



Recibido 13/04/2025  
 Aceptado 18/05/2025

## DESARROLLO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA APLICADA EN LA ENSEÑANZA DE LA HIDRÁULICA Y LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA STEAM

### DEVELOPMENT OF APPLIED TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE TEACHING OF HYDRAULICS AND SUSTAINABLE CONSTRUCTION THROUGH THE IMPLEMENTATION OF THE STEAM METHODOLOGY

Karla Karina Romero Valdez<sup>1</sup>, Víctor Manuel Martínez García<sup>2</sup>, Rosa Edilma Garzón González<sup>1</sup>, Yennifer Díaz Romero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Tecnología de Mazatlán, Universidad Autónoma de Sinaloa, Av. ejército mexicano y de los deportes S/N, Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>2</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Sinaloa, Av. ejército mexicano y de los deportes S/N, Mazatlán, Sinaloa, México.

<sup>3</sup>Unidad Académica de Ciencias de la Educación Mazatlán, Universidad Autónoma de Sinaloa, Av. ejército mexicano y de los deportes S/N, Mazatlán, Sinaloa, México.

Correo de autor de correspondencia: ingkarlaromero@uad.edu.mx

## RESUMEN

Este artículo basado en el estudio de caso llevado a cabo en la Facultad de Ingeniería y Tecnología de Mazatlán explora la implementación del enfoque educativo STEAM en el espacio universitario orientado hacia dos vertientes: el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica aplicados a la construcción sustentable que favoreció la creación de dos diferentes tipos de bloques destinados a la autoconstrucción de edificaciones y la propuesta de un octópodo de geopolímero como elemento de mitigación del impacto medioambiental y, por otro lado, el diseño de recursos de informática educativa, Cefficiency y Pmixer, software destinado al proceso de aprendizaje del área de la hidráulica, los cuales actualmente forman parte de los recursos didácticos institucionales. Estos proyectos que surgen a partir de la incorporación de la metodología activa tienen como objetivo potencializar las habilidades integrales en los estudiantes a través de la colaboración interdisciplinaria que favorece la construcción de conocimientos y la creación de soluciones viables a problemáticas del contexto ingenieril en el marco de la sostenibilidad.

## PALABRAS CLAVE

Metodología STEAM, Innovación tecnológica, sostenibilidad

## ABSTRACT

This article, based on the case study conducted at Facultad de Ingeniería y Tecnología de Mazatlán, explores the implementation of the STEAM educational approach in an university setting, focusing on two main aspects: the development of technological innovation projects applied to sustainable construction, which led to the creation of two different types of building blocks intended for self-construction, and the proposal of a geopolymer octopod as an element for environmental impact mitigation, as well as the design of education computing resources, Cefficiency and Pmixer, software geared toward supporting the learning process in the field of hydraulics, and currently part of the institution's didactic resources. These projects, which arise from the incorporation of an active methodology, aim to enhance students' comprehensive skill sets through interdisciplinary collaboration, fostering both the construction of knowledge and the creation of viable solutions to problems within an engineering context in the framework of sustainability.

## KEYWORDS

STEAM methodology, technological innovation, sustainability

## INTRODUCCIÓN

El notable impacto del desarrollo tecnológico en la dinámica social ha permitido la mejora orientada hacia la atención de las necesidades en los diferentes sectores. La tecnología es y ha sido fundamental en el progreso de las comunidades y en este contexto, una pertinente gestión sostenible es medular para potencializar los beneficios que su implementación conlleva a la par de acciones tendientes a aminorar los efectos negativos que su desarrollo genera sobre el planeta como en la sociedad misma.

La sostenibilidad [1] es un concepto presente en los discursos contemporáneos. Se ha convertido en un principio filosófico que implica la transformación de la sociedad tal y como la conocemos, en un transitar hacia un modelo social con mayor sentido de corresponsabilidad con el medio ambiente y con la promoción de una sociedad más justa y equitativa a través de la adopción de prácticas sostenibles.

En la actualidad, la educación se ha posicionado como un mecanismo fundamental de respuesta ante los desafíos actuales. Es eje dorsal para garantizar la sostenibilidad a través de cambios en los paradigmas educativos que conllevan al diseño de modelos pedagógicos vanguardistas caracterizados por incorporar de manera orgánica cuestiones esenciales para el desarrollo sostenible dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje [2].

Este escenario ha marcado la pauta para que las instituciones educativas de enseñanza superior integren en el espacio de formación académica, experiencias de aprendizaje a través de la inclusión de metodologías activas [3] que permitan al estudiante aproximarse al conocimiento y desarrollar competencias que promuevan el pensamiento crítico y la innovación como aporte hacia el progreso económico y la construcción de una sociedad más próspera.

Por otra parte, la ingeniería y la construcción sostenible como disciplinas comprometidas con la creación de soluciones tecnológicas armónicas con el progreso de la humanidad y el equilibrio ambiental, requieren de profesionistas con perfil integral, expertos sustentados en una base sólida de conocimientos técnicos y conciencia social, con capacidad de realizar la toma de decisiones y evaluación de impactos con visión de futuro.

En este sentido, el enfoque pedagógico STEAM [4] distintivo por sus siglas en inglés Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, es una metodología activa interdisciplinaria que ha venido a contribuir sustancialmente en el campo formativo de la ingeniería y la construcción sostenible (Figura 1).



Figura 1. Enfoque metodológico STEAM





Centrado en el aprendizaje y basado en la indagación [5], este modelo educativo constructivista posee sus cimientos en los fundamentos teóricos de Jerome Brunner y el aprendizaje por descubrimiento [6]. A través del Aprendizaje Basado en Proyecto (ABP) como estrategia pedagógica [7], se traslada una problemática del contexto ingenieril hacia un entorno educativo práctico y experimental permitiendo a los estudiantes interactuar activamente en la búsqueda y propuesta de solución abordando los desafíos desde diversas perspectivas, lo que favorece el proceso de construcción del conocimiento y el desarrollo de inteligencias múltiples [8].

La educación STEAM ha venido a nutrir significativamente el proceso formativo de los ingenieros preparándolos para afrontar las transformaciones tecnológicas futuras y cultivando competencias claves para el presente siglo XXI [9] teniendo como eje directriz el plan de acción global propuesto por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Agenda 2030, la cual establece 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) que articula las tres esferas de la sostenibilidad (económica, social y medioambiental) [10].

El objetivo general del presente trabajo es describir los proyectos de desarrollo de innovación tecnológica aplicados en el campo de enseñanza de la hidráulica y la construcción sustentable producto del proceso de implementación del enfoque metodológico STEAM en el escenario académico universitario.

Un análisis derivado del desarrollo de diversos proyectos de investigación realizados en la Facultad de Ingeniería y Tecnología de Mazatlán (FITEM) de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) que fueron concebidos mediante actividades integradoras que se promueven desde el seno institucional y que se transforman en proyectos de investigación con pertinencia social registrados ante Dirección General de Investigación y Posgrado (DGIP) y en los departamentos de servicio social universitario y prácticas profesionales con base en la misión y visión del modelo educativo UAS 2022.

La presente narrativa enfatiza en la presentación de resultados de los diversos proyectos enmarcados principalmente en cuatro ODS: educación de calidad, agua limpia y saneamiento, industria, innovación e infraestructura y ciudades y comunidades sostenibles. Sin embargo, es importante mencionar que, debido a la estrecha relación entre ellos, el efecto que se genera en un objetivo aporta al alcance de los demás.

Los proyectos de innovación tecnológica alusivos en este documento están relacionados con el diseño de elementos constructivos sustentables, así como con el desarrollo de proyectos de diseño de herramientas digitales educativas con aplicabilidad en el área de la hidráulica.

## DISEÑO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS SUSTENTABLES

El desarrollo de proyectos centrados en la creación de elementos constructivos sustentables contribuye de manera sustancial en la reducción del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente y en la atención a las necesidades de sectores poblacionales vulnerables.

El Bloque de concreto "Punta de flecha", bloque de plástico y octrápodo de geopolímero (Figura 2) son elementos a los que hace referencia este artículo son el resultado del trabajo investigativo y colaborativo llevado a cabo en la unidad académica a partir de la integración del enfoque metodológico STEAM.



Figura 2. Bloque de concreto "Punta de flecha", bloque de plásticos y octrápodo de geopolímero

### 2.1. BLOQUE DE PLÁSTICO

El bloque de plástico o Plastic Block surge como una alternativa para conformar un elemento utilizable en la autoconstrucción de muros modulares. Este proyecto consiste en el diseño y fabricación de un bloque hueco de plástico apilable, es decir, que puede colocarse de manera ordenada y estable, uno sobre otro hasta obtener el elemento arquitectónico deseado. Esta propuesta considera para la manufactura el uso exclusivo de plástico, con la finalidad de que las piezas sean utilizadas sin dificultad en la creación de muros y sus variantes.

### 2.2. OCTRÁPIDO DE HORMIGÓN A BASE DE POLÍMETOS MINERALES

Por otro lado, el diseño de piezas de hormigón en forma de octrápodo, es un proyecto que propone la elaboración de estos elementos con base en geopolímeros también denominados polímeros minerales, los cuales se obtienen a partir de la reacción de arcillas o cenizas volantes con álcalis. Esta forma en lo particular, permite una mayor superficie de contacto con el medio ambiente, lo que aumenta la eficiencia de la remediación ambiental, crucial para restaurar ecosistemas dañados por la contaminación. Estos elementos pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones tales como en el tratamiento de aguas residuales siendo útiles para remover contaminantes del flujo, remediación de suelos y protección de costas y estuarios de la erosión y como medio de fijación de lixiviados.

### 2.3. BLOQUE DE CONCRETO "PUNTA DE FLECHA"

Asimismo, es descrito el proyecto de diseño del prototipo de block extruido el cual consiste en la elaboración de un elemento de mampostería de concreto para construcción de muro extruido verticalmente, caracterizado por su forma de "V" invertida o "Punta de flecha". Este elemento dispone de dos perforaciones que facilitan el apropiado sistema de encaje durante su colocación. El proceso de fabricación de este elemento está basado en las recomendaciones y especificaciones establecidas en las Normas Técnicas Complementarias (NTC) de mampostería para elementos estructurales como no estructurales.

## HERRAMIENTAS DIGITALES EDUCATIVAS APLICADAS EN LA ENSEÑANZA DE LA HIDRÁULICA

La innovación tecnológica que tiene raíz a partir de los diversos procesos de investigación científica es parteaguas en términos educativos para transformar las experiencias de aprendizaje universitarias y el desarrollo de competencias claves para la inclusión en la actual era digital a través de la incorporación en los espacios académicos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) y las Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento (TAC's) [11].

Incluir el uso en la tecnología en el escenario curricular permite trascender más allá de las prácticas pedagógicas convencionales situando al proceso de enseñanza aprendizaje en enfoques educativos de vanguardia factibles de potenciar la formación integral de los estudiantes.

En la actualidad, la informática educativa [12] se ha convertido en una herramienta invaluable para el aprendizaje y para el acceso hacia entornos globales altamente digitalizados. Por lo tanto, la creación de recursos digitales educativos originados a partir del enfoque metodológico STEAM, genera con una intencionalidad educativa, herramientas didácticas que, de la mano con estrategias pedagógicas facilitan el acercamiento hacia el conocimiento en una atmósfera virtual de aprendizaje.

Particularmente en el ámbito profesional y educativo de la hidráulica, el uso de software para el dimensionamiento, modelado y simulación son cada vez más frecuentes. Programas como HCANALES, EPANET, HECRAS entre otros, son una muestra tecnológica para el diseño, operatividad y, por ende, optimización y aprovechamiento de los recursos hídricos.

### 3.1. PMIXER: MEZCLADOR RÁPIDO HIDRÁULICO

Entre los proyectos de innovación tecnológica creados a partir de la metodología STEAM se encuentra la aplicación Pmixer. Una herramienta diseñada con la finalidad de interpretar los parámetros de diseño de un mezclador rápido hidráulico y proporcionar las dimensiones pertinentes de una estructura que facilite una mezcla eficiente del coagulante dentro del proceso de potabilización del agua [13].

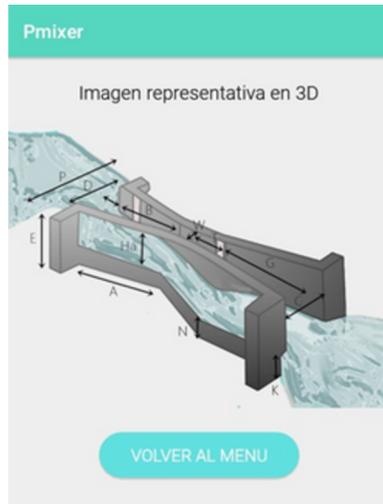


Figura 3. Aplicación Pmixer.

### 3.2. CEFFICIENCY: SOFTWARE PARA DISEÑO DE CANALES

Asimismo, en el espacio universitario fue desarrollado el software Cefficiency dirigido al diseño de canales bajo el criterio de máxima eficiencia hidráulica. Esta herramienta faculta al usuario, estudiante o profesionista en el campo de la hidráulica, el ingreso del caudal de diseño, el material de construcción de la estructura y la pendiente de fondo, permitiendo que el programa determine los parámetros hidráulicos y dimensionales de un canal de máxima eficiencia hidráulica distintivo por ser una sección con un menor perímetro mojado. Cefficiency es una herramienta informática que, en comparativa con otros programas similares, otorga la oportunidad al usuario de acceder no sólo a las soluciones, sino además permite la visualización de las ecuaciones empleadas en el diseño de la obra hidráulica, el proceso de cálculo y una imagen representativa del dimensionamiento del canal con sus parámetros hidráulicos, ventajas que convierten a Cefficiency en un valioso recurso didáctico el proceso formativo ingenieril [14].



Figura 4. Pantalla de resultados del programa Cefficiency

## MARCO METODOLÓGICO

El presente documento denominado Desarrollo de innovación tecnológica aplicada en la enseñanza de la hidráulica y la construcción sustentable a través de la implementación de la metodología STEAM es el resultado del esfuerzo compartido de los miembros y colaboradores del Cuerpo Académico Ingeniería y Educación Sustentable enmarcado en el Área del conocimiento Humanidades, Arquitectura y Desarrollo sustentable conformado por un equipo multidisciplinario integrado por arquitectos, ingenieros civiles, químicos y electrónicos, especialistas en urbanismo y educación. Es también la suma del trabajo colaborativo llevado a cabo por docentes y estudiantes de la unidad académica, prestadores de servicio social universitario y tesis conjuntamente con el ejercicio de vinculación interdisciplinar con alumnos de la Licenciatura de Ingeniería en Procesos Industriales y la Licenciatura en Informática.

La naturaleza de esta investigación está basada en el enfoque metodológico cualitativo de corte descriptivo, un estudio de caso derivado de la labor de desarrollo de innovación tecnológica impulsado desde el seno de la Facultad de Ingeniería y Tecnología de Mazatlán (FITEM) de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Un trabajo que parte de la compilación de diversos proyectos generados a partir de la implementación de la metodología STEAM, investigaciones que estuvieron orientadas bajo el enfoque cuantitativo de corte experimental a través de la investigación acción participativa.

Este artículo estuvo basado en una revisión exhaustiva correspondiente a una labor de rastreo documental relacionada con los diferentes proyectos de desarrollo de innovación tecnológica generados dentro de la unidad académica. Un estudio que tuvo como punto de partida, indagar sobre el origen de cada proyecto, su sustento teórico, el marco metodológico utilizado y, enfatizando principalmente en los resultados obtenidos de cada proyecto investigativo.

Como se ha hecho mención en párrafos anteriores, los proyectos de desarrollo de innovación tecnológica a los que hace alusión este documento estuvieron regidos bajo la metodología cuantitativa experimental existiendo similitud en relación con las etapas empleadas para su desarrollo (Figura 5).

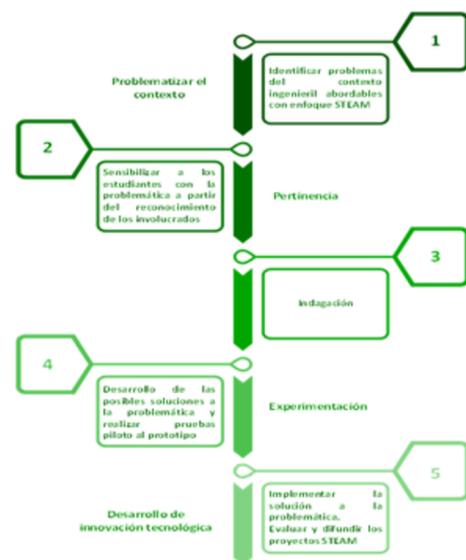


Figura 5. Fases de la metodología STEAM en el desarrollo de los proyectos de innovación tecnológica

### 4.1. FASE INICIAL: PROBLEMATIZAR EL CONTEXTO

La fase inicial de los proyectos descritos en esta investigación parte de la atención a diversas problemáticas detectadas en el contexto, o bien del interés de los miembros de cuerpo académico o estudiantes por un área o tema en específico.



## 4.2. PERTINENCIA

La segunda etapa funge como un acercamiento hacia el objeto de estudio con la finalidad de construir un diagnóstico, establecer los alcances y beneficios de los proyectos, así como estimar los recursos de toda índole necesarios para la ejecución.

Este encuentro desarrollado entre docentes y estudiantes, investigadores universitarios se suscita en el seno de la Universidad Autónoma de Sinaloa en la Facultad de Ingeniería y Tecnología de Mazatlán en el espacio operativo del Cuerpo Académico Ingeniería y Educación Sustentable, asimismo en el Departamento de Investigación y Posgrado de la Unidad Regional Sur.

## 4.3. INDIGACIÓN

Una vez establecida los lazos de comunicación se inicia la tercera fase: la indagación. Ésta consiste en llevar a cabo el proceso de investigación documental; el acervo que establece el estado del arte y el fundamento teórico y normativo que sustenta cada proyecto. A la par, se realizaron entrevistas semiestructuradas diseñadas como instrumento de diagnóstico que vierte información proveniente de expertos en el área, con el objetivo de extender el panorama acerca de la temática del proyecto e identificar variables válidas para la etapa experimental.

## 4.4. EXPERIMENTACIÓN

Culminadas las etapas anteriores y considerando la viabilidad del proyecto, se efectúa la planificación de la investigación y la acción, iniciando de esta manera el trabajo experimental. El proceso de experimentación estuvo definido en virtud del tipo de tecnología a desarrollarse.

### 4.4.1. FASE EXPERIMENTAL: ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS SUSTENTABLES

En el caso específico de los elementos constructivos sustentables, esta fase fue iniciada a través de la participación colaborativa de los estudiantes en la modelación digital a través del uso de herramientas computacionales permitiendo así, definir la forma y los parámetros dimensionales de los elementos.

Posteriormente, se dio paso a la construcción física del prototipo empleando diversos materiales de constitución con el propósito de encontrar la opción viable en términos de funcionamiento y sustentabilidad. Algunos prototipos realizados tal es el caso particular del bloque de mampostería punta de flecha fue sometido a pruebas de resistencia a la compresión tanto como en elemento individual como apilable para efecto del análisis comparativo con la normatividad vigente.

### 4.4.2. FASE EXPERIMENTAL: DISEÑO DE HERRAMIENTAS DIGITALES EDUCATIVAS

Para el caso del diseño de herramientas digitales educativas aplicadas en la enseñanza de la hidráulica, el ciclo experimental surgió a partir de la elección del sistema operativo y lenguaje de programación.

Esta actividad se desarrolló en entornos de cooperación interdisciplinar entre estudiantes de ingeniería civil e informática, quienes a su vez generaron el diseño de la plataforma interactiva y transformaron el código programable en un programa ejecutable para resolver problemas relacionados con temas del área de hidráulica.

## 4.5. DIFUSIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROYECTOS STEAM

Al culminar de manera satisfactoria las etapas anteriores se dio paso a la fase de divulgación de resultados e implementación de los proyectos tecnológicos desarrollados.

Con respecto a los elementos constructivos, los proyectos presentados en este compendio fueron presentados ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) para registro de patente obteniéndose el aval para el bloque de mampostería "punta de flecha" y el plastibloque, mientras que ocrápodo de geopolímero continúa aún en solicitud de admisión de registro. Es importante mencionar, que los resultados derivados de estos proyectos de investigación producto del trabajo colaborativo interdisciplinar docente - alumno, hoy forman parte del acervo académico institucional como instrumento de generación de conocimiento formando parte de artículos de divulgación y difusión en diversos textos científicos.

Asimismo, cabe resaltar que el proyecto de bloque "punta de flecha" está en proceso de evaluación para fabricación masiva como elemento de mampostería una vez que las pruebas de ensayo validen los resultados para ser utilizado en la autoconstrucción de viviendas sustentables.

En relación con las herramientas digitales aplicadas en el proceso de enseñanza de la hidráulica se han convertido en valiosos recursos pedagógicos que, incorporados de manera estratégica en las secuencias didácticas dentro del espacio áulico facilitan el aprendizaje mediante el uso de la tecnología educativa en el proceso formativo de los ingenieros civiles.

En este sentido, el marco metodológico expuesto, deja al descubierto el valor de la implementación de metodologías como el enfoque pedagógico STEAM en el proceso de formación activa de los estudiantes, facilitando el desarrollo de competencias sustentadas en los cinco pilares de la educación presentes en los modelos educativos de vanguardia.

## RESULTADOS

La educación STEAM en el escenario universitario ha contribuido de manera significativa al proceso formativo de los estudiantes de ingeniería civil al integrar los conocimientos teóricos, prácticos y actitudinales en el campo experimental mediante la intervención en proyectos relacionados con el contexto ingenieril potenciando así, el desarrollo de experiencias de aprendizaje.

El presente trabajo investigativo de corte descriptivo basado en el estudio de caso realizado en el espacio universitario de la FITEM tiene como finalidad detallar desde la perspectiva pedagógica los beneficios y alcances de la incorporación de la metodología STEAM en el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica. A partir de una planeación estratégica que define objetivos, acciones y recursos necesarios, los estudiantes son participantes en ambientes colaborativos en las diferentes fases del proceso.

### 5.1. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS SUSTENTABLES

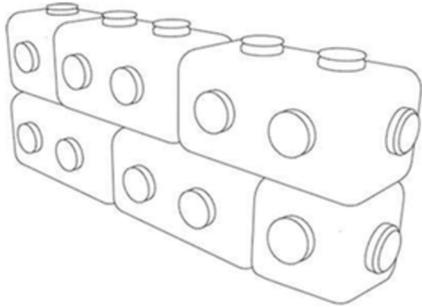
En los proyectos de innovación tecnológica centrados en el diseño de elementos constructivos, la participación del estudiante en el proceso creativo ha sido gradual con base en una planeación metodológica previamente establecida que indica las distintas etapas de intervención.

En general los tres elementos descritos en esta compilación son el resultado del trabajo de colaboración disciplinar principalmente de estudiantes de ingeniería civil en conjunto con prestadores de servicio social universitario de arquitectura. Esta dinámica ha fomentado el intercambio de conocimientos desde la generación de ideas, la elaboración de prototipos, las pruebas de ensayo en laboratorio y en algunos casos puntuales, la producción de piezas.

Cabe mencionar que el diseño del bloque de plástico y el block de mampostería de concreto "punta de flecha" surgen con la intención de atender a la población más vulnerable a través de la propuesta de materiales alternos con viabilidad para la autoconstrucción de viviendas u otros espacios.

Reconociendo los beneficios que la variedad de materiales plásticos representa para la sociedad actual y conscientes del impacto hacia el medio ambiente que esto conlleva, se genera esta iniciativa que se enfoca en promover su uso responsable a través de un proyecto de creación de bloques de construcción fabricado a partir de plástico reciclado y diseñados específicamente para la construcción de muros.

El proyecto de bloques de plástico (Figura 6) al que se hace alusión este documento surge como un prototipo caracterizado por disponer de orificios y subestructuras rellenables, con la finalidad de ofrecer una solución innovadora en términos de construcción sostenible [15]. Se busca que la elaboración de piezas se realice de forma individual para el fácil ensamblaje. La propuesta también considera que los elementos sean rellenos con arena o agua con el propósito de crear muros resistentes y con durabilidad debido a las características propias del plástico, que es considerado un material de larga vida y difícil de degradar por los microorganismos presentes en la naturaleza.



**Figura 6. Prototipo de block de plástico**

El desarrollo e implementación del bloque de concreto con una forma innovadora de "V" invertida (Figura 7) se sustenta en facilitar su uso en la construcción a través de una propuesta de mejora en el rendimiento en comparativa con los bloques convencionales en términos de mano de obra. Este mecanismo permite reducir significativamente la cantidad de aglomerante utilizado para unir estas piezas en cumplimiento con las normas mexicanas de mampostería para elementos estructurales NMX-C-404-ONNCCE 2013 y para uso de mampostería no estructural, Norma Mexicana NMX-C-441-ONNCCE 2013 que hace alusión a las piezas de bloques, ladrillos, tabiques y tabicones, así como piezas para celosías.



**Figura 7. Proceso de elaboración del bloque de concreto "Punta de flecha"**

Desde la etapa de concepción del elemento de mampostería hasta la fase actual del proyecto, se ha mantenido un arduo trabajo de cooperación e interacción docente - estudiante para desarrollar coordinadamente las acciones de conformación del sustento teórico - normativo, modelado de prototipos, selección de materiales de constitución del elemento estructural, tratamiento y dosificación de los agregados, establecimiento de la muestra, ensayos de laboratorio, evaluación de las pruebas físicas y mecánicas de los elementos de mampostería, así como la difusión de resultados obtenidos. Estas actividades son propiamente las fases del enfoque pedagógico STEAM. A la fecha de esta publicación se han realizado pruebas mecánicas de laboratorio de resistencia a la compresión en elementos individuales en los bloques de concreto, utilizando concreto convencional y mezclas con adición de PET residual, obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 1):

**Tabla 1. Resultados de pruebas mecánicas de resistencia a la compresión del bloque de concreto "Punta de flecha" por tipo de material de composición**

Material de composición	Resistencia a la compresión ( $kg/cm^2$ )
Concreto convencional	45
Residuos PET	20

Con base a estos datos vertidos de la fase experimental se puede observar que sólo las piezas fabricadas con concreto tradicional superan el valor mínimo de resistencia a la compresión como elemento no estructural ( $40 kg/cm^2$ ), siendo los resultados de mezcla con adiciones PET residual significativamente menores a lo establecido en la norma NMX-C-441-ONNCCE 2013.

En consecuencia, el equipo de trabajo continúa realizando adecuaciones a las dosificaciones, pero además se realizan pruebas para evaluar la resistencia de la mezcla con otras alternativas sostenibles como las adiciones minerales de conchas marinas, con un porcentaje de adición no mayor al 15%. En este sentido, este proyecto tecnológico sigue deconstruyéndose, lo que ha generado una mayor apertura para que la comunidad estudiantil continúe contribuyendo en la generación de nuevos conocimientos.

En lo referente al ocrápodo de geopolímero, es un proyecto de innovación tecnológica que surge como una propuesta de atención a problemáticas medioambientales (Figura 9). Fabricado con un material considerado entre los más ecológicos, compuesto principalmente por aluminio y silicio, la estructura ofrece una excelente resistencia a condiciones adversas, como ataques químicos y cambios bruscos de temperatura. Es importante mencionar que una de las tecnologías más prometedoras es el uso del geopolímero, un material sintético que imitan las propiedades de los minerales naturales caracterizado por ser resistente a la corrosión, lo que lo hace ideal para aplicaciones en ambientes agresivos. Adicionalmente, una ventaja de este material es que, durante su proceso productivo, las emisiones de gases de efecto invernadero son inferiores en comparativa con la producción del cemento tradicional.



**Figura 8. Modelación de la estructura forma de ocrápodo.**



**Figura 9. Fase de elaboración del prototipo de ocrápodo con geopolímero**



Como se ha hecho mención en párrafos anteriores, la labor conjunta de los estudiantes permitió generar una propuesta de diseño novedoso en forma de ocrópodo con una amplia superficie de contacto idónea para la remoción de contaminantes principalmente de flujos de agua y suelo. Este proyecto cuenta con solicitud de registro como propiedad intelectual ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI), sin embargo, aún en etapa de evaluación y mejora, dando apertura a la integración de más colaboradores.

**5.2. HERRAMIENTAS DIGITALES EDUCATIVAS APLICADAS EN LA ENSEÑANZA DE LA HIDRÁULICA**

En lo que respecta a las herramientas de informática educativa Cefficiency y Pmixer citadas en la sección introductoria de esta narrativa, estas se han convertido en recursos didácticos útiles en el proceso de la enseñanza de la hidráulica. La construcción de estas aplicaciones son el reflejo del trabajo interdisciplinar estudiantil presente desde la concepción, diseño y operatividad de los programas, permitiendo verificar procesos de cálculo y validar resultados de forma interactiva.

Particularmente Pmixer es una aplicación desarrollada para sistema operativo Android que se basa en el diseño de un canal Parshall, un mecanismo de aforo de caudales también utilizado dentro del proceso de potabilización de agua como mezclador hidráulico de coagulante. Esta herramienta educativa fue generada a través de la participación principalmente de alumnos prestadores de servicio social universitario de la licenciatura de ingeniería civil e informática, quienes generaron un proyecto de tesis de investigación de titulación y a su vez, un recurso didáctico hoy participe en el aprendizaje significativo de temas de las asignaturas de hidráulica de canales, hidrología y potabilización de agua.

En relación a su operatividad, Pmixer [13] permite la entrada de datos relacionados con el caudal de diseño, viscosidad absoluta y peso específico del fluido (Figura 10) dando paso a una serie de cálculos regidos bajo un sustento teórico, mostrando a detalle el procedimiento y las ecuaciones que hacen posible la validación del mecanismo como un canal idóneo para el mezclado rápido del coagulante a través del salto hidráulico que se genera (Figura 11).



Figura 10. Pantalla de presentación de la App y de ingreso de datos de entrada.

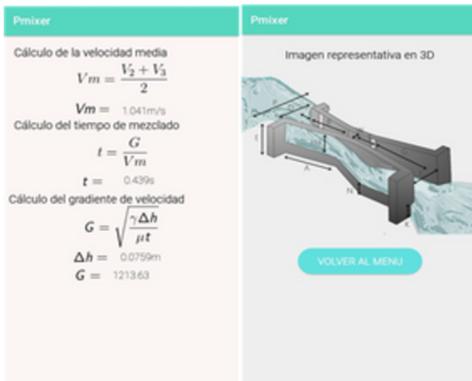


Figura 11. Detalle de procedimientos de cálculo, ecuaciones aplicadas y validación de resultados emitidos durante el proceso.

Mientras tanto, el programa Cefficiency diseñado para ambiente Windows es un software de diseño de canales bajo el criterio de máxima eficiencia hidráulica. Este programa desarrollado con la colaboración de estudiantes de último grado de la licenciatura en ingeniería civil de FITEM y prestadores de servicio social de FIMAZ tiene la finalidad proponer las dimensiones idóneas de un canal prismático que transporte un caudal específico, minimizando el perímetro mojado y, por consiguiente, reduciendo los costos de construcción a través de la disminución de volúmenes y profundidad de excavación.

Cefficiency es un programa que ofrece dos alternativas de diseño y dimensionamiento de canales. Una primera opción para canales de sección transversal rectangular, triangular, circular y trapecoidal fundamentadas en ecuaciones de perfiles óptimos (Figura 12) y adicionalmente propone una segunda alternativa para diseño de canales trapecoidales con relación de taludes diferentes a 60° en función principalmente a las características de estabilidad del suelo.

El programa permite al estudiante ingresar tres variables: gasto de diseño, coeficiente de rugosidad de Manning y pendiente de fondo (Figura 13), para proceder a mostrar el procedimiento, las ecuaciones base, así como los esquemas representativos con las dimensiones del canal resultante además de otros parámetros hidráulicos [14].



Figura 12. Determinación de las dimensiones de un canal rectangular de máxima eficiencia hidráulica.

Esta herramienta tecnológica hoy se encuentra disponible en un espacio virtual universitario de fácil acceso para la comunidad estudiantil y para aquellos usuarios que requieran de su instalación. Adicionalmente se menciona que Cefficiency es un proyecto tecnológico educativo difundido por los propios participantes en eventos estudiantiles nacionales y que fungió como base para un trabajo de investigación como opción de titulación de licenciatura. Actualmente, esta aplicación de fácil manejo es un recurso didáctico utilizado con confiabilidad en la unidad de aprendizaje de hidráulica de canales alcanzando una proyección internacional a través de colaboraciones llevadas a cabo a través de clases espejo producto de la vinculación interinstitucional entre FITEM y otras universidades con las que mantiene convenios académicos la UAS. Cefficiency como apoyo educativo permite la comparación de resultados obtenidos a través de métodos de aprendizaje convencionales en contraste con el uso de las TAC's en el marco de la sostenibilidad.



Figura 13. Diseño de un canal trapecoidal de máxima eficiencia hidráulica con relación de taludes de 60°.



## CONCLUSIONES

El engranaje de la metodología STEAM en el escenario universitario, particularmente en el campo de la ingeniería civil ha demostrado ser una estrategia pedagógica fundamental para el desarrollo de habilidades integrales en los estudiantes en un sentido holístico. Al integrar ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas en un mismo espacio, se prepara a los futuros ingenieros para afrontar los desafíos que impone una sociedad en constante movimiento.

Los proyectos de innovación tecnológica relacionado con el diseño de elementos constructivos sustentables y herramientas digitales aplicadas a la enseñanza de la hidráulica presentados en este artículo, evidencian la importancia de las relaciones interdisciplinarias mediante la sinergia entre participantes de diversas áreas que, conjuntamente con el asesoramiento del docente investigador han generado propuestas de soluciones creativas y viables a problemas del contexto desde el marco de la educación superior.

La Educación STEAM viene a contribuir sustancialmente a la misión y visión que promueve la Universidad Autónoma de Sinaloa en un modelo educativo [15] con enfoque humanista, centrado en el aprendizaje y constructivista y, con base en ello, desde el entorno educativo estas estrategias didácticas promueven la formación de profesionales competentes y comprometidos con el desarrollo de una sociedad más justa y equitativa.

## AGRADECIMIENTOS

Sin duda alguna, el presente trabajo de investigación no hubiera sido posible sin la labor y entrega de cada uno de los miembros colaboradores de los diferentes proyectos descritos en este documento.

El agradecimiento principal, al capital humano, los estudiantes miembros de FITEM y de otros campos formativos; prestadores de servicio social universitario, tesisistas y colaboradores voluntarios que participaron desde su espacio en el desarrollo de los proyectos de innovación tecnológica. A los docentes investigadores miembros del Cuerpo Académico Ingeniería y Educación Sustentable quienes elaboran la planeación metodológica, comparten la experiencia a través del asesoramiento continuo y dan oportuno seguimiento a las actividades. Asimismo, se externa el agradecimiento a todo el personal laboratorista universitario involucrado y aquellas empresas de la iniciativa privada que otorgan apoyo en las fases experimentales.

## REFERENCIAS

- [1] I. Pérez-Almeida y A. Romero-Santos, "La Sostenibilidad como Paradigma Socio-ecológico: Complejidad, Transdisciplinariedad y Desarrollo Sostenible", Departamento de Publicaciones Universidad ECOTEC: Samborondón – Ecuador, pp 38-40, octubre 2023.
- [2] A. Vilches y D. Gil-Pérez, "Educación para la Sostenibilidad", Repensar la Sostenibilidad, Capítulo 20, pp 373-389, enero 2020.
- [3] F. Fernández-de-Castro y R.A. Villegas-Pantoja, "Metodologías activas en educación superior: el caso de una universidad particular en México", European Public & Social Innovation Review, vol. 9, pp 1-15, septiembre 2024. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-631>.
- [4] J. P. Santillán-Aguirre, E. M. Jaramillo-Moyano, R. D. Santos-Poveda, V. D. C. Cadena-Vaca, "STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior" Polo del Conocimiento, vol. 5, no. 9, pp 467- 492, 2020.
- [5] R. M. Gillies, "Using Cooperative Learning to Enhance Students' Learning and Engagement during Inquiry-Based Science", Education Sciences, vol. 13, no. 12 1242, december 2023. <https://doi.org/10.3390/educsci13121242>.
- [6] M. I. Cedeño, M.P. Barreiro y J.Z. Acosta, 593 Digital Publisher CEIT, vol. 7, no. 1, pp 418-429, 2022. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.1.1014>.
- [7] S.S. Evenddy, N. Gailea & S. Syafrizal, "Exploring the Benefits and Challenges of Project-Based Learning in Higher Education", PPSDP International Journal of Education, vol. 2, no. 2, pp 458-469, november 2023. <https://doi.org/10.59175/pijed.v2i2.148>.

[8] S. Delgado-Rodríguez, R. García-Fandiño y R. González-García, "Estilos de Aprendizaje y Estilos de Enseñanza. Innovación educativa a través de los espacios y metodologías de enseñanza y aprendizaje en entornos STEAM" Revista de Estilos de Aprendizaje, vol. 16 no. 22 pp 1-4, noviembre 2023. <https://doi.org/10.55777/rea.v16i32.6314>.

[9] M. T. Carrillo-Hernández y B. Benavidez-Martínez, "El currículo en el siglo XXI: competencias, identidades y profesiones", Pedagogía y Saberes, vol. 57, pp 25-37, julio 2022. <https://doi.org/10.17227/pys.num57-13577>.

[10] C. Calles C, "ODS y Educación Superior. una mirada desde la función de investigación", Revista Educación Superior y Sociedad, vol. 32, no. 2, pp.167-201, julio 2020.

[11] L. Zahorodnia, Y. Protsko, T. Pakhomova, O. Titarenko & Y. Luchko Y, "The Role of Information and Communication Technologies in Students' Academic Achievements", Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade, vol. 17, no. se1, pp 147-158, april 2024. <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse1.147-158>.

[12] M. Akour & M. Alenezi, "Higher Education Future in the Era of Digital", Education Sciences, vol.12, no.11, 784, november 2022. <https://doi.org/10.3390/educsci12110784>.

[13] K. K. Romero, R.E. González, V.M. García y Y. Romero. "Diseño de herramientas digitales educativas aplicables en el proceso formativo de los estudiantes de ingeniería", Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas, vol. 7, no. 1, pp 50-55, diciembre 2023. <https://doi.org/10.61530/redtis.vol7.n1.2023.180.50-55>.

[14] M. A. Morales, K.K. Romero y R.E. González, "Aplicación del software educativo Cefficiency para el diseño de canales de máxima eficiencia hidráulica", Revista de Investigación Tecnológica RITI, vol 7, no. 13, pp 101-106, enero 2019.

[15] UAS 2022 "Modelo Educativo UAS 2022" Universidad Autónoma de Sinaloa