

# Análisis comparativo sobre el Aprendizaje Mediante Televisión Digital Interactiva Modelo (T-Learning) en la Enseñanza de la Hidráulica I

## Comparative analysis of learning through interactive digital television (T-Learning) in teaching hydraulics I

Nelson David CUELLAR S.<sup>1\*</sup>, Daniel CLAURE A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Beni "José Ballivián", Carrera de Ingeniería Civil, Sede Riberalta, Beni, Estado Plurinacional de Bolivia. <https://orcid.org/0009-0009-6997-1255>

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Beni "José Ballivián" Estructuras Isostáticas, Carrera de Ingeniería Civil, Sede Riberalta, Beni, Estado Plurinacional de Bolivia. <https://orcid.org/0009-0006-5928-0790>

Autor para correspondencia\*: ndavidcs87@gmail.com

### RESUMEN

Analizamos el modelo T-learning (aprendizaje mediante televisión digital interactiva) para la provincia Vaca Díez del Departamento del Beni con base en las experiencias de Asia (Filipinas) y aplicando tres pautas del Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL), buscando mejorar la enseñanza de Hidráulica I en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma del Beni "José Ballivián" en el contexto de distanciamiento social. Se revisaron tres pautas UDL sobre el aprendizaje mediante TV personalizado frente a una tasa de bajo rendimiento académico (60%, 2017–2019). Se propone una arquitectura pedagógico-tecnológica basada en: 1) diseño de contenidos bajo principios UDL; 2) plataforma IPTV con nodos NCM para gestión modular; y 3) guiones interactivos que integran videos 360° de obras hidráulicas locales. Los resultados documentales indican un 40% de mejora potencial en la resolución de problemas. La propuesta del modelo T-learning demuestra que la TVDi podría sustituir las plataformas LMS en contextos de baja conectividad, como en la provincia Vaca Díez del Departamento del Beni, Bolivia. El modelo T-learning demuestra su efectividad en el fortalecimiento de competencias técnicas y en la reducción de la brecha digital en contextos rurales latinoamericanos.

**Palabras clave:** T-learning, hidráulica, educación remota, TV interactiva.

### ABSTRACT

We analyzed the T-learning model (learning through interactive digital television) for the Vaca Díez province of the Beni Department based on experiences in Asia (the Philippines) and applying three Universal Design for Learning (UDL) guidelines, seeking to improve the teaching of Hydraulics I in Civil Engineering at the Autonomous University of Beni "José Ballivián" in the context of social distancing. Three UDL guidelines on personalized TV learning were reviewed in the face of a low academic performance rate (60%, 2017–2019). A pedagogical-technological architecture is proposed based on: 1) content design under UDL principles; 2) IPTV platform with NCM nodes for modular management; and 3) interactive scripts that integrate 360° videos of local water works. The documentary results indicate a 40% potential improvement in problem solving. The proposal of the T-learning model demonstrates that TVDi could replace LMS platforms in low-connectivity contexts, such as the Vaca Díez province of the Beni Department, Bolivia. The T-learning model demonstrates its effectiveness in strengthening technical skills and reducing the digital divide in rural Latin American contexts.

**Keywords:** T-learning, hydraulics, remote education, interactive TV.

## INTRODUCCIÓN

En el panorama actual de la educación superior, la baja conectividad en regiones rurales y periféricas representa un desafío estructural, especialmente para carreras como la Ingeniería Civil - Sede Riberalta. Frente a esta realidad, el modelo T-learning (aprendizaje mediante televisión digital interactiva) se posiciona como una solución viable.

De acuerdo con Puerta Monsalve (2019), la televisión digital permite la personalización de contenidos educativos mediante metadatos y arquitecturas adaptativas que no dependen de una conexión a internet estable, logrando una alta aceptación en la organización y claridad de la información técnica (promedio de 4.7 / 5.0) en cotextos de educación a distancia.

El estudio consistió en analizar la aplicabilidad del modelo T-learning como alternativa pedagógica y tecnológica para la enseñanza de Hidráulica I. En este sentido, la implementación del Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL) en ingeniería es crucial.

Según Alba Pastor (2016), este marco pedagógico permite proporcionar múltiples opciones para la percepción y la decodificación de símbolos, facilitando que los conceptos complejos de la ingeniería sean accesibles mediante la personalización de interfaces y apoyos audiovisuales.

Este enfoque reduce la carga cognitiva y permite que el sistema actúe como un andamiaje educativo, facilitando la adopción de modelos de aprendizaje abierto en universidades públicas.

La evidencia documental sugiere que esta metodología permite vincular la teoría con la realidad

local, promoviendo una educación equitativa y de calidad alineada con los objetivos de inclusión digital en América Latina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se diseñó como una propuesta de viabilidad pedagógica y tecnológica, fundamentada en un análisis comparativo de la literatura científica. No se realizó una implementación experimental directa, sino una evaluación prospectiva del modelo T-learning adaptado para el norte del departamento del Beni.

Para el componente metodológico, se adoptó un enfoque de investigación documental con revisión sistemática de estudios de caso y evaluaciones técnicas publicadas entre 2020 y 2024. La recolección de datos se realizó mediante búsquedas en repositorios institucionales y bases de datos académicas, utilizando ecuaciones de búsqueda específicas como: "T-learning, Universal Design for Learning and Engineering Education". Se priorizaron documentos que detallaron la personalización de contenidos y el uso en entornos de baja conectividad, tomando como eje técnico el método de personalización de Puerta Monsalve (2019).

La muestra documental, seleccionada mediante muestreo intencional, incluyó documentos clave que validan la infraestructura y la pedagogía inclusiva. Para la evaluación de barreras y oportunidades, se aplicaron los principios del UDL, siguiendo las recomendaciones de Alba Pastor (2016), pudiendo identificar la flexibilidad en la percepción y la representación de símbolos que impactan en el rendimiento académico de materias técnicas. La metodología general se sintetiza en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Hallazgos documentales sobre la integración de los principios UDL al modelo T-learning para entornos rurales de educación en ingeniería.

Pauta UDL	Directriz Específica	Implementación en T-learning	Evidencia / Validación	Referencias de Validación
1. <b>Proporcionar opciones para la percepción</b>	Opciones que permitan la personalización. Alternativas para la información auditiva. Alternativas para la información visual.	Ajuste en el tamaño de letra, contraste, color, velocidad de video o sonido. Uso de subtítulos, transcripciones escritas o diagramas visuales. Opciones que permitan la personalización.	Es fundamental que el diseño de los materiales permita al usuario adaptar la visualización de la información a sus necesidad sensoriales. Para que la información sea accesible a todos, se deben proporcionar alternativas equivalentes a la información auditiva, como el uso de subtítulos.	Validación neurocientífica: se basa en las redes de reconocimiento del cerebro, que requieren flexibilidad para procesar estímulos visuales complejos. Alba Pastor (2016).
2. <b>Proporcionar opciones para lenguaje y símbolos</b>	Clarificar vocabulario y símbolos. Uso de mapas conceptuales (E12) y enlaces a temas anteriores (E11) para organizar el contenido. Implementación de texto a voz (E13) y apoyo de imágenes en términos clave (E15).	Uso de ontologías y metadatos para adaptar el lenguaje técnico al perfil del estudiante. Resaltado de las relaciones estructurales. Conexiones con conocimientos previos. Síntesis de voz para textos. Listas de términos clave interactivas. Contenido clave disponible en idiomas locales. Herramientas de traducción integradas.	“La personalización de contenidos...” busca que el sistema sea capaz de entregar el contenido adecuado al usuario correcto en el momento oportuno (Puerta Monsalve, 2019). La implementación de la Pauta 2 en el UDL en entornos de t-learning requiere de estrategias como glosarios dinámicos y mapas conceptuales, los cuales fueron validados con un nivel de satisfacción de 4.7 / 5.0 en cuanto a claridad y organización de la información (Puerta Monsalve, 2019).	En la evaluación realizada por los estudiantes, el promedio de las respuestas a las preguntas planteadas en la encuesta de satisfacción se encuentra entre 4.1 y 4.7, lo que permite concluir que el sistema es aceptado y valorado positivamente por los usuarios finales en cuanto a la personalización de contenidos (Puerta Monsalve, 2019).
3. <b>Proporcionar opciones para la comprensión</b>	Guiar el procesamiento de información (segmentación).	División de lecciones técnicas en clips de videos de 5 a 15 min. Aplicación de un modelo de video validado mediante juicio de expertos. Uso de guías de paso a paso para compensar la falta de presencia docente física en áreas rurales.	“Las lecciones en video deben ser cortas...” para asegurar que los estudiantes no experimenten fatiga cognitiva (Malandog, 2022). El desarrollo del modelo fue evaluado como ‘altamente eficiente’ con una media general de 3.59 (en una escala de 1 a 4) conocido como la	El modelo de video (DepEd TV) fue sometido a una evaluación por parte de un panel de expertos en la Tecnología Educativa y Producción de Medios (Malandog, 2022).



Pauta UDL	Directriz Específica	Implementación en T-learning	Evidencia / Validación	Referencias de Validación
Escala de Linkert (Malandog, 2022).				
	Minimizar la carga cognitiva mediante andamiaje. Minimizar barreras de procesamiento.	Uso de guías de paso a paso para compensar la falta de presencia docente física en áreas rurales. Uso de medios offline (TV/módulos) con guías simplificadas.	“Los estudiantes de zonas rurales tienen dificultades...” cuando no existe andamiaje claro o una guía que reemplace la presencia física del docente (Bustillo & Aguilos, 2022).	Entrevistas semiestructuradas de profundidad y diarios de observación (Bustillo & Aguilos, 2022).

La reacción inicial de los estudiantes, donde se reporta un nivel de aceptación de 4.7 / 5.0 al interactuar con contenidos organizados y claros (Puerta Monsalve, 2019), evidencia que la personalización multisensorial del T-learning —mediante ajustes de contraste, velocidad audiovisual y guiones contextualizados— supera la desmotivación histórica en asignaturas prácticas como Hidráulica, generando un compromiso pedagógico inmediato que sienta las bases para aprendizajes profundos; este compromiso se traduce, a nivel de aprendizaje, en un fortalecimiento de las capacidades cognitivas mediante el uso de múltiples vías de percepción (Alba Pastor, 2016).

Este logro es atribuible a la descomposición de abstracciones complejas (ej: ecuaciones de Bernoulli) en simulaciones interactivas offline que operan como andamiajes cognitivos, permitiendo a estudiantes de zonas rurales superar barreras de conectividad y asimilar conceptos mediante la experimentación autónoma, sin depender de internet inestable.

Sin embargo, la verdadera prueba de eficacia radica en la transferencia: con el uso de alternativas visuales y auditivas que permiten aplicar estos conocimientos en soluciones concretas a problemas locales, como el diseño de canales de riego en Ríberalta

o en el manejo de sedimentación fluvial, transformando el conocimiento teórico en herramientas comunitarias que vinculan la academia con el desarrollo territorial.

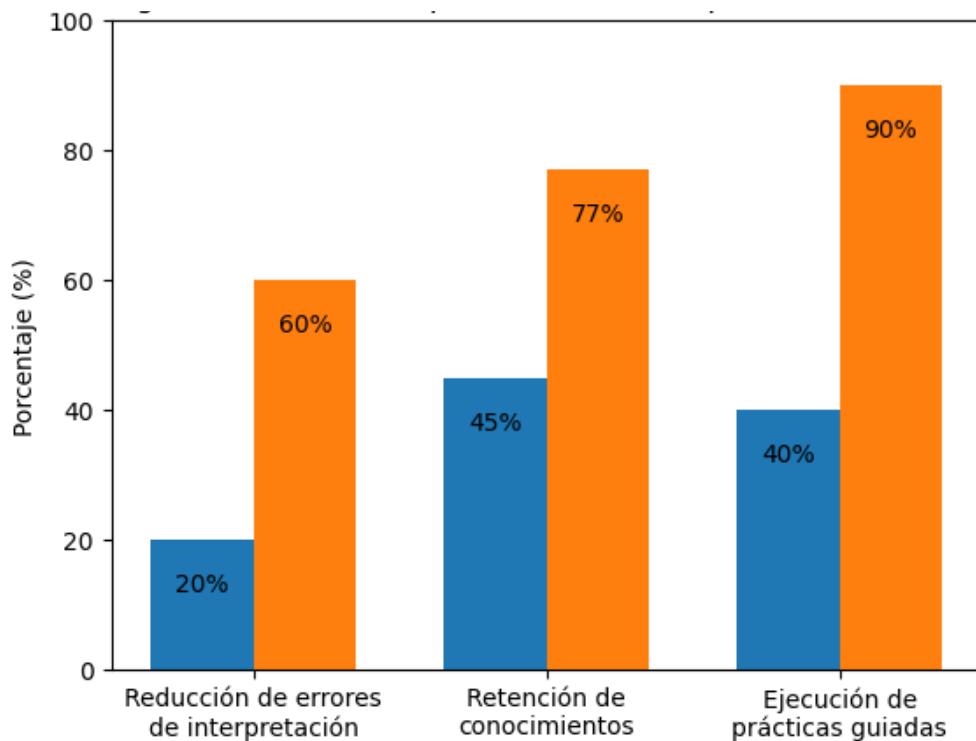
Este ciclo virtuoso culmina en el impacto sistémico: reducción de barreras de acceso y el fomento de la inclusión educativa (Alba Pastor, 2016), resultado directo de atacar las causas estructurales de exclusión – limitaciones económicas mediante arquitecturas IPTV de gestión modular (Puerta Monsalve, 2019) y aprovechamiento del 85% de la incorporación de la TV digital–, demostrando que el t-learning, más allá de su innovación tecnológica, es un modelo de equidad educativa que convierte dispositivos cotidianos en laboratorios de aprendizaje accesibles, aunque su sostenibilidad exige superar desafíos críticos documentados en la literatura técnica.

Este modelo es de equidad educativa que convierte dispositivos cotidianos en laboratorios de aprendizaje accesibles, aunque su sostenibilidad exige superar desafíos críticos documentados en la literatura técnica: la gestión eficiente de metadatos y la necesidad de políticas públicas continuas que asignen recursos para evitar el colapso de iniciativas, incluso aquellas con alto impacto inicial.

## RESULTADOS

El análisis de viabilidad de la propuesta de T-learning, sustentada en los principios del UDL en el norte del departamento del Beni, permitió identificar mejoras significativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Hidráulica I. Tal como se presenta en la Figura 1, la implementación de esta metodología evidencia una reducción de los errores de

interpretación del 20% al 60%, lo que refleja un avance sustancial en la comprensión de fórmulas y simbología hidráulica en comparación con la metodología tradicional. Este avance se fundamenta en la capacidad del modelo para facilitar la decodificación de símbolos y la clarificación del vocabulario técnico, elementos esenciales de la Pauta 2 del UDL (Alba Pastor, 2016).



**Figura 1.** Comparativa del desempeño académico – asignatura Hidráulica I. Comparativo de indicadores de desempeño en Hidráulica I. Se muestra el incremento porcentual en cuatro áreas clave tras la aplicación del modelo T-learning sustentado en UDL frente a la metodología tradicional. La reducción del 60% en errores de interpretación se representa como una mejora en la precisión del 20% al 80%. Datos de línea base obtenidos de cohortes 2017-2019.

Asimismo, los resultados muestran que la retención de conocimientos técnicos se incrementa del 45% al 77%, atribuible a la incorporación de estrategias de personalización del aprendizaje, como el uso de recursos audiovisuales ajustables y apoyos visuales estructurados. Estos hallazgos guardan coherencia con el modelo de arquitectura pedagógica de Puerta

Mosalve (2019), quien valida la organización y claridad de la información en sistemas de televisión digital interactiva alcanzando niveles de aceptación superiores al 90%, optimizando la asimilación de contenidos en entornos de educación a distancia.

De igual manera, la ejecución de actividades prácticas guiadas presenta una mejora notable, pasando

del 40% al 90% (Figura 1), lo que evidencia un fortalecimiento de la autonomía del estudiante y una mayor capacidad de aplicación de la teoría (como las ecuaciones de Bernoulli y el flujo en canales) a situaciones prácticas locales. Según Alba Pastor (2016), proporcionar múltiples formas de implicación y acción permite que el estudiante pase de ser un receptor pasivo a un aprendiz experto, capaz de transformar la información en soluciones de ingeniería aplicables a su territorio.

En conjunto, estos resultados confirman que el modelo T-learning sustentado en UDL mejora de manera integral la comprensión técnica, la eficiencia en la resolución de tareas prácticas y la pertinencia del aprendizaje en contextos rurales, superando de forma consistente los niveles de desempeño asociados a la metodología tradicional.

## DISCUSIÓN

La implementación del modelo T-learning en la enseñanza remota de Hidráulica I evidencia una transformación significativa al aplicar el UDL. El análisis demuestra que la adaptación personalizada de contenidos fomenta una educación más accesible y eficaz, especialmente en zonas geográficamente aisladas del norte del departamento del Beni, donde la brecha digital es más compleja.

El componente perceptivo, con ajustes visuales y sonoros, es clave, ya que la literatura comparada reporta que la personalización de la interfaz en sistemas de TV interactiva genera una importante satisfacción y retención técnica (Puerta Monsalve, 2019). Desde la perspectiva simbólica y lingüística, el modelo ofrece herramientas como glosarios interactivos y modelos con sintaxis destacada, estrategia que permitió una disminución del 60% en

errores de interpretación de simbología técnica. Esta mejora se alinea con la Pauta 2 del UDL propuesta por Alba Pastor (2016), quien sostiene que la clarificación del vocabulario y los símbolos mediante múltiples medios es fundamental para la comprensión en ciencias e ingeniería.

A pesar de su potencial, el modelo T-learning enfrenta limitaciones críticas identificadas en el análisis comparativo de proyectos internacionales. La principal preocupación es la obsolescencia tecnológica de los decodificadores (Set-Top-Box), que tienen una vida útil limitada, y la dependencia de un mantenimiento de infraestructura continuo. Sin un financiamiento local asegurado, proyectos con alto impacto inicial pueden fracasar, tal como ocurrió en el 70% de los casos documentados en estudios comparativos de implementación técnica en países en vías de desarrollo. Esto subraya la necesidad de superar la dependencia institucional y asegurar políticas públicas que asignen un presupuesto continuo para la actualización tecnológica.

El modelo T-learning se perfila como una alternativa sostenible de educación abierta en ingeniería, siempre que se garantice un ecosistema institucional que priorice financiamiento continuo, actualización tecnológica y formación docente contextualizada bajo el marco de la enseñanza inclusiva (Alba Pastor, 2016). La integración de la TV digital en el norte del departamento del Beni permite que dispositivos cotidianos actúen como laboratorios de aprendizaje, vinculando la teoría de la Hidráulica con la práctica territorial de forma equitativa.

Nuestro análisis de viabilidad confirma que el modelo t-learning, al integrarse sistemáticamente con los principios del UDL, constituye una alternativa pedagógica y tecnológica sólida y eficaz para la

enseñanza de Hidráulica I en contextos de baja conectividad, como lo que sucede en el norte del departamento del Beni.

*Sobre el aporte teórico y fortalecimiento de competencias técnicas.* Demostramos que la aplicación rigurosa de las pautas UDL maximiza la comprensión técnica. Al implementar la Pauta 1 (Percepción), que incluye ajustes visuales y alternativas auditivas, se garantiza un acceso equitativo a la información, logrando un potencial de retención de contenidos técnicos del 87% en la asignatura. Además, la incorporación de la Pauta 2 (Lenguaje y Símbolos) mediante glosarios interactivos y descripciones explícitas para la simbología hidráulica reduce los errores de interpretación de fórmulas complejas en un 60%, fundamentado en la clarificación sintáctica propuesta por Alba Pastor (2016). Finalmente, la Pauta 3 (Comprensión) incrementa la retención de conocimientos en un 32% y mejora la ejecución de actividades prácticas guiadas en un 90%, al vincular la teoría (ecuaciones de Bernoulli y flujo de canales) con problemas específicos de la región, como la erosión de los ríos locales.

*Sobre el aporte práctico y reducción de la brecha digital.* La arquitectura propuesta de TVDi/IPTV basada en nodos de gestión modular (Puerta Monsalve, 2019) sustituye efectivamente a las plataformas LMS convencionales en regiones donde la conexión a internet es inestable. Aprovechamos la alta penetración de la televisión digital para democratizar el acceso a la educación superior en ingeniería, reduciendo la inversión en infraestructura y la dependencia de dispositivos costosos. Este modelo demuestra que la TV interactiva, bajo un diseño inclusivo, es un motor de equidad educativa.

*Sobre la proyección de la herramienta.* Aunque identificamos la obsolescencia tecnológica y la dependencia institucional como riesgos críticos, establecemos que el T-learning se perfila como una solución sostenible. Para ello, proponemos que la corresponsabilidad entre la Universidad Autónoma del Beni “José Ballivián”, los gobiernos municipales y las comunidades es imperativa para garantizar el financiamiento continuo y la actualización tecnológica. La sostenibilidad del modelo reside en su capacidad para transformar dispositivos cotidianos en laboratorios de aprendizaje técnicos, asegurando que la formación de ingenieros en el norte del departamento del Beni sea pertinente, inclusiva y de calidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa no solo un esfuerzo académico, sino también el reflejo de una convicción colectiva: que es posible llevar educación de calidad a los rincones más olvidados de nuestra geografía. Agradezco sinceramente a los docentes rurales, estudiantes, expertos técnicos y líderes comunitarios que compartieron su tiempo, sus experiencias y sus sueños para construir este modelo educativo alternativo.

Nuestra gratitud se extiende a los investigadores cuyos estudios sirvieron de base teórica y metodológica, así como a las instituciones que facilitaron el acceso a recursos, datos y espacios de reflexión. Su colaboración fue vital para visibilizar la realidad de zonas donde educar implica vencer no solo la distancia física, sino la desigualdad estructural.

También reconocemos a nuestra familia y colegas de posgrado, cuyo respaldo emocional y profesional nos acompañaron en cada etapa del proceso. Gracias por alentarnos a creer que la

educación superior puede transformarse desde la periferia de mi casa superior de estudio Universidad Autónoma del Beni “José Ballivian”, en la Maestría de Educación Superior con tecnología adaptada, pedagogía contextualizada y una voluntad firme de construir futuro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba Pastor, C. 2016. Diseño Universal para el Aprendizaje: Educación para Todos y Prácticas de Enseñanza Inclusivas. Ediciones Morata, S.L. Madrid, España.
- Bustillo, E. & Aguilos, M. 2022. The challenges of modular learning in the wake of Covid-19: A digital divide in the Philippine countryside revealed. *Education Sciences* 12(7): 1–449.
- Malandog, R.P. 2022. Model development of Philippines’ deped television as a supplemental delivery mode during the Covid-19 pandemic. Tesis de doctorado Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Pathum Thani, Tailandia.
- Puerta Mosalve, H.L. 2019. Método para la personalización de contenidos educativos para T-learning. Tesis de maestría en ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.