

# Innovación Educativa en Ingeniería: Un Laboratorio Basado en Tecnología y Metodologías Ágiles, Maker y ABP

Mg. Ruth Novoa Troquian, Universidad de La Frontera, ruth.novoa@ufrontera.cl

Dr. Claudio Alarcón García, Universidad de La Frontera, claudio.alarcon@ufrontera.cl

Mg. Juan Carlos Orellana, Universidad de La Frontera, juancarlos.orellana@ufrontera.cl

## RESUMEN

Lograr que el estudiantado sea protagonista de su experiencia de aprendizaje requiere disponer de espacios y dispositivos pedagógicos que inspiren creatividad, colaboración y trabajo multidisciplinar, legitimando el “aprender haciendo” como vía principal para construir conocimiento. En esa línea, el Laboratorio de Proyectos de Innovación con Base Tecnológica, del Departamento de Ingeniería Industria y de Sistemas de la Universidad de La Frontera, opera como entorno inclusivo que habilita la experimentación, la iteración y la validación de ideas, donde el error se reconoce como parte del proceso formativo y no solo como un resultado a evaluar. Este artículo presenta la consolidación del laboratorio y su articulación curricular como aula extendida en asignaturas de ingeniería. Se reporta su despliegue en una asignatura masiva de diseño de productos durante dos cohortes (188 y 194 estudiantes), con 74 equipos/proyectos, describiendo la organización del trabajo, los servicios de apoyo y las formas de vinculación con docentes y estudiantes para sostener experiencias de aprendizaje activo. La propuesta metodológica integra Maker, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y Agile en una secuencia operativa que ordena ideación, planificación y desarrollo iterativo. Se utilizan artefactos y evidencias por fase (bitácoras, prototipos, demos y rúbricas), apoyadas por tecnologías digitales tales como realidad virtual, modelado y simulación 3D, sensórica/IoT, cámaras 360° y tableros Kanban, y por un esquema básico de analítica del aprendizaje para seguimiento y toma de decisiones. Los resultados muestran mejoras observables en integración tecnológica, colaboración y comunicación técnica, junto con la producción de prototipos y MVP con potencial de transferencia. A partir de la evaluación se introdujeron ajustes curriculares (criterios de novedad y pertinencia; exigencia de integración mecánica-electrónica-TI; uso sistemático de rúbricas y Kanban) y un plan de evaluación para la siguiente iteración. La experiencia se inscribe en la temática de SOCHEDI 2025 sobre proyección de tecnologías digitales en la formación en ingeniería, en modalidades presencial, híbrida y virtual.

Palabras clave: aprendizaje activo; Maker; ABP; Agile; realidad virtual; modelado 3D; educación en ingeniería.

## INTRODUCCIÓN

A la luz de un conjunto de transformaciones tecnológicas y sociales que reconfiguran el trabajo profesional, tales como la incorporación de inteligencia artificial generativa, automatización, internet de las cosas, visualización inmersiva y analítica de datos, las instituciones de educación superior (IES) están revisando sus prácticas formativas para asegurar el desarrollo de competencias que permitan a las y los futuros ingenieros desenvolverse en escenarios inciertos, colaborativos y de alta complejidad. En ese marco, cobran especial relevancia las estrategias didácticas que sitúan al estudiantado en el centro del proceso, fomentan el pensamiento crítico y promueven la creación de soluciones con base tecnológica de valor para su entorno (Pelletier et al., 2022; Gube & Lajoie, 2020).

El aprendizaje activo y situado se posiciona como una vía pertinente para enfrentar problemas auténticos con una sólida articulación entre teoría y práctica. Ello demanda experiencias que operen en modalidades presencial, híbrida y virtual, habilitando trayectorias flexibles de participación, acceso a recursos digitales y ciclos iterativos de diseño, prueba y mejora. Estas expectativas se alinean con las demandas actuales del estudiantado por interacciones significativas con el cuerpo docente, dentro y fuera del aula, y por experiencias que conecten con su desarrollo profesional (Crisp et al., 2009; Tomlinson et al., 2023; Jackson, 2017).

La transición desde metodologías centradas en la transmisión de contenidos hacia modelos basados en proyectos, prototipado y evidencia exige rediseñar los espacios y dispositivos de enseñanza-aprendizaje. Más que incorporar equipamiento, se requiere un ecosistema que legitime el “aprender haciendo”, donde el error sea parte constitutiva del proceso formativo, se promueva la colaboración interdisciplinaria y se habilite la documentación rigurosa del trabajo técnico; principios ampliamente respaldados por la literatura sobre aprendizaje por indagación y construcción de conocimiento situado (Barron & Darling-Hammond, 2008).

En esta dirección, los espacios abiertos, flexibles e inclusivos, capaces de integrar prototipado físico-digital, simulación y visualización inmersiva, permiten que el estudiantado experimente con tecnologías como realidad virtual y 360°, modelado y simulación 3D, sensórica/IoT y herramientas colaborativas para la gestión del proyecto. Concebidos como aula extendida, estos espacios facilitan la participación activa, la autonomía progresiva y la transferencia de lo aprendido a situaciones reales (Tomlinson et al., 2023).

El Laboratorio de Proyectos de Innovación con Base Tecnológica que presentamos se diseña precisamente con ese propósito: articular capacidades tecnológicas y pedagógicas para soportar proyectos formativos y de vinculación. Su operación se estructura mediante una metodología integrada Maker, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Agile, que organiza la ideación, la planificación y el desarrollo iterativo a través de artefactos y evidencias (bitácoras, prototipos, demos, rúbricas), y emplea tableros Kanban y analítica básica del aprendizaje para observar el progreso y sustentar decisiones didácticas.

Desde la perspectiva curricular, la propuesta se alinea con resultados de aprendizaje de asignaturas masivas y con necesidades institucionales de innovación docente. La trazabilidad RA–actividades–evidencias–evaluación permite transparentar criterios, equilibrar roles en equipos multidisciplinarios y resguardar aspectos de accesibilidad e inclusión, junto con consideraciones éticas en el uso de datos y tecnologías.

En este trabajo reportamos la consolidación del laboratorio como aula extendida y su despliegue en una asignatura de diseño de productos durante dos cohortes consecutivas (188 y 194 estudiantes), que totalizan 74 equipos/proyectos. Se describen el modelo organizacional y tecnológico, la metodología operativa y los instrumentos de evaluación, así como los ajustes curriculares introducidos a partir de la revisión de la práctica (criterios de novedad y pertinencia; integración mecánica-electrónica-TI; uso sistemático de rúbricas y Kanban).

## **IMPLEMENTACIÓN**

El Laboratorio de Proyectos de Innovación con Base Tecnológica (L-IBT) se implementó como aula extendida para asignaturas de pregrado con alta demanda de trabajo práctico, articulándose con la asignatura masiva Diseño Integral de Productos durante dos periodos consecutivos (2024-1 y 2024-2). En este intervalo participaron 382 estudiantes organizados en 74 equipos/proyectos (188/38 y 194/36, respectivamente). La operación del L-IBT se integró al calendario académico, con hitos y ventanas de uso coordinadas con la docencia responsable, y con procedimientos formales de acceso, registro y resguardo de evidencias.

La implementación se sustentó en un arreglo mínimo de gobernanza: (i) coordinación académica, responsable de la alineación con resultados de aprendizaje y de la priorización de uso; (ii) gestión técnico-operativa, encargada de la administración de la infraestructura, del control de inventario y de la seguridad; (iii) mentorías temáticas, que brindaron acompañamiento puntual en tareas de modelado 3D, captura/visualización 360°, sensórica/IoT y visualización; y (iv) la comunidad estudiantil (UFROMAKER), que apoyó inducciones, nivelación y tareas de difusión. Este arreglo permitió separar con claridad la toma de decisiones académicas de la ejecución logística cotidiana, reduciendo cuellos de botella y haciendo trazables las solicitudes de soporte.

La dotación incluyó estaciones de trabajo de alto rendimiento, visores VR, cámaras 360°, guantes hápticos, microcontroladores y sensores, junto con software institucional para modelado/animación 3D, motores gráficos y edición 360°. La puesta en régimen consideró: (a) protocolos de uso (inducción obligatoria, checklist de pre-uso, pautas de ergonomía e higiene para dispositivos inmersivos); (b) sistema de préstamo y custodia con registro de responsables por equipo; y (c) respaldo de proyectos en repositorios institucionales para asegurar continuidad operativa ante contingencias.

La integración curricular se efectuó sin imponer un marco metodológico específico: se definieron hitos y entregables parciales coherentes con el programa de la asignatura (p. ej., delimitación del problema y requisitos, prototipo funcional, demostración final), se realizó inducción temprana a capacidades tecnológicas del L-IBT y se habilitaron bloques de trabajo reservables por equipo. Las actividades realizadas en el laboratorio fueron reconocidas formalmente como parte del curso (asistencia, avances, demostraciones), con criterios de evaluación previamente informados.

La operación se gestionó a través de un calendario de reservas (priorizado por proximidad de hitos), una mesa de ayuda con canal único y niveles de criticidad, y mantenimiento preventivo del parque tecnológico (inspección semanal y control de consumibles). Se definió un objetivo de primera respuesta  $\leq 1$  día hábil y se documentaron las incidencias relevantes para retroalimentar decisiones de asignación de recursos. En semanas de mayor carga, típicamente 4 a 6 (prototipos iniciales) y 11 a 14 (demostraciones), se ampliaron franjas y se dispusieron turnos extendidos con soporte en terreno.

Se aplicaron pautas de accesibilidad (alternativas no inmersivas cuando correspondía, materiales de apoyo con buen contraste y lectura) y se ejecutaron procedimientos de seguridad para el uso de dispositivos inmersivos. La captura de imágenes y videos en las etapas de demostración se realizó con consentimiento informado, y los registros asociados a las evidencias fueron anonimizados en informes y repositorios de difusión.

En 2024-1 se atendieron 38 equipos (188 estudiantes); la principal observación operativa fue la necesidad de explicitar desde el inicio los requisitos mínimos de integración de componentes (mecánico/físico, electrónico/eléctrico y TI) para evitar reprocesos. En 2024-2 se atendieron 36 equipos (194 estudiantes); se constató mejor uso de recursos tras formalizar plantillas y secuencias de entrega, y se reforzó la validación temprana de novedad de las soluciones. En ambos periodos se evidenció una mejora cualitativa en la calidad de los entregables intermedios (documentación y demostraciones), atribuible a la estandarización de plantillas, a la inducción temprana y al soporte en terreno.

Tabla 1. Resumen de implementación por cohorte

Cohorte	Estudiantes	Equipos/Proyectos	Observación operativa síntesis
2024-1	188	38	Requisitos mínimos de integración comunicados tardíamente; se introdujeron reglas claras para el siguiente periodo.
2024-2	194	36	Mejoras en planificación y uso de recursos; refuerzo de verificación de novedad y pertinencia desde etapas tempranas.

La experiencia revela tres ajustes de alto rendimiento operativo: (i) reglas operativas explícitas desde la inducción (requisitos de integración, uso de repositorios y formatos de evidencia); (ii) plantillas unificadas para avances y hojas de prueba, con repositorio institucional para versionado; y (iii) micro-talleres focalizados antes de cada hito, orientados a necesidades detectadas por la mesa de ayuda. Adicionalmente, la priorización de reservas por proximidad a entregables y la disponibilidad de soporte presencial en semanas críticas contribuyeron a disminuir incidencias y a estabilizar el flujo de trabajo en el laboratorio.

El despliegue se circunscribe a una asignatura y a una institución, por lo que los hallazgos deben interpretarse con cautela en cuanto a su generalización. La caracterización cuantitativa de mejoras (p. ej., tiempos de ciclo, tasas de incidencia) requiere instrumentación adicional para consolidar series temporales comparables. En la proyección inmediata se prioriza: (a) un panel de monitoreo de ocupación y avance por curso; (b) un catálogo de recursos con guías breves por dispositivo/herramienta; (c) la formalización de mentores pares con certificación; y (d) convenios de uso compartido con otras unidades para optimizar el aprovechamiento de equipamiento especializado.

## **METODOLOGÍA**

En relación al enfoque metodológico y diseño de la intervención, se adoptó un diseño de intervención educativa sustentado en la integración de tres marcos complementarios: Maker, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y Agile. La elección responde a (i) la necesidad de promover aprendizaje activo y situado mediante prototipado y experimentación (Maker; Halverson & Sheridan, 2014), (ii) la estructuración didáctica de problemas complejos con evidencias y evaluación auténtica (ABP; Helle et al., 2006; Lavado et al., 2024), y (iii) la gestión iterativa del trabajo con ciclos cortos, priorización por valor y mejora continua (Agile). El laboratorio opera como aula extendida que habilita las condiciones materiales y organizacionales para poner en práctica esta integración en cursos masivos de ingeniería.

La intervención se desarrolló en la asignatura Diseño Integral de Productos durante dos semestres consecutivos (2024-1 y 2024-2), con participación total de 382 estudiantes organizados en 74 equipos (38 y 36, respectivamente). La docencia responsable y el equipo del laboratorio co-diseñaron la operativa de curso, manteniendo el programa oficial y alineando los hitos evaluativos con la secuencia Maker–ABP–Agile. La participación estudiantil fue parte del trabajo regular de la asignatura; no se ofrecieron incentivos externos. Se resguardaron aspectos de accesibilidad y consentimiento informado para el uso de datos académicos anonimizados.

La metodología se implementó mediante un protocolo operativo con artefactos y evidencias por fase. No se impusieron dominios temáticos; cada equipo delimitó su problema dentro del marco del curso. A continuación se describen las tres fases de implementación junto con su objetivo, prácticas y entregables.

### **Fase I Maker (descubrimiento y prototipado temprano)**

**Objetivo:** activar el aprendizaje por indagación y construcción desde problemas auténticos (Barron & Darling-Hammond, 2008).

**Prácticas:** mapeo de actores y contexto; exploración tecnológica; prototipos de baja fidelidad; bitácora técnica.

**Entregables:** documento breve de problema y requisitos; evidencia de pruebas tempranas; criterios iniciales de factibilidad.

### **Fase II ABP (planificación y evidencias)**

**Objetivo:** estructurar el proyecto con objetivos, restricciones, riesgos y evidencias evaluables.

**Prácticas:** formulación de objetivos verificables; matriz RA–Actividades–Evidencias–Evaluación; definición de criterios de novedad y pertinencia; plan de validación con usuarios/pares.

**Entregables:** documento de proyecto, cronograma de sprints, matriz RA-A-E-E y rúbricas acordadas.

### **Fase III Agile (sprints, revisión y mejora continua)**

**Objetivo:** gestionar el desarrollo en ciclos cortos con visibilidad del avance y feedback frecuente.

Prácticas: product backlog; tablero Kanban; planificación de sprint (1–2 semanas); revisión (demo de incremento) y retrospectiva.

Artefactos/evidencias: incrementos funcionales, minuta de revisión, acuerdos de mejora, “Definition of Done” por entregable.

La implementación se organizó en tres bloques temporales, preservando el programa del curso:

Semanas 1–4 (Maker): delimitación de problema y requisitos; pruebas de viabilidad; selección tecnológica.

Semanas 5–8 (ABP): formalización del proyecto y plan de validación; preparación del primer incremento demostrable.

Semanas 9–14 (Agile): dos a tres sprints con revisión y retrospectiva; demostración final y documentación técnica.

Para asegurar replicabilidad y trazabilidad, se utilizaron artefactos estandarizados:

- Matriz RA–Actividades–Evidencias–Evaluación (transparencia de criterios y cobertura de resultados).
- Backlog y tablero Kanban (estado, bloqueos, capacidad).
- Bitácora técnica (decisiones, pruebas, incidentes).
- Hojas de prueba/validación (casos, métricas, resultados).
- Checklist de Definition of Done por entregable (funcionalidad mínima, documentación, demo).
- Plantillas de informe de avance y de demostración final.

La evaluación se concibió como mixta (técnica y formativa), con rúbricas consensuadas al inicio del curso donde se consideró:

Dimensiones: (i) desempeño técnico e integración tecnológica; (ii) gestión del proyecto (evidencias por sprint, cumplimiento DoD); (iii) comunicación y transferencia (demo, póster/video); (iv) impacto y pertinencia (novedad, alineación con problema); (v) colaboración y distribución de roles.

Instrumentos: rúbricas por criterio (niveles 1–4), lista de chequeo por sprint, registro de incidencias y encuesta breve de percepción (estudiantes/pares).

Ponderaciones de referencia: 35–40% desempeño técnico; 20–25% gestión del proyecto; 15–20% comunicación/transferencia; 15–20% impacto/pertinencia; 10% colaboración.

Las ponderaciones se ajustaron en cada cohorte manteniendo la trazabilidad con los RA del curso.

Se recolectaron tres familias de datos:

Actividad/proceso: métricas de flujo (tareas completadas por sprint, lead time, WIP, bloqueos), asistencia a inducciones y uso del laboratorio por franjas.

Calidad de entregables: puntajes de rúbrica por criterio, cumplimiento de DoD, incidencias en pruebas.

Percepción/valoración: encuestas breves a estudiantes y notas cualitativas de docentes/pares.

Los datos se anonimizaron para análisis agregados. La analítica se enfocó en estadísticas descriptivas, comparación entre cohortes y triangulación con registros cualitativos de bitácoras y revisiones de sprint.

#### Procedimiento de análisis

Quantitativo: distribución de puntajes por criterio; evolución por sprint; comparación de medianas entre cohortes en integración tecnológica y calidad de evidencias.

Cualitativo: análisis temático de bitácoras y minutas (codificación abierta y axial) sobre toma de decisiones, fuentes de bloqueo y estrategias de mitigación.

Integración: matriz de convergencia cuánto-cualitativa para explicar variaciones en resultados y orientar ajustes curriculares.

#### Validez, confiabilidad y ética

Validez de contenido: revisión de las rúbricas por el equipo docente y mentores (consenso experto).

Confiabilidad interevaluador: co-calibración inicial y contrastes puntuales de puntuación por criterio.

Ética: consentimiento informado para uso académico de evidencias; publicación de resultados agregados y anónimos; resguardo institucional de datos.

En relación a criterios de mejora continua, los hallazgos de cada cohorte alimentan un ciclo de mejora centrado en: (i) explicitación temprana de requisitos mínimos de integración (mecánico/físico, electrónico/eléctrico y TI); (ii) fortalecimiento de la validación de novedad y pertinencia; (iii) reducción de fricción en la captura de evidencias (plantillas y automatización básica de registros); y (iv) ajuste de la cadencia de sprints a la carga real del curso.

## RESULTADOS

Con respecto al despliegue y cobertura, la implementación del Laboratorio de Proyectos de Innovación con Base Tecnológica como recurso de apoyo se articuló con la asignatura Diseño Integral de Productos en dos versiones durante 2024, con 188 estudiantes y 38 proyectos en la primera, y 36 equipos en la segunda (tamaño de equipo 5–6 integrantes). El laboratorio operó como aula extendida para ideación, prototipado y demostración, con soporte técnico y logístico documentado en el paper base.

En relación con las evidencias de integración tecnológica (efecto esperado de la secuencia Maker–ABP–Agile), en la primera versión se observó que una parte de los proyectos no integró plenamente las capas tecnológicas previstas (mecánico/físico, electrónico/eléctrico y TI). A partir de esa evidencia, la segunda versión incorporó ajustes curriculares ya reportados en el paper base: (i) requisito explícito de integración de componentes, (ii) diagrama funcional obligatorio y (iii) criterios de novedad/pertinencia comunicados desde el inicio. Estos cambios se asocian a una mejor planificación y a un uso más pertinente del laboratorio para el prototipado y las demos finales.

En cuanto a la novedad y pertinencia de las soluciones (ABP como marco de evaluación auténtica), en la primera versión, 5 de 38 proyectos no lograron sustentar adecuadamente la novedad/pertinencia frente a referentes. La segunda versión respondió a ese hallazgo con una verificación temprana de novedad (búsqueda sistemática de referentes y explicitación de criterios), manteniendo la coherencia con la estructura evaluativa de la asignatura. El ajuste no introduce nuevas cifras, pero sí procedimientos para detectar y documentar oportunamente la originalidad de las propuestas.

En cuanto a la calidad de entregables y trazabilidad de evidencias (aporte transversal de Agile y ABP), el paper base consigna inconsistencias de formato y documentación en parte de los informes finales de la primera versión. En la segunda, la estandarización de artefactos (plantillas, bitácoras y rúbricas) y la visibilidad del trabajo (tableros tipo Kanban, revisiones parciales) se asociaron a una mejor regularidad de los entregables intermedios y a mayor coherencia entre resultados de aprendizaje, actividades y evidencias, sin alterar el programa oficial del curso.

Finalmente, la experiencia se enmarca en la temática de SOCHEDI 2025 sobre la proyección de tecnologías digitales en la formación en ingeniería, aportando una ruta replicable para fortalecer la participación activa del estudiantado, la calidad de los productos formativos y la pertinencia de los proyectos con base tecnológica en contextos presenciales, híbridos y virtuales.

## **CONCLUSIONES**

La experiencia documentada confirma que el laboratorio, concebido como aula extendida, viabiliza prototipos y experiencias inmersivas en la asignatura, aportando soporte material y organizacional para aprendizaje activo y trabajo interdisciplinario, lo que viabiliza el laboratorio como recurso didáctico en cursos masivos.

Contribución funcional de las metodologías.

- Maker habilitó prototipado temprano y toma de decisiones sobre factibilidad.
- ABP proveyó estructura evaluativa y trazabilidad (RA–evidencias–rúbricas) para legitimar la calidad de los entregables.
- Agile aportó cadencia y visibilidad del avance (revisiones parciales, tableros), favoreciendo la coherencia entre expectativas y resultados.

La combinación operativa de estos marcos, explica los mejoramientos observados entre versiones del curso sin necesidad de introducir nuevas cifras.

La explicitación de requisitos mínimos de integración, la obligatoriedad del diagrama funcional y la verificación temprana de novedad/pertinencia se revelan como palancas de mejora que alinean el trabajo de los equipos con los objetivos y criterios del curso.

Persiste la necesidad de formalizar y sistematizar los procedimientos de verificación (fuentes, criterios y evidencias) y de homogeneizar la documentación final para asegurar comparabilidad entre equipos y versiones.

Con base en lo ya documentado, consideramos recomendar extender el uso del laboratorio a otras asignaturas con similares requerimientos de prototipado e integración tecnológica, conservar el

paquete de ajustes curriculares y mantener la lógica de aula extendida con artefactos estandarizados y revisiones parciales.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los equipos estudiantiles y docentes participantes, y a los proyectos internos DID23-0048, DID23-0053, DID24-0030 y EXT23-0017, que habilitaron parte de las experiencias reportadas.

## **REFERENCIAS**

Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). *Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning*. George Lucas Educational Foundation.

Crisp, G., Palmer, E., Turnbull, D., Nettelbeck, T., Ward, L., LeCouteur, A., Sarris, A., Strelan, P., & Schneider, L. (2009). First year student expectations: Results from a university-wide student survey. *Journal of University Teaching & Learning Practice*.

Gube, M., & Lajoie, S. (2020). Adaptive expertise and creative thinking: A synthetic review and implications for practice. *Thinking Skills and Creativity*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100630>

Halverson, E. R., & Sheridan, K. (2014). The Maker Movement in Education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495–504.

Helle, L., Tynjälä, P., & Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education—Theory, practice and rubber sling shots. *Higher Education*, 51(2), 287–314.

Jackson, D. (2017). Developing pre-professional identity in undergraduates through work-integrated learning. *Higher Education*, 74(5), 833–853. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-0080-2>

Lavado, S., Velasco, S., & Terrón, M. (2024). Project-Based Learning (PBL) as an Experiential Pedagogical Methodology in Engineering Education: A Review of the Literature. *Education Sciences*, 14, 617. <https://doi.org/10.3390/educsci14060617>

Pelletier, K., McCormack, M. H., Reeves, J., Robert, J., & Arbino, N. (2022). *EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition*.

Tomlinson, A., Simpson, A., & Killingback, C. (2023). Student expectations of teaching and learning when starting university: A systematic review. *Journal of Further and Higher Education*, 47(8), 1054–1073. <https://doi.org/10.1080/0309877X.2023.2212242>