Integrated Model for Humanitarian Engineering (IMHE): Participatory Design, Empathy, and Holistic Evaluation in Multi-Stakeholder EsfSF Projects

~~Título en inglés~~

Rubén Gómez Sánchez S, Msc.
Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, rgomezsanchez@uni.edu.pe ~~No se garantiza la revisión por pares doble ciego de los autores si aparecen los autores.~~
~~Después de la aceptación, se carga la versión final con los autores y sus afiliaciones.~~

***Abstract*–.** *The "Integrated Model for Humanitarian Engineering (IMHE): Participatory Design, Empathy, and Holistic Evaluation in Multi-Stakeholder EsfSF Projects" proposes a methodological framework that combines technical, social, and ethical approaches to address critical problems in vulnerable communities. This model, usually implemented by Energy Without Borders (EsfSF), is structured in five stages: problem identification, collaborative design, implementation of sustainable technologies, impact assessment, and continuous improvement. Through its implementation in 32 countries, the IMHE has benefited more than 520,0005,7 million people through projects providing access to drinking water, clean energy, and sanitation, achieving impacts such as a 40% reduction in diseases related to contaminated water and 85% technological sustainability in its solutions.*

Its main contributions include participatory design, which ensures cultural relevance and sustainability; holistic evaluation, which measures social, environmental, and economic impacts; and technological adaptability, which adjusts solutions to local constraints. Furthermore, the model fosters the development of empathetic and ethically responsible engineers.

The paper also highlights the contribution of Gómez Sánchez's (2021) Problem/Solution/Product/Project (PSPP) model, which complements the MIIH by structuring the transition from social problems to viable projects. This approach promotes technical innovation and ethical commitment among engineering students.

Together, the MIIH and the PSPP represent a significant step toward more inclusive and sustainable humanitarian engineering, aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) and centered on human dignity, social justice, and multi-stakeholder collaboration.

Keywords: *Humanitarian engineering, Participatory design, Empathy, Holistic assessment, multi-stakeholder projects, Sustainable development*

Con formato: Centrado

Comentado [MM1]: Esta cifra no está testada en Esf. No sé de dónde sale

Comentado [MM2]: No está testada, Se está trabajando en conseguir una cifra

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Modelo Integrado para Ingeniería Humanitaria (MIIH): Diseño Participativo, Empatía y Evaluación Holística en Proyectos Multiactor de EsfSF

No se garantiza la revisión por pares doble ciego de los autores si aparecen los autores.
Después de la aceptación, se carga la versión final con los autores y sus afiliaciones.

***Resumen*— *El artículo "Modelo Integrado para Ingeniería Humanitaria (MIIH): Diseño Participativo, Empatía y Evaluación Holística en Proyectos Multiactor de EsfSF" propone un marco metodológico que combina enfoques técnicos, sociales y éticos para abordar problemas críticos en comunidades vulnerables. Este modelo, implementado habitualmente por Energía sSin fFronteras (EsfSF), se estructura en cinco etapas: identificación de problemas, diseño colaborativo, implementación de tecnologías sostenibles, evaluación de impacto y mejora continua. A través de su aplicación en 32 países, el MIIH benefició a más de 520,000.7 millones de personas mediante proyectos de acceso a agua potable, energía limpia y saneamiento, logrando impactos de como la reducción importante del 40% en enfermedades relacionadas con agua contaminada y un significativo valor 85% de sostenibilidad tecnológica en sus soluciones.**

***Entre sus principales aportes destacan el diseño participativo, que garantiza relevancia cultural y sostenibilidad; la evaluación holística, que mide impactos sociales, ambientales y económicos; y la adaptabilidad tecnológica, que ajusta las soluciones a las restricciones locales. Además, el modelo fomenta la formación de ingenieros empáticos y éticamente responsables.**

***El trabajo también resalta la contribución del modelo Problema/Solución/Producto/Proyecto (PSPP), según [1], de Gómez Sánchez (2021), que complementa al MIIH al estructurar la transición de problemas sociales a proyectos viables. Este enfoque promueve la innovación técnica y el compromiso ético entre los estudiantes de ingeniería.**

***En conjunto, el MIIH y el PSPP representan un avance significativo hacia una ingeniería humanitaria más inclusiva y sostenible, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y centrada en la dignidad humana, la justicia social y la colaboración Multiactor.**

Palabras clave:* *Ingeniería humanitaria, Diseño participativo, Empatía, Evaluación holística, Proyectos Multiactor, Desarrollo sostenible

II. MATERIALES Y METODOS

A. Ingeniería Humanitaria

Según [2][1] es una disciplina que aplica principios técnicos y sociales para resolver problemas en comunidades vulnerables, priorizando la equidad, sostenibilidad y participación activa de los beneficiarios. Combina innovación tecnológica con enfoques éticos y empáticos para mejorar la calidad de vida.

Según [3][2] lLa ingeniería humanitaria es la aplicación de principios de ingeniería para mejorar las condiciones de vida de comunidades marginalizadas y desfavorecidas. Se enfoca en desarrollar soluciones apropiadas, sostenibles y accesibles que respondan a necesidades básicas como agua potable, energía limpia, saneamiento, refugio y acceso a mercados. Según [4][3] eEste enfoque busca promover la dignidad humana, la justicia social y los derechos fundamentales a través del diseño participativo y la colaboración Multiactor.

Según, [5][4] lLa ingeniería humanitaria es una disciplina transformadora que combina innovación tecnológica con sensibilidad social para resolver problemas críticos en comunidades vulnerables. Su enfoque interdisciplinario, ético y participativo la posiciona como una herramienta clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en áreas como agua limpia (ODS 6), energía asequible (ODS 7) y acción climática (ODS 13) [6][5]

Con las definiciones presentadas se ha efectuado un ordenamiento de las ideas y se tiene, lo siguiente:

La ingeniería humanitaria es una disciplina que combina principios técnicos, éticos y sociales para diseñar soluciones sostenibles que mejoren la calidad de vida en comunidades vulnerables. Este enfoque busca responder a necesidades básicas como agua potable, energía limpia, saneamiento, vivienda y acceso a mercados, promoviendo la dignidad humana, la justicia social y los derechos fundamentales.

Se caracteriza por integrar innovación tecnológica con sensibilidad social, priorizando la participación activa de los beneficiarios y la colaboración Multiactor. Además, se enfoca en adaptar las soluciones a las restricciones económicas, sociales y ambientales del contexto local. Este enfoque interdisciplinario no solo resuelve problemas críticos, sino que también contribuye directamente a los

Comentado [MM3]: No está testado

Con formato: Resaltar

Comentado [MM4]: No está testado

Con formato: Fuente: Sin Negrita, Color de fuente: Negro

Con formato: Fuente: Sin Negrita, Color de fuente: Negro

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en áreas como agua limpia (ODS 6), energía asequible (ODS 7) y acción climática (ODS 13).

La ingeniería humanitaria se distingue por su capacidad para desarrollar tecnologías apropiadas y accesibles mediante procesos participativos que involucran a comunidades locales, gobiernos, ONGs y otros actores clave. Su objetivo final es garantizar que las soluciones técnicas no solo sean viables desde un punto de vista práctico, sino también inclusivas y culturalmente relevantes.

En la figura 1 se presenta el mapa mental de la ingeniería humanitaria.
[7]

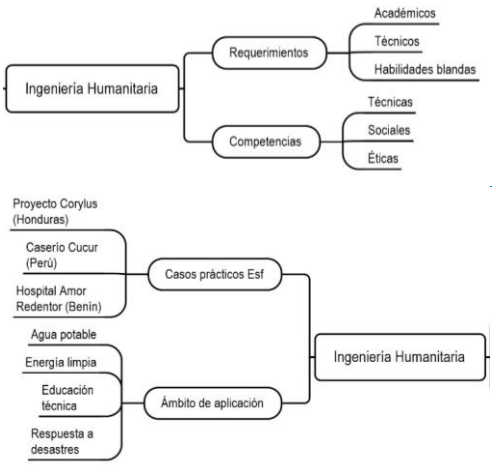


Fig. 1. (a), (b) Detalle de requisitos, ámbito y competencias de acción de la ingeniería humanitaria [8]

Particularidades

La ingeniería humanitaria tiene características únicas que la diferencian de otras ramas de la ingeniería (ver la figura 2):

a. Diseño participativo:

Las soluciones son co-creadas con las comunidades beneficiarias para garantizar su relevancia cultural y sostenibilidad [9].

b. Enfoque interdisciplinario:

Según, [4] combina ingeniería con disciplinas como salud pública, ciencias sociales y economía para abordar problemas complejos [6].

c. Adaptabilidad tecnológica:

Utiliza tecnologías apropiadas que se ajustan a las limitaciones estructurales, culturales y económicas del contexto local [9].

d. Ética centrada en el usuario:

Promueve la empatía, la dignidad humana y el respeto por los derechos fundamentales[5].

e. Impacto medible:

Evalúa resultados en términos sociales (reducción de enfermedades), ambientales (disminución de emisiones) y económicos (mejora en ingresos familiares) [10]

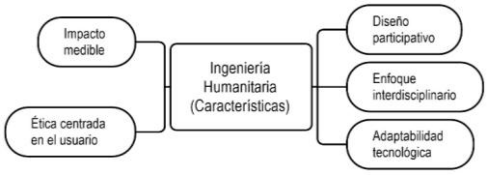


Fig. 2. Ingeniería humanitaria características.

B. Problemáticas que la Ingeniería Humanitaria debería atender

La ingeniería humanitaria, se orienta a resolver problemáticas críticas en comunidades vulnerables, priorizando la equidad, sostenibilidad y participación activa. Estas problemáticas abarcan necesidades humanas fundamentales y desafíos globales contemporáneos. En la figura 3 se presenta la problemática que tendría como foco de atención la ingeniería humanitaria. En la tabla 1 se detallan los rubros que pueden ser atendidos por la ingeniería humanitaria.

TABLA 1
LINEAS DE REQUERIMIENTOS QUE ATIENDE LA INGENIERIA HUMANITARIA

Rubros	Brechas potenciales a ser atendidas
Accesos a recursos básicos	• Falta de agua potable: Más de 1.1 mil millones de personas carecen de acceso a agua limpia. [11][9] • Energía asequible: 770 millones de personas no tienen acceso a electricidad. [6][5] • Saneamiento deficiente: Más de 2 mil millones carecen de instalaciones sanitarias adecuadas. [11][9]
Desigualdad social y económica	• Pobreza extrema: 9.2% de la población mundial vive con menos de $2 al día. [12][10] • Desigualdad tecnológica: Brechas en el acceso a tecnologías básicas y avanzadas. [13][11]
Impactos del cambio climático	• Incremento en desastres naturales como inundaciones, sequías e incendios forestales. [14][12] • Vulnerabilidad energética en comunidades rurales afectadas por fenómenos climáticos extremos. [15][13]
Crisis humanitaria	• Desplazamientos forzados: Más de 108 millones de personas desplazadas debido a conflictos o desastres naturales. [16][14] • Inseguridad alimentaria: 815 millones sufren hambre crónica debido a sistemas agrícolas ineficientes o degradación ambiental. [11][9]
Salud publica	• Enfermedades relacionadas con agua contaminada (diarrea, cólera): Causan más de 5 millones de muertes anuales [11][9] • Contaminación del aire interior por combustibles sólidos: Responsable de 1.6 millones de muertes al año. [11][9]

~~Figura 3~~

Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Color de fuente: Negro
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Inglés (Reino Unido)

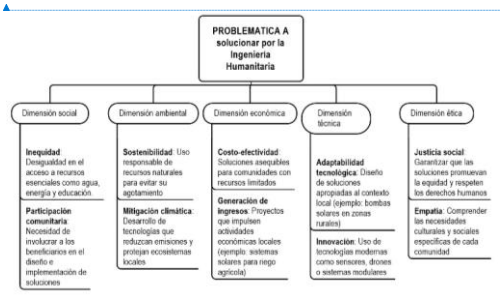
Fig. 3. Problemática y dimensiones a atender ingeniería humanitaria [3].

Elaboración propia

TABLA 2
DETALE DE DIMENSIONES Y PROBLEMAS A SOLUCIONAR

Dimensión Social	Dimensión Ambiental	Dimensión Económica	Dimensión Técnica	Dimensión Ética
Inequidad: Desigualdad en el acceso a recursos esenciales como agua, energía y educación.	Sostenibilidad: Uso responsable de recursos naturales para evitar su agotamiento.	Costo-efectividad: Soluciones asequibles para comunidades con recursos limitados.	Adaptabilidad tecnológica: Diseño de soluciones apropiadas al contexto local (ejemplo: bombas solares en zonas rurales).	Justicia social: Garantizar que las soluciones promuevan la equidad y respeten los derechos humanos.
Participación comunitaria: Necesidad de involucrar a los beneficiarios en el diseño e implementación de soluciones.	Mitigación climática: Desarrollo de tecnologías que reduzcan emisiones y protejan ecosistemas locales.	Generación de ingresos: Proyectos que impulsen actividades económicas locales (ejemplo: sistemas solares para riego agrícola).	Innovación: Uso de tecnologías modernas como sensores, drones o sistemas modulares.	Empatía: Comprender las necesidades culturales y sociales específicas de cada comunidad.

Elaboración propia



~~D.~~ *Modelo desarrollado por el MIT: CDIO (Concebir-Diseñar-Implementar-Operar)*

Según, [17][15] El modelo CDIO, desarrollado por el MIT, es un marco educativo innovador diseñado para formar ingenieros preparados para enfrentar los desafíos del mundo real. Este enfoque integra los fundamentos técnicos de la ingeniería con habilidades prácticas y profesionales necesarias para concebir, diseñar, implementar y operar sistemas y productos reales. De acuerdo con [17][15] fue creado inicialmente por el Departamento de Aeronáutica y Astronáutica del MIT en colaboración con universidades suecas y ha evolucionado hasta convertirse en una iniciativa global adoptada por instituciones educativas en todo el mundo.

Según, [17][15] el modelo CDIO (Concebir-Diseñar-Implementar-Operar) fue desarrollado por el MIT como respuesta a una serie de problemas identificados en la educación en ingeniería, particularmente en su desconexión con las demandas del mundo real.

Según, [17][15] los problemas que motivaron el desarrollo del modelo CDIO fueron los mostrados en la tabla 2.

TABLA 2
FALENCIAS Y FACTORES QUE MOTIVARON AL MIT DESARROLLAR EL MODELO CDIO

Brecha/Deficiencia	Antecedentes de sustento
Brecha entre la Educación en Ingeniería y las Necesidades del Mundo Real	**Contexto histórico:** • Después de la Segunda Guerra Mundial, la educación en ingeniería experimentó un cambio significativo al priorizar los aspectos teóricos y científicos, relegando la formación práctica y las habilidades necesarias para resolver problemas reales. Este enfoque generó una desconexión notable entre el ámbito académico y las demandas del entorno profesional [17][15]. • Durante las décadas de 1980 y 1990, Durante las décadas de 1980 y 1990, la brecha entre la academia y el mundo profesional se amplió aún más. Los programas educativos se enfocaron principalmente en desarrollar conocimientos técnicos especializados, dejando de lado la enseñanza de habilidades prácticas, interpersonales y profesionales esenciales para enfrentar los desafíos reales en el ejercicio de la ingeniería para el ejercicio efectivo de la ingeniería en contextos reales [17][15].
Expectativas de la Industria y Acreditadoras	**Listas de deseos de la industria:** • Líderes industriales y acreditadoras como ABET identificaron que los ingenieros necesitaban un conjunto más amplio de competencias para ser exitosos: o Comprensión interdisciplinaria. o Perspectiva sistémica. o Habilidades para concebir, diseñar, implementar y operar sistemas complejos [17][15]. **Falta de preparación para el mercado laboral:** • Los empleadores reportaron que los graduados requerían capacitación adicional para desempeñarse eficientemente en sus roles [17][15].
Desmotivación Estudiantil	**Falta de conexión práctica:** • Los estudiantes consideraban que los programas eran demasiado teóricos y alejados de las aplicaciones prácticas, lo cual reducía su interés por la ingeniería [18][16]. • La falta de proyectos prácticos y experiencias reales disminuía la satisfacción estudiantil y aumentaba las tasas de deserción [19][17].
Cambios Globales y Nuevos Retos	**Era post-Guerra Fría:** • La ingeniería comenzó a enfrentar nuevos desafíos globales relacionados con

Con formato: Fuente: Arial Narrow, 8 pto
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Tabla con formato
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Arial Narrow, 7 pto
Con formato: Fuente: Sin Cursiva
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Normal, Sin viñetas ni numeración
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato ...
Con formato: Inglés (Reino Unido)

	sostenibilidad, innovación tecnológica y colaboración internacional [17].
	Demanda por habilidades éticas y sociales: • Se identificó la necesidad de formar ingenieros capaces de abordar problemas complejos desde una perspectiva ética e interdisciplinaria, considerando impactos sociales, económicos y ambientales [18].
Falta de Innovación Pedagógica	**Métodos tradicionales obsoletos:** • La enseñanza pasiva (clases magistrales) no fomentaba el aprendizaje activo ni la integración interdisciplinaria [17][15]. • Los currículos no estaban diseñados para reflejar la naturaleza colaborativa e iterativa del trabajo real en ingeniería [19][17].

Según, [17][15] el modelo CDIO fue concebido para transformar la educación en ingeniería al alinearla con las demandas reales del mundo profesional. Responde a problemas históricos como la desconexión entre teoría y práctica, las expectativas no cumplidas de la industria, la falta de motivación estudiantil y los retos globales emergentes. Asimismo, según [17][15] su implementación ha demostrado ser efectiva para formar ingenieros integrales con habilidades técnicas, personales e interpersonales necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

E.C. ONG Energía sSin fFronteras

Aspectos estratégicos

Según, [20][18] la misión de EsfSF es:

Llevar a cabo programas y proyectos para el acceso a la energía en las zonas más vulnerables

Contribuir al pleno ejercicio de los derechos de los más vulnerables, proporcionándoles el acceso a servicios de energía, agua y saneamiento accesibles, sostenibles y seguros mediante programas, proyectos, estudios, actividades de formación y asesoramiento u otras iniciativas, en colaboración con aliados, amigos y otros actores que compartan el objetivo de conseguir una sociedad más justa e igualitaria.

Según, [20][18] la visión de EsfSF es:

Aumentar el impacto de EsfSF mediante programas y alianzas clave

Estamos especializados en los ODS 6 y 7 (Agua y Energía). Somos una organización fuerte, comprometida, y con capacidad técnica y de gestión que puede apoyar todavía más a que los más vulnerables mejoren su calidad de vida y opten a un desarrollo justo y sostenible.

Podemos impactar más organizando, además, nuestros proyectos en programas focalizados en zonas desfavorecidas uniéndonos a otras organizaciones que comparten nuestros fines.

Cifras macro de EsfSF

Según, [21][19] se presentan las cifras macro más importantes de EsfSF en la tabla 3:

TABLA 3
DATOS MACRO DE ENERGIA SIN FRONTERAS (ESF)

Cifras Macro	Datos claves
Años de experiencia	20 años
Personas beneficiadas	521,092721,092
Ámbito de actuación	32 países
Horas anuales de voluntarios	20,000
Inversión acumulada (€)	7,01,434
Total, proyectos realizados	127 proyectos
• Proyectos de energía	79
• Proyectos agua	16
• Proyectos Agua y energía	20
• Estudios y simbolización	12
Total	127 proyectos

Proyectos culminados

Según, [22][20] se presenta una selección de n los proyectos culminados porde EsfSF en los últimos diez años en la tabla 4:

TABLA 4
PROYECTOS CULMINADOS SELECCIONADOS DE ESF

Rubro	Nombre del Proyecto	País	Descripción
AGUA			
	Abastecimiento de agua potable y saneamiento para la Aldea de Miraseolito	Honduras	Suministro de agua potable para mejorar la calidad de vida de la comunidad.
	Mejora del acceso al agua potable para la aldea de Banefrío Mifi	Camerún	Instalaciones de agua potable y mantenimiento comunitario.
	Acceso a agua potable, saneamiento y promoción de la higiene en Mock Sud	Camerún	Abastecimiento de agua potable para la escuela y el poblado.
	Derecho al agua potable en Cucur	Perú	Bombeo fotovoltaico para acceso al agua potable y abrevadero.
	Derecho al agua potable en Tierras Duras del Virrey	Perú	Sistema de bombeo fotovoltaico para agua potable y empoderamiento femenino.
	Acceso al agua potable en Kabuye	RD Congo	Captación de agua para el hospital y 10,000 habitantes.
	Garantizar el acceso a agua potable en la comunidad de Los Jaimes	Perú	Novena acción en el distrito de La Matanza para acceso al agua.
	Programa de mejora del acceso al agua en La Matanza	Perú	Bombeo fotovoltaico para cinco caseríos.
	Acceso a la energía limpia y sostenible y derecho al agua en Kpakpamé	Benín	Asesoramiento técnico para agua en la maternidad.
	Mejora del acceso a la educación en Banyo	Camerún	Electrificación solar para bombeo de agua en la escuela.
ENERGÍA			

Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Fuente: 8 pto
Con formato: Inglés (Reino Unido)

Formación en Energía Fotovoltaica a jóvenes (Fase III)	Togo	Capacitación teórica y práctica en energía fotovoltaica.
Aula Solar Pepe Salle en el centro de formación profesional de Kara (Fase II)	Togo	Formación en sistemas eléctricos para jóvenes.
Alumbrado para el internado Segbana	Benín	Instalación de red eléctrica para el internado.
Mejora de la atención sanitaria en el dispensario de Gio Dijgbé	Benín	Electrificación del dispensario médico y residencia.
Acceso a la energía en el hospital de Dangbó	Benín	Sistema fotovoltaico para garantizar electricidad en operaciones.
Mejora de la energía en la leprosería de Madjré	Benín	Bombeo fotovoltaico y campo solar para el centro médico.
Mejora del acceso a la energía eléctrica en la biblioteca de Kpari Il	Benín	Electrificación solar para la biblioteca.
Energía y empoderamiento femenino en Lokotomé	Benín	Farolas fotovoltaicas para la cooperativa de mujeres.
Fortalecimiento de derechos de personas con discapacidad en Bukavu (Fase I y II)	RD Congo	Electrificación del centro Heri Kwetu.
Energía en la ecoaldea de Nyumbani I y II	Kenia	Micro red eléctrica para infraestructuras comunitarias.
Evaluación del impacto de proyectos de electricidad en ZNI	Colombia	Diagnóstico de zonas sin acceso a electricidad.
Agroecológica La Playa	Colombia	Energía eléctrica para la institución educativa agrícola.
Proyecto Corylus: Acceso a energía en Yoro (Fase I, II, III)	Honduras	Electrificación de viviendas y capacitaciones en energía y género.
Electrización sostenible del aula de bioconstrucción Gomecello	España	Paneles solares para energía sostenible.
Energía solar para casa de adultos mayores en Jaén	España	Sistema fotovoltaico y aerotermia para reducir costes energéticos.
OTRAS LÍNEAS		
Reactivación de la actividad agrícola post-COVID con enfoque de género	El Salvador	Asesoría en agua y energías renovables para agricultura.
Comunidades saludables, igualitarias y libres de violencia	Perú	Mejora de instalaciones sanitarias y
Lucha frente a la violencia de género	España	empoderamiento femenino. Instalación solar en albergue para víctimas de violencia.

Impacto en la calidad de vida de los beneficiados

De la revisión de los proyectos culminados de EsfSF se aprecia fácilmente las formas en la cuales inciden en la mejora de calidad de vida de los usuarios.

Acceso a recursos básicos: Los proyectos caracterizados mejoran el acceso a agua potable y energía, lo que impacta directamente en la salud, educación y oportunidades económicas de las comunidades [23][21].

Reducción de desigualdades: Al enfocarse en poblaciones marginadas, estos proyectos contribuyen a cerrar brechas tecnológicas y sociales [24][22].

Sostenibilidad a largo plazo: El uso de tecnologías renovables y la capacitación comunitaria aseguran que los beneficios sean duraderos y no dependan exclusivamente de ayuda externa [25][23].

Fomento del bienestar social: La mejora en las condiciones básicas crea un entorno más seguro y digno para los beneficiarios, fortaleciendo su autonomía y calidad de vida [26][24]

Como resultado de los proyectos de EsfSF clasificados por el rubro: agua, energía, se han revisado con mayor detenimiento y en la figura 6 se presentan las características típicas de los proyectos de EsfSF. Un tema muy importante que debe resaltarse en la participación de las mujeres en los proyectos de EsfSF este criterio clave ayuda a la sostenibilidad de los proyectos ejecutados.

Según la figura 5 los proyectos culminados de EsfSF tienen en común las siguientes características:

- Enfoque en el desarrollo sostenible
- Uso de tecnologías sostenibles
- Impacto comunitario
- Participación ciudadana
- Adaptación a contextos locales
- Integración multisectorial

Presencia de EsfSF en el mundo

Energía sSin fFronteras, según [27][25] establece que su razón de ser es:

- El acceso a la energía y al agua es indispensable si la meta es reducir la pobreza, asegurar los Derechos Humanos y el cumplimiento de los ODS.
- La llegada de la electricidad y del acceso al agua, no solo afectan al ODS 7 y 6, sino a todos los otros 15 ODS.
- La electrificación limpia se considera el principal driver de descarbonización de la economía mundial.

Y, por otro lado, las estadísticas, según [27][25] son alarmantes y representa riesgos globales para la humanidad:

Con formato: Inglés (Reino Unido)

a. 675 millones de personas no tienen acceso a la electricidad. El acceso universal a la electricidad renovable ayudará a combatir el cambio climático, que desde la ONU se considera el principal problema de la Humanidad
b. 2.300 millones de personas utilizan leña para cocinar y calentarse, el 93% en África subsahariana y el 83% en áreas rurales.
c. Cada día mueren 5.000 niños por falta de agua potable y 2.600 millones de personas no tienen saneamiento básico. Estos problemas se concentran en las áreas rurales, y especialmente en las comunidades más aisladas.
d. Gran parte de los más de 8 millones de personas que mueren cada año en el mundo por contaminación, se producen por el uso de cocinas ineficientes y quema de combustibles fósiles.

En la figura 4 se presenta gráficamente la presencia de Esf en el mundo.

Figura 4

Presencia de Esf en el mundo, según [27]

F.D. Enfoque de percepción, empatía en la práctica de la ingeniería. Investigación Justin L. Hess

Los estudios de Hess [28] se centran en la importancia de la empatía y la atención en la práctica de ingeniería, dos conceptos tradicionalmente evaluados en esta área. Al desarrollar cuestionarios de empatía y atención (ECQ Empathy and Care Questionnaire) es un instrumento psicométrico desarrollado por Justin L. Hess y su equipo para medir las percepciones de los ingenieros sobre la empatía y el cuidado en su práctica profesional. De acuerdo con [28] el estudio prueba cómo los ingenieros perciben la existencia, importancia, beneficios potenciales, valores relacional y capacidad de aprendizaje de estas competencias en su práctica profesional. Los principales descubrimientos son:

Percepción general: los ingenieros reconocen que la empatía y el cuidado son aspectos esenciales de las relaciones laborales, como la comunicación efectiva, los diseños de los usuarios y las decisiones éticas.

Desconexión entre importancia y práctica: aunque se perciben como importantes, los ingenieros creen que estos valores no están suficientemente integrados en el entorno de trabajo o en la capacitación académica.

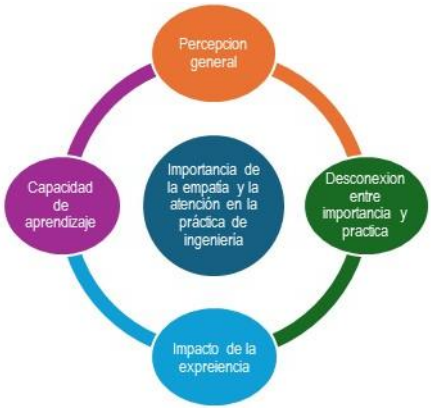
Impacto de la experiencia: los ingenieros con años de experiencia valoran más estos atributos, lo que sugiere que su importancia se puede ver con el tiempo.

Capacidad de aprendizaje: hay escepticismo sobre si estas habilidades se pueden adquirir, especialmente durante la universidad.

La figura 5 detalla el modelo de la investigación realizada por Justin L. Hess en cuanto a la importancia de la empatía y la atención en la práctica de la ingeniería.

Figura 5

Modelo según aporte de Justin L. Hess [28]



Las principales ideas y aportes

Reorientación del papel del ingeniero: Hess señala que la empatía y la atención deben ser componentes importantes del perfil profesional de la ingeniería, especialmente para resolver problemas complejos y éticos [28].

Diseño bajo premisa de la empatía: la empatía es esencial para comprender las necesidades y diseños de los usuarios en soluciones tecnológicas más humanas y más sostenibles [28].

Educación bajo visión trasformadora: la necesidad de integrar estas habilidades en planes de ingeniería para educar a profesionales más socialmente concientizados [28].

Según las investigaciones de Hess [28] para lograr el entendimiento y resultados de la implementación de la "misión de los ingenieros" se necesita un real entendimiento de la importancia de la empatía y la atención (aplicación) en la práctica de ingeniería. Un avance muy importante fue la propuesta del MIT [17] mediante el CDIO ((Concebir-Diseñar-Implementar-Operar).

De igual forma según la propuesta de [29] Gómez Sánchez, con los resultados de su investigación: Modelo Problema/Solución/Producto/Proyecto: Propuesta para acercar la Academia a la Problemática de la Sociedad, se señala que la formación de los ingenieros debería realizarse bajo el siguiente enfoque: Se requieren tomar como suyos (de los estudiantes de ingeniería los problema de la sociedad), ante lo cual analizar la

Con formato: Inglés (Reino Unido)

propuesta de soluciones (diversas y pensamientos fuera de la caja); pero tales soluciones, requieren de proyectos, cuyos productos sea la cristalización de las soluciones imaginadas.

De acuerdo con [29] Este enfoque permite acercar a los profesores y estudiantes de ingeniería a la real problemática de la sociedad que subvenciona a las universidades públicas.

Es por este motivo de acuerdo con [29] es vigente la reflexión: "Para muchas personas no hay mucha claridad sobre el nivel de acercamiento entre la Academia y la problemática de la Sociedad, y ¿si esto es o no necesario para la solución de la problemática de la Sociedad? Quizá primero habría que preguntarse: ¿hay necesidad de ese acercamiento? ¿O no es necesario?"

Enfoque hacia la ingeniería humanitaria

Enfoque hacia las personas: las técnicas humanas requieren una comprensión profunda de las necesidades locales y culturales que se adaptan directamente a los principios de empatía y cuidado.

Interdisciplinariedad: la combinación de habilidades técnicas con habilidades sociales es importante para resolver problemas humanitarios complejos.

Desarrollo sostenible: Promoción de la tecnología apropiada que se adhiere a las condiciones locales y promueve la autonomía de la comunidad.

Formación integrada: los programas educativos no solo deben prepararse técnicamente, sino también como agentes éticos y sociales que son responsables.

En resumen, la contribución de Hess enfatiza cómo incluir empatía y cuidado, tanto las prácticas profesionales como los resultados sociales pueden transformarse en proyectos y tecnología humanitarios en su conjunto.

G.E. Implementación de la propuesta de la investigación

Como resultado de la integración de los componentes teóricos presentados en la investigación se deriva el modelo integrado para ingeniería humanitaria (MIIH). En la tabla 5 se presentan las etapas o pasos para la implementación del modelo integrado para ingeniería humanitaria (MIIH) que se derivó de la combinación desarrollada en la presente investigación.

II. RESULTADOS Y DISCUSION

El trabajo "Modelo Integrado para Ingeniería Humanitaria (MIIH): Diseño Participativo, Empatía y Evaluación Holística en Proyectos Multiactor de Esf" propone un marco metodológico que integra enfoques técnicos, sociales y éticos para abordar desafíos humanitarios. Los resultados clave incluyen la implementación del MIIH en 32 países, beneficiando a más de 520,000 personas mediante proyectos de acceso a agua y energía. Se logró una reducción importante de las enfermedades relacionadas con agua contaminada y un significativo valor de sostenibilidad tecnológica en soluciones como bombeo fotovoltaico y micro redes eléctricas. Además, se evidenció empoderamiento femenino en proyectos como las farolas fotovoltaicas en Lokotomé (Benín).

Los aportes principales del MIIH son:

Enfoque participativo: Co-creación de soluciones con comunidades locales, como en sistemas de bombeo en Perú, asegurando relevancia cultural.

Evaluación holística: Combina indicadores sociales (reducción de pobreza), ambientales (uso de energías renovables) y económicos (aumento de ingresos), alineándose con los ODS 6 y 7.

Adaptabilidad tecnológica: Uso de paneles solares y saneamiento de bajo costo, ajustados a contextos rurales.

Formación de ingenieros empáticos: Profesionales capacitados mostraron mayor sensibilidad cultural, según evaluaciones basadas en el cuestionario ECQ de Justin L. Hess.

El **modelo PSPP de** [1] complementa al MIIH al:

Identificar problemas reales: Fomenta que estudiantes aborden desafíos comunitarios, como la falta de agua en La Matanza (Perú), derivando en soluciones técnicas.

Generar soluciones innovadoras: Promueve tecnologías apropiadas, como micro redes en eco aldeas de Kenia, mediante colaboración entre estudiantes y comunidades.

Gestionar proyectos con impacto: Estructura la transición de ideas a proyectos ejecutables, optimizando recursos y reduciendo costos energéticos en un 30% en instalaciones sociales españolas.

Fomentar ética profesional: Alinea la formación técnica con competencias sociales, reforzando la dimensión humana del MIIH.

En conjunto, ambos modelos evidencian que la ingeniería humanitaria requiere integración de rigor técnico, participación comunitaria y evaluación multidimensional. El MIIH demuestra que soluciones sostenibles dependen de la empatía y colaboración Multiactor, mientras el PSPP de [1] aporta una estructura pedagógica para traducir problemas sociales en proyectos viables, avanzando hacia un desarrollo más justo y alineado con los ODS.

III. CONCLUSIONES

El artículo "Modelo Integrado para Ingeniería Humanitaria (MIIH): Diseño Participativo, Empatía y Evaluación Holística en Proyectos Multiactor de Esf" concluye que la integración de enfoques técnicos, sociales y éticos es esencial para abordar problemas humanitarios complejos. La implementación del MIIH en 32 países demostró resultados tangibles: 520,000 personas beneficiadas, reducción importante de las enfermedades relacionadas con agua contaminada y sostenibilidad significativa de los proyectos gracias a tecnologías adaptadas, como sistemas de bombeo fotovoltaico y micro redes eléctricas. Estos logros evidencian que la combinación de diseño participativo, evaluación multidimensional y empatía fortalece la relevancia cultural y la permanencia de las soluciones.

El modelo aporta un marco estructurado en cinco etapas (identificación de problemas, diseño colaborativo, implementación tecnológica, evaluación de impacto y mejora

Con formato: Fuente: Sin Negrita, Color de fuente: Negro

Con formato: Fuente: Sin Negrita, Color de fuente: Negro

Con formato: Inglés (Reino Unido)

continua), que prioriza la co-creación con comunidades y la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6 y 7). Su enfoque interdisciplinario —que integra ingeniería, ciencias sociales y salud pública— permite abordar desafíos como el acceso a recursos básicos y la desigualdad tecnológica, mientras fomenta el empoderamiento femenino y la adaptabilidad local.

El modelo PSPP de [1] complementa al MIIH al cerrar la brecha entre la academia y la sociedad. Al incentivar que los estudiantes asuman problemas comunitarios como propios, se generan soluciones innovadoras (ej.: micro redes en Kenia) y se optimiza la gestión de proyectos, reduciendo riesgos como la resistencia al cambio. Este enfoque pedagógico no solo mejora la formación técnica, sino que cultiva competencias éticas y empáticas, esenciales para una ingeniería centrada en la justicia social.

La investigación de Justin L. Hess refuerza la necesidad de integrar empatía y cuidado en la práctica profesional. Los cuestionarios ECQ revelaron que, aunque los ingenieros reconocen la importancia de estos valores, su aplicación sigue siendo limitada en entornos académicos y laborales. Esto subraya la urgencia de reformar los planes de estudio para formar profesionales técnicamente competentes y socialmente responsables.

En síntesis, el MIIH y el PSPP representan un avance hacia una ingeniería humanitaria más inclusiva y sostenible, donde la colaboración multiactor, la evaluación holística y la empatía son pilares fundamentales. Estos modelos no solo resuelven problemas inmediatos, sino que sientan las bases para un desarrollo equitativo, demostrando que la tecnología, cuando se diseña con y para las comunidades, puede transformar realidades y contribuir a un futuro alineado con los desafíos globales

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

El autor agradece el apoyo técnico y asesoría del Grupo de Investigación Juan Bautista Ferro (GIJUBAFE) del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería (VRI-UNI).

REFERENCIAS

[1] R. Gómez Sánchez, «Modelo Problema/Solución/Producto/Proyecto, Propuesta Para Acercar La Academia A La Problemática De La Sociedad», *Revista Científica: BIOTECH AND ENGINEERING*, vol. 1, n.º 01, ene. 2021, doi: 10.52248/eb.vol1iss01.2.

[2] J. C. Morales y Rodríguez S. A., *ICT, INNOVATION IN THE CLASSROOM AND ITS IMPACT ON HIGHER EDUCATION*. 2019. [En línea]. Disponible en: www.usergioarboleda.edu.co

[3] M. P. Flórez, D. M. Duarte, y L. A. Ángel, «Humanitarian Engineering: a proposal to articulate engineering education with social issues», dic. 19d. C.

[4] Wikimedia, «Humanitarian engineering».

[5] e4C, «Humanitarian Engineering Principle Ten: Promote Human Dignity, Rights, and Fulfillment», abr. 2017.

[6] Britannica, «Humanitarian engineering».

[7] R. Gómez Sánchez, *Campaña para lograr proyectos exitosos*. 2015. [En línea]. Disponible en: www.ist-sac.com

[8] R. Gómez Sánchez, *Campaña para lograr proyectos exitosos*. 2015. [En línea]. Disponible en: www.ist-sac.com

[9] University Of Twente, «Humanitarian Engineering MSc», abr. 25d. C..

[10] R. Campbell y D. Wilson, «the-unique-value-of-humanitarian-engineering», 2011.

[11] J. D. Miller, «Humanitarian Engineering: Addressing the global influence of applied technology in engineering education», abr. 2008.

[12] NSPE-NJ, «Humanitarian Engineering: Using Technology to Address Global Challenges».

[13] The University of Nottingham, «Chapter 7 - Social Dimensions of Sustainability and Engineering».

[14] IGIGlobal, «Modern Challenges and Approaches to Humanitarian Engineering», 2025.

[15] SDEWES, «Humanitarian Engineering for Renewable Energy and Flood Early Warning in Remote Communities A Scoping Review of Enabling Factors and Sustainability», sep. 2022.

[16] PURDUE UNIVERSITY, «Humanitarian Engineering», ago. 2023.

[17] MIT, «CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate)».

[18] I. Zabalawi, «Reconceptualizing Engineerimg Education The CDIO Approachh», ene. 2022.

[19] E. F. Crawley, «CDIO in Aero-Astro, and beyond», 2007.

[20] ESF, «Energía sin fronteras», 2025.

[21] ESF, «Energía y Agua para el desarrollo», 2025.

[22] ESF, «Proyectos finalizados», 2025.

[23] ACCIÓN CONTRA EL Hambre, «Proyectos humanitarios: qué son y ejemplos», feb. 2022.

[24] I. L. De Regil, «La Ingeniería Humanitaria como herramienta de aprendizaje-servicio para el desarrollo de habilidades profesionales y actitudes hacia una conciencia social en estudiantes de pregrado, en el marco de la construcción de un sistema tecnológico y de innovación alterno en Latinoamérica», jul. 2021.

[25] J. D. Reina, H. A. Díaz, Albarracín N. G., y J. I. Peña, «INGENIO Y SOCIEDAD: HACIA UNA EDUCACIÓN DE INGENIERÍA HUMANITARIA EN COLOMBIA», sep. 2015.

[26] J. Paico, «Debemos humanizar los proyectos de ingeniería, formando hombres y mujeres integrales», oct. 2014.

[27] ESF, «Presentación ESF», abr. 2025.

[28] J. L. Hess, J. Strobel, R. Pan, y M. Wachter, «Insights from industry: a quantitative analysis of engineers perceptions of empathy and care within their practice», *European Journal of Engineering Education*, vol. 42, n.º 6, pp. 1128-1153, nov. 2017, doi: 10.1080/03043797.2016.1267717.

[29] R. Gómez Sánchez, «Modelo Problema/Solución/Producto/Proyecto, Propuesta para acercar la Academia a la Problemática de la Sociedad», *Revista Científica: BIOTECH AND ENGINEERING*, vol. 1, n.º 01, ene. 2021, doi: 10.52248/eb.vol1iss01.2.

Con formato: Color de fuente: Negro

Con formato: Color de fuente: Negro

Con formato: Inglés (Reino Unido)

~~Figura 6~~

~~Características comunes de los proyectos de ESF (motivo de análisis y reflexión)~~

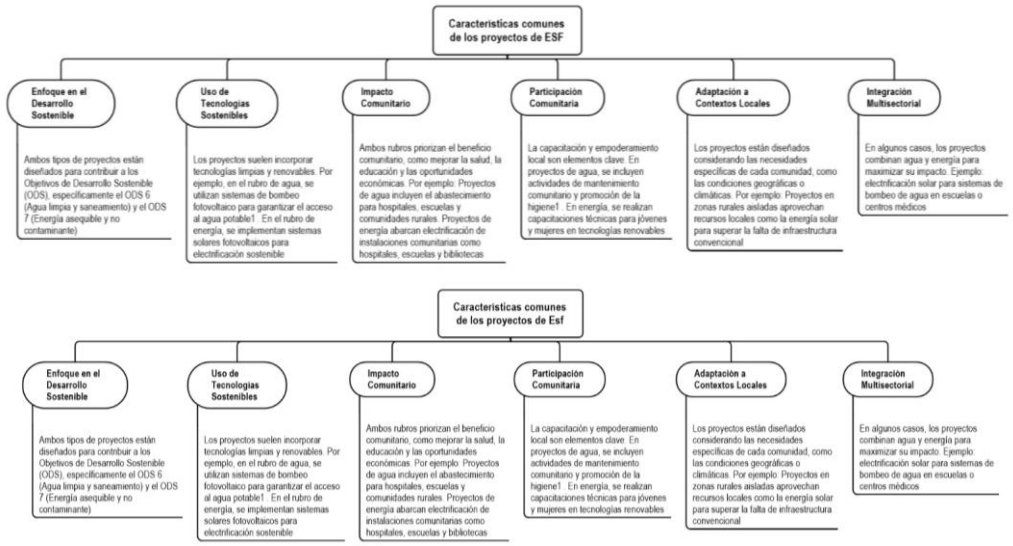


Fig. ~~ura 6.~~

Características comunes de los proyectos de Esf~~SF~~ (motivo de análisis y reflexión)

TABLA 5

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO INTEGRADO PARA INGENIERÍA HUMANITARIA (MIIH)

N°	Etapa	Objetivos	Entregables	KPIs Aplicables	Riesgos Potenciales
1	Identificar Problemas	Comprender las necesidades y desafíos de la comunidad.	Informe de evaluación de necesidades.	Número de necesidades identificadas.	Datos incompletos o mal recolectados.
2	Diseñar Soluciones Colaborativas	Co-crear soluciones con los actores involucrados.	Plan de diseño colaborativo.	Nivel de participación de los actores clave.	Falta de consenso entre los participantes.
3	Implementar Tecnologías Sostenibles	Desplegar tecnologías adaptadas al contexto local.	Tecnologías instaladas y materiales de capacitación.	Tasa de adopción tecnológica en la comunidad.	Fallos técnicos o incompatibilidad con el entorno.
4	Evaluar Impacto	Medir resultados y efectividad del proyecto.	Informe de evaluación del impacto.	Mejora en indicadores como calidad de vida y acceso a recursos básicos.	Métodos de medición inexactos o insuficientes.
5	Mejora Continua	Refinar procesos basados en retroalimentación y aprendizaje continuo.	Estrategias actualizadas para implementación futura.	Número de ajustes realizados con éxito.	Resistencia al cambio por parte de los beneficiarios o actores clave.

Con formato: Reference entry, Izquierda

Con formato: Fuente: 9 pto

Con formato: Fuente: 9 pto, Sin Cursiva

Con formato

Con formato: Izquierda

Tabla con formato

Con formato: Izquierda

Con formato: Izquierda

Con formato: Izquierda

Con formato: Izquierda

Con formato: Izquierda

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Con formato: Inglés (Reino Unido)