

Formación tecnosocial en arquitectura. Integración científica y tecnológica para la vivienda modular sostenible

Emerson Porrás Sánchez (*)

Lidia Chang Cárdenas (**)

Joseph Sucasaca Callata (***)

Resumen: Este texto propone examinar la enseñanza del diseño arquitectónico mediante el empleo de una pedagogía tecnosocial que articula herramientas digitales con conciencia crítica de impacto territorial, social y ambiental. Frente al enfoque tecnocéntrico dominante —centrado en habilidades instrumentales sin reflexión ética ni compromiso contextual—, se plantea un modelo formativo orientado a vincular saber técnico, sostenibilidad material y agencia proyectual situada en escenarios reales de precariedad.

La experiencia fue implementada con 10 estudiantes del Taller 13 en la Universidad Ricardo Palma (Perú), integrando el modelo *Function–Behaviour–Structure* (FBS), aprendizaje basado en proyectos (ABP), pensamiento computacional, diseño paramétrico, simulación de desempeño, interoperabilidad con *Building Information Modeling* (BIM) y fabricación digital con madera de ingeniería. Se desarrollaron sistemas modulares habitacionales mediante procesos iterativos de modelado, optimización, corte por Control Numérico Computarizado (CNC), ensamblaje y desmontaje.

Los resultados se materializaron en dos prototipos a escala 1:1: una viga estructural optimizada de 5,4 m y un sistema de agregación modular con diez componentes ensamblables. Las evaluaciones —rúbricas, portafolios y críticas cruzadas— evidenciaron competencias en pensamiento sistémico, apropiación tecnológica crítica y diseño colaborativo.

Se concluye que el enfoque tecnosocial permite construir trayectorias formativas replicables, ética y técnicamente integradas, orientadas a desafíos territoriales desde la innovación material y acción colectiva.

Palabras clave: formación tecnosocial - aprendizaje basado en proyectos - vivienda modular sostenible - diseño para el montaje y desmontaje - fabricación digital distribuida.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 161 y 162]

(*) (**)(***)Ver CV de emerson Porrás Sánchez, Lidia Chang Cárdenas y Joseph Sucasaca Callata en página 163

1. Introducción

En el contexto contemporáneo, marcado por la crisis climática, la aceleración tecnológica y la persistente desigualdad social, la formación en arquitectura enfrenta el reto urgente de articular herramientas digitales avanzadas con una conciencia crítica de sus implicancias sociales, ambientales y territoriales. La transformación de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) —responsable de más del 37 % de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía y los procesos (United Nations Environment Programme [UNEP], 2024a) y de cerca del 50 % del consumo mundial de recursos naturales, principalmente a través de la vivienda y el entorno construido (UNEP, 2024b)—no puede abordarse desde una lógica puramente tecnocéntrica y reductiva. La digitalización del sector —a través de sistemas para el Modelado de Información para la Construcción (BIM), diseño paramétrico, simulación o fabricación digital (FD)— es un fenómeno profundamente tecnosocial: puesto que está mediado por marcos institucionales, condiciones materiales, dinámicas culturales y estructuras de poder.

Este estudio parte de la hipótesis de que los procesos formativos en arquitectura deben situarse críticamente dentro de estas condiciones, reconociendo que los saberes técnicos no son neutros, y que las tecnologías digitales solo adquieren sentido pedagógico cuando se vinculan a fines sociales, políticos y ecológicos. En particular, se sostiene que el diseño computacional (DC) puede funcionar no solo como medio técnico, sino como una infraestructura cognitiva que habilita la toma de decisiones proyectuales complejas, situadas y éticamente informadas.

En América Latina, y en Perú en particular, este debate adquiere una dimensión crítica. El país enfrenta un déficit habitacional superior a 1.5 millones de viviendas, de las cuales el 75 % presentan deficiencias estructurales o de habitabilidad y más del 90 % son autoconstruidas (Roszbach *et al.*, 2024). Este patrón ha convertido a la autoconstrucción informal en el principal modo de crecimiento urbano, caracterizado por la ausencia de supervisión técnica y la localización en suelos inseguros y de alto riesgo (Moya *et al.*, 2024). En este contexto, la enseñanza del diseño arquitectónico debe ir más allá de la enseñanza de herramientas: debe ofrecer marcos metodológicos, sistemas constructivos y estrategias proyectuales capaces de responder a la precariedad, la informalidad y la exclusión tecnológica desde una lógica situada, participativa y transformadora.

La experiencia pedagógica que aquí se presenta se desarrolló durante un semestre académico en el Taller de Diseño Arquitectónico Nivel 6 de la Universidad Ricardo Palma (Lima, Perú), con un grupo de 10 estudiantes sin experiencia previa en herramientas computacionales o FD. A lo largo del curso, los estudiantes fueron introducidos progresivamente a entornos de pensamiento computacional (PC), modelado paramétrico, simulación ambiental y criterios estructurales, documentación técnica e interoperabilidad BIM, aplicados al diseño de viviendas modulares fabricadas digitalmente en madera de ingeniería. La propuesta se basó en el modelo Función-Comportamiento-Estructura (*Function-Behaviour-Structure, FBS*) como estructura proyectual cognitiva, e integró principios de diseño abierto, producción distribuida, desmontabilidad y sostenibilidad material. Actualmente, esta práctica sigue en desarrollo, en un proceso de ajuste y expansión continua, orientado a consolidarla como un modelo formativo adaptable y replicable en diversos contextos pedagógicos.

Uno de los rasgos centrales que ha guiado tanto su implementación como su evolución es su anclaje en una lógica tecnosocial. No se trató de formar operadores digitales, sino de activar una agencia proyectual crítica en el estudiantado. Esto implicó enfrentar dilemas reales: decidir entre madera contralaminada (*plywood*) local sin certificación y tableros de virutas orientadas (OSB, por sus siglas en inglés: *Oriented Strand Board*) importado con mayor huella de carbono; comparar procesos de corte manual o mecanizado; negociar tiempos y recursos para externalizar partes del proceso de fabricación. A través de estos desafíos, la tecnología dejó de ser una abstracción y se volvió experiencia situada y concreta: permitió construir, simular, validar, y, sobre todo, reflexionar.

Desde el punto de vista metodológico, el curso se organizó en cuatro unidades de aprendizaje progresivas. Cada unidad activó un momento del ciclo FBS (formulación, comportamiento, síntesis, retroalimentación, documentación), mientras introducía un conjunto de herramientas digitales (modelado, simulación, fabricación, documentación). Esta estructura permitió consolidar trayectorias de aprendizaje coherentes, combinando DC con fabricación y reflexión crítica. Los productos desarrollados incluyeron prototipos paramétricos de mobiliario, sistemas estructurales a escala 1:8 y 1:1, y componentes modulares ensamblables validados mediante simulaciones y pruebas reales.

Los resultados del proceso —que se detallan en las secciones siguientes— confirman la viabilidad del modelo propuesto. El alumnado no solo integró herramientas digitales avanzadas, sino que desarrolló competencias para formular, optimizar, fabricar y documentar soluciones habitacionales sostenibles en diálogo con condiciones territoriales concretas. La experiencia incluyó la fabricación de una viga estructural de 5,4 m de longitud en OSB, optimizada paramétricamente, y de un sistema de agregación modular compuesto por diez componentes desmontables también en OSB, que fue ensamblado y desensamblado en múltiples configuraciones, propiciando una reflexión sobre precisión, tolerancia y colaboración.

Más allá de los logros técnicos, lo que se busca mostrar en este capítulo es el potencial del DC para operar como mediador entre saber técnico, sostenibilidad y justicia territorial. El objetivo no es enseñar “software”, sino formar arquitectos capaces de entender los sistemas que estructuran lo construido: sus materiales, sus actores, sus lógicas de producción, sus ciclos de vida.

Las siguientes secciones desarrollan esta propuesta. Primero, se presenta un marco conceptual que articula PC, FD modularidad en madera de ingeniería y pedagogía tecnosocial. Luego, se detalla el diseño pedagógico implementado, incluyendo sus metodologías, recursos, estrategias de evaluación y productos obtenidos. Finalmente, se discute la experiencia desde una mirada crítica, y se proponen líneas de mejora, transferencia y proyección futura.

2. Marco Conceptual

Este marco conceptual contextualiza y organiza el modelo pedagógico propuesto, articulando enfoques teóricos y críticos que fundamentan las decisiones metodológicas, proyectuales y tecnológicas de la experiencia.

2.1. Formación Tecnosocial en Arquitectura: Nuevos Paradigmas Educativos.

La incorporación de tecnologías digitales en arquitectura no puede entenderse como un proceso neutro o meramente técnico. Lejos de visiones tecnocéntricas que las reducen a herramientas, múltiples autores coinciden en que su adopción está mediada por estructuras sociales y culturales (Swist y Gulson, 2023; Mehan y Dominguez, 2024; Helmi *et al.*, 2024). Como advierten Canizares y Cohen (2024), toda implementación tecnológica reconfigura las condiciones de acceso, participación, control y agencia en el diseño del entorno construido.

Este giro exige repensar la enseñanza del diseño arquitectónico: no formar operadores de software, sino agentes críticos capaces de intervenir en sistemas sociotécnicos complejos. La formación tecnosocial propone una pedagogía que articula saber técnico con conciencia ética, justicia territorial y comprensión situada del diseño digital. Esta perspectiva se alinea con la noción de tecnología como sistema intencional de acciones orientadas a transformar la realidad (Quintanilla, 2017), lo que refuerza la necesidad de formar una agencia proyectual situada y éticamente orientada.

En el Sur Global, autores como Herrera (2024) y Cascone y Laddaga (2024) advierten que no basta con importar modelos: se requieren narrativas locales de innovación que respondan a restricciones materiales reales. Desde África hasta América Latina, emergen estrategias “eco-digitales” y formas de hackeo constructivo (reapropiación crítica de herramientas y procesos de construcción) que reconfiguran herramientas, procesos y roles

para proponer sistemas abiertos y colaborativos en contextos de escasez técnica (Coleman y Barnes, 2024).

En educación, esto implica una reorganización profunda. Estudios como Kastner y Langenberg (2023) muestran que avanzar hacia una formación tecnosocial exige metodologías activas, alianzas externas y estructuras que promuevan la experimentación. Swist y Gulson (2023) y Helmi *et al.* (2024) subrayan la necesidad de superar barreras de acceso e integrar saberes técnicos y sociales mediante entornos críticos e interdisciplinarios. Así, la formación tecnosocial no se limita a aprender herramientas, sino a desarrollar capacidades para pensar sistémicamente, usar la tecnología críticamente, diseñar con sensibilidad contextual, innovar desde la restricción y participar en procesos distribuidos de creación técnica (Habbal *et al.*, 2024). Estas capacidades requieren una pedagogía situada, una estructura de curso coherente y una disposición institucional transformadora.

La experiencia presentada en la sección 3 se inscribe en esta visión. No se trata solo de modelar y/o fabricar, sino de enfrentar problemas reales, tomar decisiones con implicaciones sociales e integrar herramientas digitales desde una lógica pedagógica activa, situada y ética. El taller deviene un entorno tecnosocial donde el diseño es medio y fin de una formación crítica.

Como señalan Noble (2025), Swist y Gulson (2023) y Habbal *et al.* (2024), esta formación transforma la relación docente-estudiante, los fines del aprendizaje y el sentido de la evaluación, orientando el diseño hacia una práctica capaz de articular múltiples saberes en contextos desiguales.

2.2. Diseño Computacional (DC), Pensamiento Computacional (PC) y Fabricación Digital (FD).

La revolución digital ha transformado no solo el modo de proyectar y construir, sino también los fundamentos epistémicos y pedagógicos del diseño arquitectónico. El DC ya no es solo una herramienta, sino una estructura cognitiva que reformula cómo se identifican, exploran y resuelven problemas proyectuales mediante datos, relaciones que operan en diferentes niveles o escalas de análisis y procesos adaptativos (Yu, 2021).

Esta transformación impulsa competencias críticas y operativas ante desafíos como la sostenibilidad, la habitabilidad y la producción material localizada. No implica solo una actualización técnica, sino una reconfiguración del diseño como práctica reflexiva basada en evaluación, simulación y decisiones iterativas (Menges y Ahlquist, 2011).

La convergencia entre PC, diseño paramétrico, Fabricación digital -FD- y análisis de desempeño configura un nuevo paradigma formativo, orientado a la sostenibilidad material, la modularidad adaptativa y la accesibilidad universal. Esta visión, situada, crítica y colaborativa, define un enfoque tecnosocial del diseño (Herrera, 2024).

A continuación, se presentan los fundamentos y metodologías que estructuran esta convergencia.

2.2.1. Diseño Computacional: Impacto en la Enseñanza del Diseño Arquitectónico.

El diseño computacional está transformando profundamente la enseñanza de la arquitectura. Más que incorporar nuevas herramientas digitales, implica reconfigurar la forma en que se conciben, formulan y resuelven problemas proyectuales, ampliando la creatividad y fortaleciendo enfoques exploratorios, iterativos y orientados al desempeño.

Herramientas paramétricas como Grasshopper 3D (en adelante GH3D) permiten manipular parámetros, reglas y relaciones jerárquicas, fomentando el pensamiento divergente —generador de múltiples alternativas— y el convergente —enfocado en la evaluación y optimización de soluciones— (Jabi, 2013; Yu, 2021; Hensel, 2013). Symeonidou (2023), retomando a Schön (1990), destaca cómo los entornos digitales habilitan una práctica proyectual adaptativa basada en retroalimentaciones inmediatas.

Además de estimular la creatividad, el DC integra simulación, visualización y análisis de desempeño desde etapas tempranas. Blough y Giostra (2024) muestran cómo algoritmos dan cuenta de tipologías energéticamente eficientes. Özerol Özman *et al.* (2024) evidencian que combinar modelado paramétrico y fabricación digital fortalece el aprendizaje experiencial y la comprensión sistémica.

En lo cognitivo, el entorno paramétrico funciona como laboratorio lógico donde el conocimiento se estructura mediante reglas, algoritmos y transformaciones dinámicas (Yu, 2021). Lejos de restringir la creatividad, habilita nuevas formas de razonamiento sistémico, crítico y situado.

En una formación tecnosocial, el DC se consolida como eje pedagógico: no solo optimiza variables técnicas, sino que vincula el proyecto con sostenibilidad, producción distribuida y justicia espacial. Al articular exploración y análisis, promueve una práctica proyectual ética, situada y transformadora.

2.2.2. Pensamiento Computacional: Fundamentos y Aplicaciones en Arquitectura.

El pensamiento computacional (PC) es una competencia clave en la transformación de la educación arquitectónica. Definido por Wing (2006) como la formulación de problemas y soluciones que puedan ser ejecutadas por ordenadores —humanos o máquinas—, implica habilidades como abstracción, descomposición, reconocimiento de patrones y diseño algorítmico. En arquitectura, no solo optimiza procesos, sino que amplía el horizonte metodológico y estratégico del proyecto (Grover y Pea, 2018; Yu, 2021).

Aplicado al diseño, permite modelar sistemas complejos, generar alternativas y evaluar relaciones entre parámetros, comportamientos y resultados. Es especialmente pertinente en campos como la vivienda modular sostenible, donde convergen variables estructurales, energéticas y sociales.

Plataformas como GH3D facilitan este enfoque, al definir relaciones explícitas entre componentes mediante reglas lógicas (Woodbury, 2010). Para Canizares (2024), estas herramientas transforman la lógica proyectual y democratizan el acceso a capacidades avanzadas, consolidando comunidades de aprendizaje crítico.

Yu (2021) profundiza esta perspectiva con el modelo DTec–DCog–DEnv, que articula tecnología, cognición y entorno, posicionando el PC como un sistema adaptativo que combina lógica formal, estructura sistémica y sensibilidad situada.

Un aporte clave es la integración de simulaciones —energéticas, estructurales o de confort— desde etapas tempranas, reforzando el vínculo entre forma, desempeño y contexto. Según Menges y Ahlquist (2011), esta lógica supera modelos lineales al abrir paso a estrategias recursivas y evaluativas.

Desde lo educativo, promueve competencias como:

- Formulación estructurada de problemas multivariable,
- Generación de soluciones adaptativas,
- Evaluación iterativa basada en simulación,
- Exploración algorítmica con estrategias evolutivas.

Estas competencias no se limitan a la ejecución técnica, sino que exigen también una cultura tecnológica crítica (Quintanilla, 2017), entendida como el entramado de saberes, valores y prácticas que sustentan su uso reflexivo.

Esta lógica se alinea con modelos como el FBS, que será abordado más adelante. Más allá de la eficiencia, el PC constituye una infraestructura cognitiva que articula sostenibilidad contextual, agencia territorial y justicia espacial. Su enseñanza requiere un enfoque no lineal, sino como laboratorio ético-material para la transformación social y ambiental.

2.2.3. Fabricación Digital: Integración Proyectual, Aprendizaje Activo y Producción Distribuida

La FD ha dejado de ser una fase terminal del proceso arquitectónico para convertirse en un componente articulador entre diseño, evaluación y construcción. Su valor reside en vincular modelado paramétrico, análisis de desempeño y montaje físico en flujos iterativos y colaborativos que transforman tanto la práctica como la enseñanza del proyecto.

Caetano y Leitão (2024) destacan que el diseño algorítmico permite generar instrucciones de fabricación (G-code), simular procesos y adaptar geometrías a distintas tecnologías. Esta conexión es clave en sistemas modulares de bajo costo, donde la eficiencia, viabilidad y adaptabilidad dependen de procesos coordinados entre múltiples actores. Coleman y Barnes (2024) documentan cómo plataformas interoperables, como las utilizadas por Zahner, han reducido costos mediante ciclos rápidos de retroalimentación entre diseñadores y técnicos.

Además, la FD redefine la organización productiva. Frente a modelos industriales centralizados, emerge la producción distribuida: microfábricas, talleres comunitarios y entornos educativos con tecnologías accesibles como corte mediante Control Numérico Computarizado (CNC) o impresión 3D. El sistema constructivo y de producción denominado Sistema de Vivienda Automatizada (ALIS, por sus siglas en inglés: Automated Living System), desarrollado por la oficina de arquitectura Automated Architecture (AUAR) (Claypool *et al.*, 2021) muestra cómo diseño paramétrico, ensamblaje asistido y autoconstrucción local fortalecen agencia técnica y sostenibilidad territorial.

Todo esto, en el plano educativo, transforma las estrategias de enseñanza. Yazici (2019) propone el método RRF (Rule-based Rationalization of Form), donde los estudiantes diseñan formulando reglas geométricas, iterando materialmente y comprendiendo hápticamente el proyecto. Kim (2019) introduce una evaluación cruzada en cuatro dimensiones —forma, material, operación y fabricación (FO–MA–OP–FA)— que permite validar el diseño desde criterios técnicos, logísticos y ambientales.

Lejos de ser un recurso instrumental, la FD —enmarcada en una formación tecnosocial— se configura como una estrategia crítica que integra diseño, prototipado, evaluación y ejecución. Permite optimizar, redistribuir capacidades, activar aprendizajes situados y facilitar producción colaborativa, resignificando el rol del arquitecto como facilitador tecnológico. Así, se posiciona como herramienta pedagógica para una práctica más justa, democrática y regenerativa.

2.2.4. Metodologías de Diseño Computacional Aplicadas a la Vivienda Modular.

El desarrollo de viviendas modulares sostenibles requiere no solo nuevas concepciones proyectuales, sino también metodologías computacionales que integren forma, desempeño y fabricación en flujos iterativos adaptados al contexto. En este marco, las herramientas digitales trascienden lo representacional y se convierten en dispositivos cognitivos que estructuran el diseño como sistema: parametrizable, evaluable y fabricable.

A continuación, se describen las metodologías aplicadas en esta experiencia pedagógica, alineadas con sostenibilidad material, modularidad adaptativa y formación tecnosocial:

Parametrización del diseño: plataformas como GH3D permiten modelar relaciones entre

variables espaciales, estructurales y ambientales (Gu *et al.*, 2018), facilitando configuraciones adaptativas. Desde esta lógica, el estudiante piensa el diseño como sistema.

Modelos para fabricación digital: procesos CAD-CAM, es decir, de diseño y manufactura asistidos por computadora, convierten modelos en objetos físicos mediante CNC o impresión 3D (Gershenfeld, 2005; Schodek y Schodek, 2005). Integrados con algoritmos paramétricos, permiten geometrías precisas optimizadas para ensamblaje, desarrollando competencias en iteración física, validación estructural y comprensión material (Sass y Oxman, 2006; Vrouwe y Osinga, 2022).

Simulación ambiental: herramientas como Ladybug y Honeybee evalúan variables como orientación o iluminación desde etapas tempranas (Mackey y Sadeghipour Roudsari, 2017), aportando evidencia cuantificable. Blough y Giostra (2024) muestran su impacto en tipologías energéticamente eficientes.

Optimización multiobjetivo: algoritmos evolutivos permiten explorar soluciones bajo criterios simultáneos como costo, iluminación o estructura (Katoch *et al.*, 2020; Porrás *et al.*, 2024), promoviendo aprendizaje reflexivo y exploración sistemática (Wortmann y Schroepfer, 2019).

Interoperabilidad BIM: la conexión GH3D-Revit vía Rhino.Inside permite transferir geometrías complejas y optimizar documentación técnica (El-Khouly y Abdelhalim, 2024; Khan, 2024; Ehrhardt *et al.*, 2024), crucial en vivienda asequible por su trazabilidad y eficiencia.

Estas metodologías no solo fortalecen competencias técnicas, sino que consolidan una práctica pedagógica coherente con una formación tecnosocial crítica. Al articular modelado paramétrico, simulación, FD e interoperabilidad, se construye un entorno de aprendizaje orientado a problemas reales, con herramientas replicables adaptadas a condiciones materiales y sociales. En este ecosistema, la tecnología no es un fin, sino un medio para proyectar hábitat con justicia, eficiencia y agencia distribuida.

2.2.5. Desafíos y Oportunidades en la Integración del Diseño Computacional en la Educación

Aunque el DC ofrece un gran potencial transformador para la enseñanza arquitectónica, su integración enfrenta desafíos pedagógicos, institucionales y estructurales. Uno de los más urgentes es la necesidad de actualización constante: la evolución acelerada de herramientas digitales exige que docentes y estudiantes renueven sus competencias de manera continua (Albano *et al.*, 2024), tensionando planes de estudio frecuentemente desalineados con el ritmo tecnológico.

A ello se suma la desigualdad en el acceso a infraestructura, especialmente en regiones

emergentes. La escasez de equipos de fabricación, licencias de software y plataformas interoperables profundiza brechas formativas (Albano *et al.*, 2024; Banco Mundial, 2024). Obstáculos normativos también dificultan la actualización curricular, mientras que gran parte de la industria AEC carece aún de condiciones para adoptar procesos digitales de manera generalizada (Di Marco y Lombardi, 2024). Esta desconexión entre academia y práctica profesional se ve agravada por una resistencia cultural en algunos sectores académicos, que perciben lo computacional como ajeno a las tradiciones proyectuales “humanistas”. Además, persiste el riesgo de una adopción tecnocéntrica acrítica, centrada en la sofisticación formal sin atender las dimensiones sociales, políticas o ambientales del entorno construido (Canizares y Cohen, 2024).

No obstante, el DC abre horizontes pedagógicos potentes: potencia el pensamiento sistémico, articula variables técnicas, sociales y ambientales, y habilita procesos donde los estudiantes diseñan, simulan y optimizan soluciones reales para desafíos como la vivienda sostenible o la producción distribuida. También promueve un aprendizaje activo basado en iteración material, trabajo a escala real y validación cruzada (Yazici, 2019; Kim, 2019), y permite desarrollar competencias críticas, adaptativas e interdisciplinarias clave para una formación tecnosocial con responsabilidad proyectual.

Para que estas oportunidades se concreten, es necesario diseñar marcos pedagógicos que integren capacitación técnica, reflexión crítica y sensibilidad contextual. El DC no debe asumirse como una habilidad instrumental, sino como una dimensión cognitiva, proyectual y ética de la enseñanza orientada a la sostenibilidad transformadora. Este enfoque exige metodologías que articulen PC, simulación ambiental, FD e interoperabilidad BIM en flujos iterativos y replicables, capaces de responder a escenarios de precariedad técnica y urgencia habitacional.

Como se desarrollará en la siguiente sección, el modelo FBS permite consolidar esta convergencia metodológica desde una lógica estructurante del pensamiento proyectual, anclada en procesos pedagógicos progresivos, situados y críticos. Así, el DC no sólo redefina el qué y el cómo del proyecto, sino también el para quién y desde dónde se diseña.

2.3. Sistemas Modulares Prefabricados en Madera de Ingeniería: Estrategias de Sostenibilidad y Replicabilidad

En una pedagogía tecnosocial orientada a la sostenibilidad, la elección de materiales y sistemas constructivos cumple un rol clave en la viabilidad técnica, ambiental y económica de la vivienda modular. Esta sección se enfoca en el potencial del plywood y el OSB como base para sistemas prefabricados accesibles, digitalmente fabricables y apropiados para contextos emergentes. Se argumenta su valor como estrategia replicable para autoconstrucción asistida y producción distribuida, considerando sus propiedades, impacto ambiental, compatibilidad digital y desmontabilidad.

Modularidad y prefabricación como estrategias de eficiencia y sostenibilidad.

La modularidad y la prefabricación permiten reducir tiempos de ejecución, optimizar materiales, minimizar residuos y mejorar el desempeño energético y ambiental (Bhandari *et al.*, 2023; Greer y Horvath, 2023; Parracho *et al.*, 2025; Savvides *et al.*, 2023). Además, favorecen la escalabilidad, la participación y la adaptabilidad, fundamentales en propuestas de autoconstrucción y producción descentralizada. Iniciativas como el sistema ALIS de AUAR articulan bloques discretos y herramientas comunes para el ensamblaje habitacional (Claypool *et al.*, 2021). En paralelo, WikiHouse ha demostrado su viabilidad como plataforma de código abierto para la autoconstrucción guiada, basada en sistemas estructurales de madera contralaminada o OSB cortados por CNC, que pueden ser ensamblados sin herramientas especializadas. Esta estrategia reduce barreras técnicas y económicas para usuarios no especializados, promoviendo una arquitectura accesible, replicable y distribuida (Granello *et al.*, 2022).

Plywood y OSB en la prefabricación modular: propiedades, impacto ambiental y aplicaciones.

Los productos de madera de ingeniería (EWP, por sus siglas en inglés: *Engineered Wood Products*) como el plywood y el OSB combinan eficiencia estructural, estabilidad dimensional y aprovechamiento del recurso forestal. Su compatibilidad con tecnologías digitales y bajo impacto ambiental los posicionan como materiales estratégicos para prefabricación en contextos emergentes. Aunque desarrollados en entornos industrializados, su adaptabilidad a recursos locales refuerza su potencial en esquemas de producción ligera (Bukauskas *et al.*, 2019).

Desde el punto de vista ambiental, el plywood presenta una huella relativamente alta — $\approx 331 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^3$ — debido a procesos como secado y prensado (Costa *et al.*, 2024). Sin embargo, almacena carbono biogénico que, al permanecer secuestrado en el producto final, puede compensar —e incluso superar— sus emisiones de producción, conforme a los principios metodológicos establecidos en las normas ISO 14040, ISO 14044 e ISO 14067. Comparado con acero o concreto, el plywood presenta menor energía incorporada (Milner y Woodard, 2016), y su uso prolongado podría convertir el entorno construido en un sumidero de carbono (Churkina *et al.*, 2020).

En cuanto a sus propiedades técnicas, el plywood ofrece alta resistencia, rigidez y estabilidad, actuando eficazmente como diafragma en pisos y muros (Wang *et al.*, 2022). El OSB, aunque de menor desempeño estructural, presenta resistencia bidireccional adecuada y mayor eficiencia en el uso de materia prima, al estar fabricado con astillas y residuos de bajo valor comercial (Cloutier *et al.*, 2007; Pramreiter *et al.*, 2023).

Aplicaciones ejemplares y conexión con prácticas pedagógicas

Sistemas como WikiHouse han mostrado viabilidad técnica y económica para la autoconstrucción guiada, la producción distribuida y el diseño abierto (Granello, 2022; Claypool *et al.*, 2021; Priavolou y Niaros, 2019). Cascarones segmentados validados estructuralmente bajo normativa peruana (Porrás *et al.*, 2024) refuerzan su potencial como soluciones habitacionales replicables, de rápida implementación y bajo impacto ambiental. En el plano educativo, trabajar con EWPs permite a los estudiantes integrar dimensiones estructurales, ambientales y sociales mediante una experiencia tangible, crítica y tecnológicamente informada.

La versatilidad tipológica del plywood y el OSB, su compatibilidad digital y capacidad de almacenar carbono los posicionan como materiales clave en la transición hacia una arquitectura modular sostenible. Análisis de ciclo de vida los sitúan sistemáticamente por encima de materiales convencionales en desempeño ambiental (Milner y Woodard, 2016; Yadav y Kumar, 2022). Su facilidad de mecanizado y disponibilidad relativa los convierte en aliados estratégicos frente a los retos de habitabilidad en contextos con recursos limitados.

Estas cualidades no solo refuerzan su viabilidad técnica y ambiental, sino que habilitan su integración en esquemas de producción distribuida y autoconstrucción colaborativa. Los EWPs no deben verse sólo como sustitutos materiales, sino como catalizadores de nuevos sistemas constructivos que articulan sostenibilidad, FD y accesibilidad. En entornos formativos, se consolidan como herramientas pedagógicas para el desarrollo de competencias proyectuales situadas, con impacto real en contextos de vulnerabilidad habitacional.

Más allá de su valor técnico, estos sistemas modulares constituyen una plataforma pedagógica fértil para vincular teoría, tecnología y conocimiento del territorio en experiencias formativas integrales. Su incorporación requiere metodologías que no solo habiliten el uso crítico de herramientas digitales y materiales sostenibles, sino que estructuren el proceso proyectual como un sistema lógico, reflexivo y replicable. En este marco, las metodologías activas basadas en proyectos y el modelo FBS ofrecen una base sólida para organizar la enseñanza del diseño arquitectónico desde una perspectiva tecnosocial.

2.4. Metodologías Activas Basadas en Proyectos y el Modelo Function–Behaviour–Structure en Arquitectura.

La enseñanza del diseño arquitectónico enfrenta el desafío de integrar pensamiento crítico, capacidades tecnológicas avanzadas y compromiso socioambiental. Para ello, las metodologías Activas Basadas en Proyectos (ABP), combinadas con marcos como el modelo FBS, ofrecen una base sólida para desarrollar competencias reflexivas, operativas y tecnosociales. Esta integración trasciende enfoques simbólicos, promoviendo una pedagogía centrada en validación material, iteración crítica y

operatividad técnica (Stevenson y Kwok, 2020; Zelenko *et al.*, 2025).

Metodologías activas y tecnologías digitales en el proyecto arquitectónico.

El ABP promueve un aprendizaje situado, donde los estudiantes asumen un rol activo frente a problemas reales o simulados, integrando teoría, práctica y colaboración (Kassem *et al.*, 2023; Shaqour, 2021). En arquitectura, este enfoque estimula la autonomía, el pensamiento sistémico y la iteración crítica mediante ciclos de formulación, evaluación y reformulación (Milovanovic y Gero, 2020).

Combinado con tecnologías digitales —modelado paramétrico, simulación, fabricación CNC, entornos BIM—, el ABP se convierte en una experiencia proyectual integral (Wang *et al.*, 2023; Mehan y Dominguez, 2024; Srivastava, 2020; Yazici, 2019). Los estudiantes no solo conciben ideas, sino que las modelan, simulan y prototipan, enfrentando variables técnicas, sostenibles y sociales. Esta dimensión proyectual no es sólo operativa: implica una reflexión crítica sobre las consecuencias de cada decisión técnica, en línea con la filosofía de la tecnología como marco de evaluación normativa de las acciones técnicas (Quintanilla, 2017). Como destacan Zelenko *et al.* (2025), el prototipado físico mediado por herramientas digitales potencia la reflexión y comprensión técnica.

Este marco permite:

- Visualizar tempranamente el impacto de decisiones de diseño,
- Evaluar iterativamente soluciones,
- Integrar criterios de fabricación desde fases iniciales, y
- Desarrollar propuestas técnica y socialmente viables.

El modelo FBS como estructura pedagógica del proceso proyectual.

El modelo FBS (Gero y Kannengiesser, 2014) estructura el diseño en tres dominios interrelacionados:

- Función (F): qué debe lograr el sistema,
- Comportamiento (B): cómo se cumple esa función,
- Estructura (S): configuración formal y material que genera ese comportamiento.

En el aula, este modelo permite una secuencia lógica del diseño, favoreciendo su comprensión sistémica, validación técnica y análisis reflexivo. Las fases —formulación, síntesis, análisis, reformulación y documentación— ofrecen un marco robusto para transitar de la intención a la ejecución, articulando pensamiento algorítmico y decisiones informadas (Crolla *et al.*, 2024).

Si bien estudios como Milovanovic y Gero (2020) emplearon el FBS para observar procesos cognitivos en estudios de arquitectura, en esta propuesta se adopta como estructura pedagógica activa. No solo describe cómo se diseña, sino que guía el aprendizaje en entornos mediados por herramientas digitales, articulando intención, comportamiento y materia desde una lógica iterativa y situada. Su implementación apunta a consolidar una formación tecnosocial donde los estudiantes transiten por cada fase enfrentando variables técnicas, sociales y ambientales.

Implementación en el Taller 6: diseño modular sostenible.

En el Taller 6 de la carrera de arquitectura de la Universidad Ricardo Palma (URP) de Perú, el modelo FBS se aplica como eje estructurante de una estrategia pedagógica que articula metodologías ABP, herramientas digitales avanzadas y criterios de sostenibilidad material. La secuencia didáctica se organiza en torno a las fases del FBS:

- **Función:** definición de requerimientos a partir de criterios de modularidad, asequibilidad, accesibilidad y sostenibilidad contextual.
- **Comportamiento:** simulaciones de desempeño térmico, lumínico y energético con herramientas como Ladybug Tools, que permiten anticipar impactos reales.
- **Estructura:** desarrollo paramétrico de sistemas modulares en OSB, optimizados para corte CNC y ensamblaje sin herramientas especializadas.
- **Retroalimentación:** uso de algoritmos evolutivos con Opossum para afinar variables geométricas y de desempeño.
- **Documentación:** generación de modelos BIM interoperables mediante Rhino.Inside.Revit, acompañados de manuales de montaje y rúbricas centradas en replicabilidad y acceso abierto.

Todas estas operaciones se desarrollan en un entorno computacional integrado —GH3D—, que articula modelado, simulación, optimización y documentación. Esta convergencia reduce la fragmentación operativa y favorece una comprensión sistémica del diseño, permitiendo a los estudiantes explorar en tiempo real las relaciones entre decisiones formales, comportamiento y contexto.

Este recorrido permite experimentar el diseño arquitectónico como una secuencia estructurada de decisiones fundamentadas, ancladas tanto en datos como en valores sociales. El enfoque no solo desarrolla competencias clave —como iteración crítica, interoperabilidad y toma de decisiones multivariable—, sino que consolida una formación tecnosocial. En ella, la tecnología no es neutral ni instrumental, sino una herramienta para articular sostenibilidad, inclusión y producción distribuida en escenarios de precariedad y restricción.

Este andamiaje metodológico sienta las bases para la estructura didáctica que se describe en la siguiente sección.

Diseño Pedagógico y Enfoque Metodológico.

El Taller de Diseño Arquitectónico 13 es una línea formativa de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Ricardo Palma (URP) que abarca del nivel tres al nueve. A lo largo de esta trayectoria, se exploran estrategias de modulación, prefabricación y tecnologías digitales vinculadas a la sostenibilidad, enmarcadas en la agenda institucional “Ciudad Cero”. Este se centra en el Nivel 6, donde la orientación tecnosocial se articula explícitamente, integrando PC, diseño paramétrico y FD con una conciencia crítica de su impacto territorial, social y ambiental. El objetivo pedagógico es formar estudiantes capaces de traducir estrategias de diseño para manufactura, montaje, desmontaje y producción distribuida en propuestas habitacionales sostenibles, técnica y socialmente viables.

El curso adopta un enfoque de ABP, estructurado en torno a desafíos proyectuales progresivos que articulan teoría, práctica y reflexión. Sobre esta base, se definen tres competencias eje:

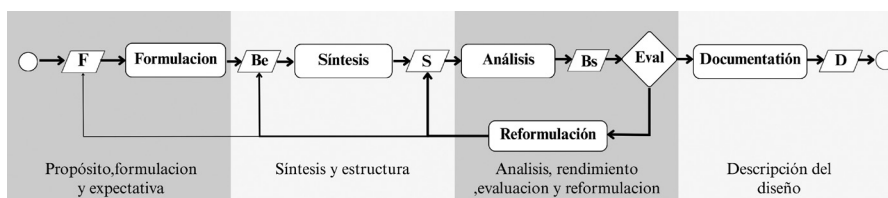
- (i) PC orientado a la descomposición y automatización de problemas constructivos;
- (ii) diseño paramétrico vinculado a simulaciones que relacionan geometría, desempeño, costo y huella ambiental; y
- (iii) FD combinada con estrategias para el Diseño para la Manufactura y el ensamblaje (DfMA) y el Diseño para el desmontaje (DfD) orientadas a la economía circular y a la exploración de microfábricas locales.

La meta es forjar una agencia proyectual crítica: estudiantes capaces de formular, optimizar, prototipar y evaluar soluciones habitacionales modulares con responsabilidad ambiental y justicia territorial, integrando además pensamiento sistémico como capacidad para relacionar variables técnicas, sociales y materiales en contextos situados.

Esta orientación tecnosocial no solo estructura el aprendizaje técnico, sino que cuestiona el modelo centralizado de producción e impulsa alternativas distribuidas. En este marco, el Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital (FABLAB) de la Facultad —aunque limitado a prototipado en pequeña escala— cumple un rol clave como espacio de experimentación. Para aproximarse a condiciones reales, el taller terceriza el corte router CNC de gran formato con el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) de Perú, lo que permite a los estudiantes acceder a servicios asequibles y reflexionar sobre las condiciones logísticas, económicas y territoriales de la producción local.

Para articular sus objetivos, el curso se estructura en cuatro unidades de aprendizaje organizadas en torno al modelo FBS como entramado iterativo (Milovanovic y Gero, 2022). Cada unidad activa el ciclo completo —Función, Comportamiento, Estructura, Evaluación, Retroalimentación y Documentación—, pero con énfasis didáctico en un eslabón específico: en la Unidad 1 se traducen requisitos funcionales en geometría paramétrica básica; en la Unidad 2 se exploran síntesis estructurales modulares; en la Unidad 3 se afina el comportamiento mediante simulaciones y algoritmos de optimización; y en la Unidad 4 se documenta el sistema final para su replicabilidad BIM e implementación abierta.

Figura 1. Diagrama FBS adaptado por unidad



Este enfoque permite que el FBS no opere como secuencia lineal, sino como estructura cognitiva iterativa que vincula intención funcional, comportamiento técnico, estructura material y condiciones reales. Cada unidad culmina en un producto validado técnicamente mediante un ecosistema de herramientas digitales (Rhino, GH3D, Ladybug, Openposum, Rhino.Inside, Revit). En la Tabla 1 podemos observar el resumen de la estructura metodológica del curso.

Tabla 1. Estructura metodológica del curso: integración FBS, herramientas, productos y evaluación por unidad.

Unidad	Énfasis del modelo FBS	Herramientas digitales y metodológicas	Producto clave (incluye validación)	Modalidad de evaluación
Unidad 1: Formulación funcional y exploración inicial	Formulación	Rhino, GH3D, CNC láser	Mueble modular paramétrico, fabricado en MDF	Rúbrica analítica Portafolio con ficha reflexiva
Unidad 2: Síntesis estructural aplicada	Síntesis	Rhino, GH3D, sistema WikiHouse, CNC láser	Diseño de vivienda unifamiliar con sistema WikiHouse, con prototipo a escala 1:8 en MDF y viga estructural tipo WikiHouse fabricada a escala 1:1 en OSB	Rúbrica analítica Portafolio con ficha reflexiva y ficha de viabilidad técnica Crítica cruzada
Unidad 3: Análisis, evaluación y retroalimentación	Análisis, evaluación y retroalimentación	GH3D, Ladybug Tools, algoritmos optimización (Opossum)	Diseño de vivienda unifamiliar con sistema HouseBlock, con prototipo a escala 1:8 en MDF y 10 componentes modular estructurales fabricada a escala 1:1 en OSB	Rúbrica analítica Portafolio con ficha reflexiva y ficha técnica de simulación Crítica cruzada
Unidad 4: Documentación y proyección replicable	Documentación	Rhino.Inside, Revit, documentación técnica	Componente modular replicable tipo HouseBlock, fabricado 1:1, con ensamble-demostración. Documentación e interoperabilidad	Rúbrica analítica Portafolio con ficha reflexiva y reflexión ético-tecnosocial final Crítica cruzada

En la Unidad 1 se introducen los fundamentos teóricos y técnicos: vivienda en el Perú, diseño computacional, DfMA/DfD, uniones mecánicas y madera de ingeniería (OSB). Esta base se aplica en un primer ejercicio donde los estudiantes diseñan y fabrican un mueble modular en tableros de fibra de densidad media (MDF) mediante CNC láser, parametrizando geometrías, tolerancias y trayectorias de corte.

La Unidad 2 amplía la escala desde el objeto hacia la vivienda: se diseñan módulos unifamiliares basados en WikiHouse, se prototipan a escala 1:8 y se construye colaborativamente una viga estructural a escala 1:1 en OSB como se observa en la Figura 2. El proceso incorpora modelado, corte CNC y ensamblaje, incluyendo el desensamblaje para evaluar desmontabilidad y ciclo de vida, anticipando el concepto de microfábricas distribuidas.

Figura 2. Evaluación de desplazamiento estructural de la viga prefabricada Floor M-1.



Nota. El prototipo denominado Floor-M-1 fue sometido a pruebas estructurales sobre una luz de 4.80m, simulando una carga distribuida de 200 kg/m². El desplazamiento inicial registrado fue de 9 mm, valor dentro del límite normativo establecido por la Norma Técnica Peruana E.010 de Madera (L/350 o 13.7 mm).

En la Unidad 3, los estudiantes abordan el sistema HouseBlock (Claypool *et al.*, 2021; McAndrew *et al.*, 2021), un sistema constructivo discreto basado en componentes modulares reconfigurables cortados en CNC como estructura abierta, diseñando y testeando configuraciones modulares a escala 1:8 y 1:1, evaluando principios de agregación y comportamiento estructural.

Finalmente, en la Unidad 4 se implementa un agregado modular de 10 unidades (18 m²), fabricado en OSB y documentado integralmente en entorno BIM, como se refleja en la Figura 3. Esta fase consolida la replicabilidad técnica del sistema, su validación material y su aplicabilidad pedagógica en contextos reales de precariedad, reforzando el uso de la madera de ingeniería como base constructiva estratégica.

Figura 3. Configuraciones variables de componentes modulares ensamblables Unidad 4.



Nota. Comparación entre dos configuraciones espaciales generadas con los mismos componentes modulares. El diseño abierto y las uniones desmontables permiten distintas lógicas de agregación, adaptabilidad y desmontaje.

A lo largo del curso, la eficiencia material mejora progresivamente mediante el uso estratégico de herramientas computacionales. En la Unidad 2, aunque WikiHouse es un sistema abierto, su uso directo es inviable sin procesos algorítmicos: la descarga, organización y conversión manual de archivos DXF (Drawing Exchange Format) puede tomar hasta una hora, mientras que con un flujo automatizado se resuelve en segundos. Además, al estar pensado para CNC router, requiere reconfiguración para corte láser: ajustes de espesores, tolerancias y jerarquías de línea. Esta adaptación, imposible de ejecutar manualmente, también mejora el rendimiento material: el nesting (disposición de las piezas a fabricar sobre un formato de chapa estándar del modo más denso posible con el objetivo de reducir al máximo el desperdicio) personalizado permite un ahorro del

15 % frente a patrones predeterminados.

En la Unidad 3 se aplica un flujo análogo al sistema HouseBlock, con un enfoque exploratorio. Mediante algoritmos de nesting y segmentación, se reduce el residuo total al 12 %, demostrando que el dominio computacional incrementa la autonomía proyectual e impacta en la viabilidad constructiva, la circularidad material y la sostenibilidad del sistema.

La conceptualización y prototipado a escala 1:8 se realiza en el FABLAB URP, mientras que el corte a escala real se terceriza. Ante limitaciones de equipamiento, los estudiantes diseñan procesos, fichas de corte y tutoriales de ensamblaje, logrando que el sistema sea reproducible incluso en talleres con baja tecnificación.

El 100 % del alumnado participa activamente en tareas de cotización, compra, transporte, supervisión de fabricación, ensamblaje y desensamblaje, fortaleciendo su alfabetización tecnológica crítica y enfrentando tensiones entre diseño ideal y condiciones reales.

De esta experiencia se deriva un modelo altamente replicable, adaptable a universidades públicas con laboratorios básicos (usando FreeCAD, Blender o corte CNC externalizado) y a institutos técnicos con capacidades de carpintería (SketchUp, Open CutList, convenios con makerspaces). Aunque el entorno principal sigue siendo propietario (GH3D sobre Rhino), la circulación de scripts paramétricos reutilizables, desarrollados en el marco del curso y actualmente en proceso de sistematización para su publicación abierta, permite una reapropiación crítica del conocimiento computacional. Esta estrategia promueve una cultura de acceso compartido, modificación colectiva y experimentación replicable incluso dentro de entornos cerrados. Estos recursos fortalecen redes de colaboración tecnopedagógica, orientadas a insertar la FD distribuida en contextos educativos con recursos limitados, en sintonía con prácticas educativas inclusivas y colaborativas (Georgiev *et al.*, 2023; Blikstein *et al.*, 2021).

La dimensión ético-política del aprendizaje emerge cuando las decisiones técnicas se confrontan con condiciones materiales reales, generando dilemas que trascienden la lógica instrumental. En una entrega, por ejemplo, un equipo debate entre usar OSB importado —más costoso y con mayor huella de transporte— o plywood local sin certificación estructural. El dilema se resuelve mediante simulaciones de carbono embebido, que muestran una reducción del 18 % en kg CO₂-eq al optar por el material local. La elección se documenta como parte de una búsqueda de justicia territorial, alineada con los planteamientos de Fressoli y Smith (2024) sobre apropiación crítica de tecnologías, y con la noción de diseño colectivo situado desarrollada por Araujo (2025).

Otro dilema surge cuando un estudiante propone cortar las piezas manualmente, argumentando mayor rapidez y menor costo. Lo logra, pero la experiencia genera reflexión colectiva: ¿es replicable un sistema basado en pericia individual? La discusión reconoce el valor de lo manual en ciertos casos, pero resalta que la FD ofrece escalabilidad, precisión

y trazabilidad. Lejos de contraponer lo artesanal a lo digital, este episodio permite comprender cuándo y por qué ciertas tecnologías son necesarias.

Esta experiencia se inscribe en una investigación-acción en desarrollo. En la primera iteración del curso (2024-II), se recolectaron 10 portafolios integrales, 40 rúbricas comentadas, 30 críticas cruzadas de docentes de otros niveles del Taller 13 y 10 fichas reflexivas centradas en dilemas ético-técnicos.

Aunque aún no se ha aplicado un análisis formal, se prevé en la segunda iteración un análisis temático inductivo que permita identificar patrones emergentes desde el discurso estudiantil (Braun y Clarke, 2006), sin partir de categorías preestablecidas. Esto permitirá captar dimensiones no previstas por el diseño curricular, enriquecer la comprensión del proceso formativo y detectar oportunidades de mejora desde la experiencia situada. El análisis se realizará con Atlas.ti 23, considerando también opciones como NVivo, MAX-QDA o herramientas libres como Taguette. Para asegurar la credibilidad interpretativa, se prevé una auditoría externa del 20 % del material codificado por una investigadora ajena al curso.

El protocolo ético ha sido diseñado bajo principios de credibilidad interpretativa propios de la investigación cualitativa, incluyendo consentimiento informado, resguardo de evidencias y respeto a la integridad del fenómeno (Athens, 2010).

La evaluación se concibe como un proceso formativo articulado por instrumentos diferenciados: rúbricas analíticas por unidad (40 %), portafolio progresivo con fichas reflexivas (35 %), críticas cruzadas entre estudiantes (15 %) y ejercicios de reflexión específica como fichas de viabilidad, simulación y cierre ético-tecnosocial (10 %). Estos instrumentos se organizan conforme a las cuatro unidades del curso y se ponderan en coherencia con el sistema institucional de calificaciones acumulativas. Algunas de estas respuestas ya han derivado en mejoras curriculares: la creación de un micromódulo sobre abastecimiento local previo a la Unidad 2, la ampliación del horario nocturno del FABLAB ante las dificultades logísticas, y la incorporación del CO₂-eq como métrica en la Unidad 3.

Estos mecanismos consolidan al taller como un sistema pedagógico adaptativo, donde la evidencia generada en aula no solo informa la calificación, sino que transforma el curso semestre a semestre.

Los elementos desarrollados configuran un modelo de enseñanza tecnosocial que tensiona las pedagogías convencionales al integrar tecnología, territorio y ética en una experiencia proyectual situada. La siguiente sección discute sus alcances, límites y proyecciones a la luz del marco conceptual.

4. Discusión

La implementación del modelo validó principios del marco conceptual y reveló tensiones clave. Esta sección analiza sus articulaciones, límites y posibilidades de transferibilidad.

4.1. Coherencia entre marco y práctica: validaciones emergentes.

La experiencia docente tradujo en prácticas concretas los fundamentos tecnosociales planteados. El uso de herramientas como GH3D, Ladybug, Opposum o Rhino.Inside no se limitó al aprendizaje técnico, sino que activó una lógica de resolución situada, fomentando comprensión operativa de modularidad, eficiencia material, circularidad y accesibilidad.

El pensamiento sistémico emergió como competencia transversal: los estudiantes no solo modelaron, sino que simularon, fabricaron y documentaron, articulando variables estructurales, térmicas, logísticas y sociales en flujos iterativos de diseño. Esta progresión fue visible entre la Unidad 1 —formulación funcional básica— y la Unidad 3, donde se alcanzó optimización medioambiental multiobjetivo y validación física a escala real. El trabajo con OSB permitió anclar reflexiones ético-ambientales a decisiones proyectuales tangibles.

4.2. Límites y tensiones no resueltas.

Pese a estos avances, la implementación enfrentó desafíos estructurales. La limitada infraestructura obligó a tercerizar el corte CNC, lo que introdujo restricciones logísticas. Si bien esto nutrió la planificación prototípica, evidenció la fragilidad operativa en entornos con recursos limitados.

También se registraron desigualdades de acceso entre estudiantes —en hardware, conectividad o dominio de software— que afectaron el desarrollo autónomo. Estas brechas fueron parcialmente mitigadas mediante repositorios, asesorías y scripts abiertos.

Otra tensión fue la disyuntiva entre libertad formal y viabilidad técnica. Algunos sistemas fueron sobredimensionados sin criterio estructural, lo que obligó a reforzar la evaluación crítica. Además, si bien se logró fabricar y adaptar prototipos, la reflexión argumentativa sobre el impacto territorial o político del diseño fue más débil, lo que sugiere fortalecer componentes discursivos en portafolios y rúbricas futuras.

4.3. Aportes y transferibilidad del modelo.

El modelo confirma que es posible integrar PC, FD y sostenibilidad en condiciones técnicas intermedias, siempre que se diseñen flujos metodológicos adaptativos, colaborativos y tecnosocialmente informados. El uso de materiales locales, plataformas accesibles y estrategias de tercerización son tácticas replicables en contextos diversos.

La articulación entre pensamiento crítico, herramientas abiertas, progresión didáctica y acción proyectual concreta ofrece una base transferible para instituciones que busquen actualizar sus metodologías desde una lógica situada. Finalmente, la experiencia aporta al debate sobre la alfabetización tecnosocial en arquitectura, mostrando que la tecnología puede ser medio para una pedagogía ética, democrática y transformadora.

5. Conclusiones

Este capítulo presenta una experiencia pedagógica situada que articula DC, FD y sostenibilidad material como ejes de una formación tecnosocial en arquitectura. Frente a enfoques tecnocéntricos, se propuso una pedagogía crítica y activa, donde las tecnologías digitales operan como medios para proyectar con responsabilidad social, rigor ambiental y compromiso territorial.

La propuesta, respaldada por un marco conceptual robusto, fue validada mediante una implementación progresiva en el Taller 13 – Nivel 6. Las unidades permitieron traducir conceptos como modularidad abierta, pensamiento sistémico o producción distribuida en decisiones proyectuales, prototipos funcionales y aprendizajes tangibles. El modelo FBS facilitó una secuencia didáctica coherente, integrando formulación funcional, comportamiento estructural y documentación constructiva en un proceso iterativo.

Entre los logros destaca la activación de una agencia proyectual crítica en los estudiantes, al vincular diseño, simulación, fabricación y reflexión contextual. Además, la integración de materiales accesibles como OSB y plataformas de diseño paramétrico e interoperabilidad BIM demostró que la formación avanzada no depende de alta infraestructura, sino de metodologías flexibles, colaboración y enfoque situado.

La experiencia también evidencia límites: desigualdad de acceso a herramientas, tensiones entre exploración formal y viabilidad técnica, y debilidad argumentativa en la dimensión tecnopolítica del diseño. Estas áreas demandan estrategias pedagógicas reforzadas, dispositivos de evaluación ajustados y más espacios de reflexión crítica.

A partir de esta experiencia se delinearán tres líneas de proyección: (1) fortalecer trayectorias formativas que integren tecnología y ética desde los primeros niveles curriculares; (2) articular redes de microfábricas y comunidades técnicas para escalar la producción distribuida; y (3) generar recursos abiertos y adaptables para replicar el modelo en diversas instituciones.

Este capítulo no busca sólo describir una experiencia exitosa, sino contribuir a redefinir la enseñanza del diseño arquitectónico desde una lógica tecnosocial. Formar arquitectos capaces de pensar en sistemas y actuar con responsabilidad proyectual es una urgencia

educativa ante los desafíos de habitabilidad, desigualdad y transición ecológica.

Referencias Bibliográficas

- Albano, S., Meng, W., Xu, W., & Li, N. (2024). Challenges and Opportunities in Using Digital Pedagogy for Game-Based Architecture Education: A Case in China. *En Creativity in the Age of Digital Reproduction* (págs. 95–102). Springer Nature Singapore. doi:10.1007/978-981-97-0621-1_12
- Araujo, C. I. (2025). La apropiación colectiva del diseño tecnológico. Teseo. doi:10.55778/ts877234527
- Athens, L. (2010). Naturalistic Inquiry in Theory and Practice. *Journal of Contemporary Ethnography*, 39, 87–125. doi:10.1177/0891241609343663
- Bhandari, S., Riggio, M., Jahedi, S., Fischer, E. C., Muszynski, L., & Luo, Z. (2023). A review of modular cross laminated timber construction: Implications for temporary housing in seismic areas. *Journal of Building Engineering*, 63, 105485. doi:10.1016/j.job.2022.105485
- Blikstein, P., Jones-Davis, D., Pryor-Jones, S., Santoso, S., Cornforth, K., Weisgrau, J., & Lassiter, S. (2021). Transforming public education with making and digital fabrication. Transforming public education with making and digital fabrication. Field Building Collaborative. Obtenido de <https://buildfabmake.org/wp-content/uploads/2022/01/TransformingEducationWithMaking-2021.pdf>
- Blough, L., & Giostra, S. (2024). Solar Sculpting. *En Pedagogical Experiments in Architecture for a Changing Climate* (pp 91–107). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003351498>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3, 77–101. doi:10.1191/1478088706qp063oa
- Bukauskas, A., Mayencourt, P., Shepherd, P., Sharma, B., Mueller, C., Walker, P., & Bregulla, J. (2019). Whole timber construction: A state of the art review. *Construction and Building Materials*, 213, 748–769. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.03.043
- Caetano, I., & Leitão, A. (2024). Connecting design and fabrication through algorithms: current and future prospects for AEC. *Automation in Construction*, 164, 105445. doi:10.1016/j.autcon.2024.105445
- Canizares, G. (2024). Taming the Rhinoceros: A brief history of a ubiquitous tool. *Perspectives in Architecture and Urbanism 1* (2), 100020. doi:10.1016/j.pau.2024.100020
- Canizares, G., & Cohen, Z. (Edits.). (2024). *Homing the machine in architecture*. London: Routledge.
- Cascone, P., & Laddaga, M. (2024). Eco-Digital Construction in Africa. *En Homing the Machine in Architecture* (pp. 192–209). Routledge. doi:10.4324/9781003296522-17
- Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C. P., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., . . . Schellnhuber, H. J. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability*, 3, 269–276. doi:10.1038/s41893-019-0462-4

- Claypool, M., Retsin, G., Garcia, M. J., Jaschke, C., & Saey, K. (2021). Automation and the Discrete: Exploring New Potentials for Streamlining Production in Architectural Design Research. *Journal of Architectural Education*, 75, 108–114. doi:10.1080/10464883.2021.1859893
- Cloutier, A., Ananias, R. A., Ballerini, A., & Pecho, R. (2006). Effect of radiata pine juvenile wood on the physical and mechanical properties of oriented strandboard. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 65, 157–162. doi:10.1007/s00107-006-0148-2
- Coleman, J., & Barnes, N. (2024). Construction Cheat Codes. En *Homing the Machine in Architecture* (pp. 177–191). Routledge. doi:10.4324/9781003296522-16
- Costa, D., Serra, J., Quinteiro, P., & Dias, A. C. (2024). Life cycle assessment of wood-based panels: A review. *Journal of Cleaner Production*, 444, 140955. doi:10.1016/j.jclepro.2024.140955
- Crolla, K., Song, J., Bunica, A., & Sheikh, A. T. (2024). Integrating Extended Reality in Architectural Design Studio Teaching and Reviews: Implementing a Participatory Action Research Framework. *Buildings*, 14, 1865. doi:10.3390/buildings14061865
- Di Marco, G., & Lombardi, D. (2024). Pedagogic Strategies for Digitally Enhanced Sustainable Design. En *Towards a Carbon Neutral Future* (pp. 827–833). Springer Nature Singapore. doi:10.1007/978-981-99-7965-3_71
- Ehrhardt, K., Claus, T., Lienhard, J., Michalski, A., Stute, P., & Burger, S. (2024). A Case of Integrated Architectural and Structural Innovation in Timber Construction. En *Scalable Disruptors* (pp. 472–483). Springer Nature Switzerland. doi:10.1007/978-3-031-68275-9_38
- El-Khouly, T., & Abdelhalim, O. (2024). Preserving conceptual design integrity: strategies for enhancing interoperability in architectural digital design workflows. *Scientific Reports*, 14. doi:10.1038/s41598-024-78640-8
- Fressoli, M., & Smith, A. (2024). papel de la innovación abierta y colaborativa en los nuevos marcos de innovación. *Ciencia, Tecnología y Política*, 7, 112. doi:10.24215/26183188e112
- Georgiev, G. V., Milara, I. S., Soomro, S. A., Casakin, H., & Nanjappan, V. (2023). SUSTAINABLE PROTOTYPING CHALLENGES IN DIGITAL FABRICATION DESIGN EDUCATION. *Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education, EPDE 2023*. The Design Society. doi:10.35199/epde.2023.39
- Gero, J. S., & Kannengiesser, U. (2014). The Function-Behaviour-Structure Ontology of Design. En *An Anthology of Theories and Models of Design* (págs. 263–283). Springer London. doi:10.1007/978-1-4471-6338-1_13
- Gershenfeld, N. A. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop—from personal computers to personal fabrication*. Basic Books.
- Granello, G., Reynolds, T., & Prest, C. (2022). Structural performance of composite WikiHouse beams from CNC-cut timber panels. *Engineering Structures*, 252, 113639. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113639>
- Greer, F., & Horvath, A. (2023). Modular construction's capacity to reduce embodied carbon emissions in California's housing sector. *Building and Environment*, 240,

110432. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110432>
- Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational thinking: A competency whose time has come. In S. Sentance, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), *Computer science education: Perspectives on teaching and learning in school* (pp. 19–37). Bloomsbury Academic. <https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003>
- Gu, N., Yu, R., & Behbahani, P. A. (2018). Parametric Design: Theoretical Development and Algorithmic Foundation for Design Generation in Architecture. En *Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences* (pp. 1–22). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70658-0_8-1
- Habbal, F., Kolmos, A., Hadgraft, R. G., Holgaard, J. E., & Reda, K. (2024). *Reshaping Engineering Education: Addressing Complex Human Challenges*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-5873-3>
- Helmi, A., Bastidas, V., Oti-Sarpong, K., & Schooling, J. (2024). Sustainable urban digital innovation: A socio-technical competency-based approach to evaluation. *Sustainable Cities and Society* (117). doi:10.17863/CAM.113375
- Hensel, M. U. (Ed.). (2013). *Performance-oriented architecture*. Wiley.
- Herrera, P. C. (2024). Machine Not Homed. En *Homing the Machine in Architecture* (pp. 210–237). Routledge. doi:10.4324/9781003296522-18
- Jabi, W. (2013). *Parametric design for architecture*. Laurence King Publishing.
- Kassem, A., Farghaly, Y., & Hany, N. (2023). The role of active pedagogies in architectural design studios: post-pandemic adaptation. *F1000Research*, 12, 1582. doi:10.12688/f1000research.139457.1
- Kastner, F., & Langenberg, S. (2023). Transition in Architecture Education? Exploring Socio-Technical Factors of Curricular Changes for a Sustainable Built Environment. *Sustainability*, 15, 15949. doi:10.3390/su152215949
- Katoch, S., Chauhan, S. S., & Kumar, V. (2020). A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 8091–8126. doi:10.1007/s11042-020-10139-6
- Khan, H. (2024). Microclimatic architectural design by interfacing grasshoppers and Dynamo with Rhino and Revit. *Measurement: Sensors*, 33, 101143. doi:10.1016/j.measen.2024.101143
- Kim, D. Y. (2019). A Design Methodology Using Prototyping Based on the Digital-Physical Models in the Architectural Design Process. *Sustainability*, 11, 4416. doi:10.3390/su11164416
- Mackey, C., & Sadeghipour Roudsari, M. (2017). The Tool(s) Versus The Toolkit. En *Humanizing Digital Reality* (págs. 93–101). Springer Singapore. doi:10.1007/978-981-10-6611-5_9
- McAndrew, C., Jaschke, C., Retsin, G., Saey, K., Claypool, M., & Parissi, D. (2021). House Block. *Proceedings of the 41st Annual Conference of the Association of Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)* (págs. 70–75). ACADIA. doi:10.52842/conf.acadia.2021.070
- Mehan, A., & Dominguez, N. (2024). *Interdisciplinary Urban Interventions: Fostering Social Justice Through Collaborative Research-Led Design in Architectural Education*.

- Architecture, 4 (4), 1136–1158. doi:10.3390/architecture4040059
- Menges, A., & Ahlquist, S. (Edits.). (2011). *Computational design thinking*. Chichester: Wiley.
- Milner, H. R., & Woodard, A. C. (2016). Sustainability of engineered wood products. En *Sustainability of Construction Materials* (págs. 159–180). Elsevier. doi:10.1016/b978-0-08-100370-1.00008-1
- Milovanovic, J., & Gero, J. (2020). Modeling design studio pedagogy: a mentored reflective practice. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference*, 1, 1765–1774. doi:10.1017/dsd.2020.118
- Milovanovic, J., & Gero, J. S. (2022). Exploring the Use of Digital Tools to Support Design Studio Pedagogy Through Studying Collaboration and Cognition. En *Design Computing and Cognition'20* (págs. 21–39). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-90625-2_2
- Moya, L.; Vilela, M.; Jaimes, J.; Espinoza, B.; Pajuelo, J.; Tarque, N.; Santa-Cruz, S.; Vega-Centeno, P.; Yamazaki, F. (2024). Vulnerabilities and exposure of recent informal urban areas in Lima, Peru. *Progress in Disaster Science*, 23, 100345. doi:10.1016/j.pdisas.2024.100345
- Noble, A. (2025). Towards a critical and active citizenship in architectural education. *Critical Studies in Teaching and Learning*, 13, 68–87. doi:10.14426/cristal.v13isi1.2754
- Özerol Özman, G., Özdemir, M., & Arslan Selçuk, S. (2024). Exploring Interlocking Systems Through the Design of Joint-Based Pop-Up Structures. *Nexus Network Journal*, 26 (2), 213–228. doi:10.1007/s00004-023-00757-6
- Parracho, D. F., Nour El-Din, M., Esmaeili, I., Freitas, S. S., Rodrigues, L., Poças Martins, J., Guimarães, A. S. (2025). Modular Construction in the Digital Age: A Systematic Review on Smart and Sustainable Innovations. *Buildings*, 15, 765. doi:10.3390/buildings15050765
- Porrás, E., Esenarro, D., Chang, L., Morales, W., Vargas, C., & Sucasaca, J. (2024). Toward Cost-Effective Timber Shell Structures through the Integration of Computational Design, Digital Fabrication, and Mechanical Integral 'Half-Lap' Joints. *Buildings*, 14, 1735. doi:10.3390/buildings14061735
- Pramreiter, M., Nenning, T., Huber, C., Müller, U., Kromoser, B., Mayencourt, P., & Konnerth, J. (2023). A review of the resource efficiency and mechanical performance of commercial wood-based building materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 38, e00728. doi:10.1016/j.susmat.2023.e00728
- Priavolou, C., & Niaros, V. (2019). Assessing the Openness and Conviviality of Open Source Technology: The Case of the WikiHouse. *Sustainability*, 11, 4746. doi:10.3390/su11174746
- Quintanilla, M. Á. (2017). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología* (2 ed.). Madrid: Biblioteca Nueva. Obtenido de https://perio.unlp.edu.ar/catedras/wp-content/uploads/sites/210/2023/03/Tecnologia_un_enfoque_filosofico_y_otros.pdf
- Roszbach, A., Espinoza, Á., Lew, S., Torcida Amero, L. I., Ruiz Hernández, F. d., & Silva de Anzorena, M. P. (2024). Cadena de valor de la vivienda en Perú: diagnóstico sectorial

- y estrategias para mejorar el acceso a la vivienda adecuada. Banco Interamericano de Desarrollo División de Vivienda y Desarrollo Urbano. doi:10.18235/0013289
- Sass, L., & Oxman, R. (2006). Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design. *Design Studies*, 27, 325–355. doi:10.1016/j.destud.2005.11.009
- Savvides, A., Michael, A., Vassiliades, C., Parpa, D., Triantafyllidou, E., & Englezou, M. (2023). An examination of the design for a prefabricated housing unit in Cyprus in terms of energy, daylighting and cost. *Scientific Reports*, 13. doi:10.1038/s41598-023-38045-5
- Schodek, D., & Schodek, D. (Edits.). (2005). *Digital design and manufacturing*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Schön, D. A. (1990). *Educating the reflective practitioner* Jossey-Bass.
- Shaqour, E. (2021). Using Modern Teaching Strategies to Improve Architectural Design Studio Pedagogy in West Bank. (Dept.A). *MEJ. Mansoura Engineering Journal*, 46, 46–53. doi:10.21608/bfemu.2021.158858
- Srivastava, M. (2020). Cooperative learning in design studios: a pedagogy for net-positive performance. *Buildings and Cities*, 1, 594. doi:10.5334/bc.45
- Stevenson, F., & Kwok, A. (2020). Mainstreaming zero carbon: lessons for built-environment education and training. *Buildings and Cities*, 1, 687–696. doi:10.5334/bc.84
- Swist, T., & Gulson, K. N. (2023). Instituting socio-technical education futures: encounters with/through technical democracy, data justice, and imaginaries. *Learning, Media and Technology*, 48, 181–186. doi:10.1080/17439884.2023.2205225
- Symeonidou, I. (2023). *Educating the Reflective Digital Practitioner*. En *Architecture and Design for Industry 4.0* (pp 133–149). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-36922-3_9
- The World Bank. (2024). *Digital Progress and Trends Report 2023*. The World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-2049-6
- United Nations Environment Programme. (2024a). *Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a Liveable Planet as Resource Use Spikes*. Nairobi, Kenya: International Resource Panel. Obtenido de <https://www.unep.org/resources/Global-Resource-Outlook-2024>
- United Nations Environment Programme. (2024b). *Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond foundations - Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector*. International Resource Panel. doi:10.59117/20.500.11822/45095
- Vrouwe, I., & Osinga, D. (2022). The Fabrication Studio - A learning situation design for complex problem-solving through digital construction and fabrication. *Proceedings of the 40th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe)* [Volume 1]. 1, págs. 153–161. eCAADe. doi:10.52842/conf.ecaade.2022.1.153
- Wang, L., Janssen, P., & Stouffs, R. (2023). *Teaching Computational Design Optimization - An experimental course for performance-based building massing exploration*. *Proceedings of the 41st International Conference on Education and Research in*

- Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe) [Volume 1]. 1, pp. 179–188. eCAADe. doi:10.52842/conf.ecaade.2023.1.179
- Wang, T., Wang, Y., Crocetti, R., & Wälinder, M. (2022). In-plane mechanical properties of birch plywood. *Construction and Building Materials*, 340, 127852. doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.127852
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49, 33–35. doi:10.1145/1118178.1118215
- Woodbury, R. (2010). *Elements of parametric design*. Routledge.
- Wortmann, T., & Schroepfer, T. (2019). From optimization to performance-informed. In *Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design (SIMAUD '19)* (Article 6, pp. 1–8). Association for Computing Machinery. https://www.researchgate.net/publication/332407077_From_Optimization_to_Performance-Informed_Design_Simulation-based_Design_Tools_and_Methods_Architectural_Design_Optimization_Visualization_of_Optimization_Results
- Yadav, R., & Kumar, J. (2022). Engineered Wood Products as a Sustainable Construction Material: A Review. En *Engineered Wood Products for Construction*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.99597
- Yazici, S. (2019). Rule-based rationalization of form: learning by computational making. *International Journal of Technology and Design Education*, 30, 613–633. doi:10.1007/s10798-019-09509-5
- Yu, R., Gu, N., & Ostwald, M. J. (2021). *Computational design: Technology, cognition and environments*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429260780>
- Zelenko, D., Park, M. M., & Hinkel, R. (2025). Advancing Prototyping Pedagogy—A Design-Build Studio Approach. En *Symbiotic Intelligence* (págs. 360–370). Springer Nature Singapore. doi:10.1007/978-981-96-3433-0_32

Abstract: This text proposes to examine the teaching of architectural design through the use of a technosocial pedagogy that integrates digital tools with a critical awareness of territorial, social, and environmental impact. In contrast to the dominant technocentric approach—focused on instrumental skills without ethical reflection or contextual commitment—the proposal outlines a formative model aimed at linking technical knowledge, material sustainability, and project-based agency situated in real scenarios of precariousness.

The experience was implemented with 10 students from Workshop 13 at Universidad Ricardo Palma (Peru), incorporating the Function–Behaviour–Structure (FBS) model, project-based learning (PBL), computational thinking, parametric design, performance simulation, interoperability with Building Information Modeling (BIM), and digital fabrication using engineered wood. Modular housing systems were developed through iterative processes of modeling, optimization, Computer Numerical Control (CNC) cutting, assembly, and disassembly.

The results materialized in two full-scale (1:1) prototypes: an optimized structural beam measuring 5.4 m, and a modular aggregation system with ten interlocking components. Evaluations—rubrics, portfolios, and cross-critiques—demonstrated competencies in systemic thinking, critical technological appropriation, and collaborative design.

It is concluded that the technosocial approach enables the construction of replicable formative trajectories, ethically and technically integrated, oriented toward territorial challenges through material innovation and collective action.

Keywords: technosocial education - project-based learning- sustainable modular housing, design for assembly and disassembly - distributed digital fabrication

Resumo: Este texto propõe examinar o ensino do design arquitetônico por meio do uso de uma pedagogia tecnossocial que articula ferramentas digitais com uma consciência crítica do impacto territorial, social e ambiental. Diante da abordagem tecnocêntrica dominante — centrada em habilidades instrumentais sem reflexão ética nem compromisso contextual —, apresenta-se um modelo formativo orientado a vincular saber técnico, sustentabilidade material e agência projetual situada em cenários reais de precariedade.

A experiência foi implementada com 10 estudantes do Taller 13 na Universidade Ricardo Palma (Peru), integrando o modelo Function–Behaviour–Structure (FBS), aprendizagem baseada em projetos (ABP), pensamento computacional, design paramétrico, simulação de desempenho, interoperabilidade com Building Information Modeling (BIM) e fabricação digital com madeira engenheirada. Foram desenvolvidos sistemas habitacionais modulares por meio de processos iterativos de modelagem, otimização, corte por Controle Numérico Computadorizado (CNC), montagem e desmontagem.

Os resultados se materializaram em dois protótipos em escala 1:1: uma viga estrutural otimizada de 5,4 m e um sistema de agregação modular com dez componentes encaixáveis. As avaliações — rúbricas, portfólios e críticas cruzadas — evidenciaram competências em pensamento sistêmico, apropriação tecnológica crítica e design colaborativo.

Conclui-se que a abordagem tecnossocial permite construir trajetórias formativas replicáveis, ética e tecnicamente integradas, orientadas a desafios territoriais a partir da inovação material e da ação coletiva.

Palavras-chave: Formação tecnossocial- aprendizagem baseada em projetos - habitação modular sustentável - design para montagem e desmontagem - fabricação digital distribuída

Emerson Gerardo Porrás Sánchez: Arquitecto con más de 15 años de experiencia profesional, graduado de la Universidad Ricardo Palma. Docente de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la URP, donde dirige el Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital. Posee estudios de maestría en la Architectural Association School of Architecture (Londres) y en Docencia e Investigación en la Universidad San Martín. Investigador RENACYT, y autor de artículos sobre tecnologías emergentes en arquitectura. ORCID:0000-0002-3236-5202

Lidia Lila Chang Cardenas: Arquitecta por la Universidad Ricardo Palma y magíster en Gestión y Desarrollo Inmobiliario por ESAN. Con más de 20 años de experiencia profesional, ha liderado proyectos inmobiliarios de vivienda. Docente universitaria en la URP y UPC, enfocada en diseño arquitectónico e investigación. Su línea de investigación abarca sostenibilidad, prefabricación y fabricación digital. Colabora con el Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital y forma parte del grupo de investigación UrbanFab de la URP. Investigador RENACYT, y autor de artículos sobre tecnologías emergentes en arquitectura. ORCID:0000-0001-9886-3135

Joseph Sucasaca Callata: Bachiller en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Ricardo Palma. Cuenta con participación en concursos internacionales como el AIAC 2022, Kaira Loro Competition 2023 y colaborado en el concurso AIAC 2023. Ha sido expositor en muestras académicas y voluntario en ediciones del Foro Internacional de Intervenciones Urbanas FIIU. Colabora en el Laboratorio de Diseño y Fabricación Digital. Forma parte de grupos de investigación enfocados en la fabricación digital y miembro activo del colectivo de arte y cultura Muzart. ORCID:0000-0001-6779-8991