

Laboratory of social innovation in engineering as a strategy to promote sustainable development in marginalized communities and transform them into off-grid communities

E. Toriz G¹, Profesora Investigadora. A.D. García G², Profesor Investigador. M. Aparicio P³, Presidente. J.M Díaz T⁴, Profesor.

¹ Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Estado de México. México. etoriz@tec.mx.

² Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Estado de México. México. garcia.andres@tec.mx.

³ Sociedad Interactiva de Capacitación y Educación para el Desarrollo Sustentable.SICEDES.México.marceapario4@gmail.com

⁴ Sociedad Interactiva de Capacitación y Educación para el Desarrollo Sustentable.SICEDES.México.manueldiaztoriz@gmail.com

Abstract– *Social Innovation Laboratories are spaces that promote co-creation to solve social problems, through the application of innovation processes and technology for social appropriation. They link the university with the community, the strategies of university practices, extension and social projection, and civil society.*

Technological innovations drive quality education systems and foster meaningful learning. Through remote laboratories, it is possible to have access to laboratory instruments or machines to carry out practices or experiments in real time, regardless of time or geographic location.

One strategy to reduce poverty and inequality is to ensure that vulnerable communities have access to energy services. Most of the energy production is from fossil fuels, which generates greenhouse gases that represent a health risk. It is imperative to deepen measures focused on energy saving, greater energy efficiency and the progressive incorporation of energy sources with low environmental impact. This is how innovation laboratories arise within the framework of energy sustainability.

This paper presents the results of applying different energy systems from renewable sources through the simulation of energy changes in remote laboratories with the aim of strengthening the skills that allow students to generate strategies and specific actions to promote sustainable development in marginalized communities, transform them into off-grid communities and improve their quality of life. The results show the development of disciplinary and transversal competences with the proposed methodology, because digital tools allow activities to be carried out with sufficient fidelity to achieve meaningful learning and training in energy sustainability.

Key Words-- *Remote laboratories, Sustainability principles, Low-carbon energy, Social Innovation Laboratories, Energy Sustainability.*

Laboratorio de innovación social en ingeniería como estrategia para impulsar el desarrollo sustentable en comunidades marginadas y transformarlas en comunidades off-grid.

E. Toriz G¹, Profesora Investigadora. A.D. García G², Profesor Investigador. M. Aparicio P³, Presidente.
J.M Díaz T⁴, Profesor.

¹ Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Estado de México. México. etoriz@tec.mx.

² Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Estado de México. México. garcia.andres@tec.mx.

³ Sociedad Interactiva de Capacitación y Educación para el Desarrollo Sustentable.SICEDES.México.marceapario4@gmail.com

⁴ Sociedad Interactiva de Capacitación y Educación para el Desarrollo Sustentable.SICEDES.México.manueldiaztoriz@gmail.com

Resumen– Los Laboratorios de Innovación Social son espacios que promueven la cocreación para resolver problemas sociales, mediante la aplicación de procesos de innovación y tecnología para la apropiación social. Vinculan la universidad con la comunidad, las estrategias de prácticas universitarias, extensión y proyección social, y la sociedad civil.

Las innovaciones tecnológicas impulsan los sistemas educativos de calidad y fomentan el aprendizaje significativo. Mediante los laboratorios remotos es posible tener acceso a instrumentos o máquinas de laboratorios para realizar prácticas o experimentos en tiempo real, sin importar la hora o la ubicación geográfica.

Una estrategia para disminuir la pobreza y la desigualdad es asegurar que las comunidades vulnerables tengan acceso a los servicios de energía. La producción energética en su mayoría, es a partir de combustibles fósiles, lo que genera gases de efecto invernadero que representan un riesgo para la salud. Es imperioso profundizar en medidas enfocadas hacia el ahorro energético, la mayor eficiencia energética y la incorporación progresiva de fuentes energéticas de bajo impacto ambiental. Así surgen los laboratorios de innovación en el marco de la sustentabilidad energética.

En este trabajo se presentan los resultados de aplicar distintos sistemas de energía a partir de fuentes renovables por medio de la simulación de cambios energéticos en laboratorios remotos con el objetivo de fortalecer las competencias que permitan a los estudiantes generar estrategias y acciones específicas para impulsar el desarrollo sustentable en comunidades marginadas, transformarlas en comunidades off grid y mejorar su calidad de vida. Los resultados muestran el desarrollo de competencias disciplinares y transversales con la metodología propuesta, debido a que las herramientas digitales permiten realizar actividades con suficiente fidelidad para lograr el aprendizaje significativo y la formación en sustentabilidad energética.

Palabras Clave — Laboratorios remotos, Principios de sustentabilidad, Energías de baja aportación de carbono, Laboratorios de innovación social, Sustentabilidad energética.

I. INTRODUCCIÓN

En la tierra habitan más de 8 mil millones de personas, en un mundo complicado dividido entre riqueza y pobreza extrema, que enfrenta problemas ambientales sin precedentes reconocidos actualmente por los científicos como la crisis climática, lo cual ha propiciado la reflexión de los líderes del mundo y su reconocimiento acerca de la urgencia de actuar. Así, se establecieron los 17 objetivos que están señalando el ritmo de la agenda global para el desarrollo durante los próximos años. Uno de estos objetivos es el número 1 que señala “Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo”.

La pobreza tiene muchas dimensiones. Entre las principales causas de pobreza están el desempleo, la exclusión social y la alta vulnerabilidad de determinadas poblaciones a los desastres, las enfermedades y otros fenómenos que les impiden ser productivas.

Conforme a datos emitidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), actualmente más de 750 millones de habitantes del planeta están viviendo en condiciones de pobreza extrema y luchando para satisfacer sus necesidades más básicas, como la alimentación, la salud, la educación y el acceso a servicios de calidad como el agua y el saneamiento. Una gran cantidad de personas que habitan en Asia Meridional y África Subsahariana sobreviven con menos de 1,90 dólares diarios, ellas representan aproximadamente el 70% de los seres humanos que viven en situación de pobreza extrema en todo el mundo. Otros datos indican que, en países de ingresos medianos bajos como la India, Indonesia y Nigeria, habitan la mitad de los pobres del mundo. No obstante, este problema incide también en los países desarrollados. En los países más ricos del mundo se reportan 30 millones de niños que crecen en pobreza. De acuerdo al Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), la pobreza en México cambió de 52.0% a 53.2% el ámbito rural y en el urbano de 33.9% a 36.0%.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Como seres humanos, nuestro bienestar está vinculado al de las demás personas. El aumento de la desigualdad es perjudicial para el crecimiento económico y socava la cohesión social, lo que incrementa las tensiones políticas y sociales y, en algunos casos, impulsa la inestabilidad y los conflictos. Por lo que es necesario realizar acciones en los diferentes sectores para incrementar el bienestar.

En las instituciones educativas la conscientización y participación activa de sus estudiantes, puede marcar la diferencia en la lucha contra la pobreza, fomentando la innovación y el pensamiento crítico, en apoyo de un cambio transformador en las vidas de las personas y las comunidades.

Por su parte la comunidad científica y académica desempeñan un papel importante a la hora de concienciar sobre los efectos de la pobreza. La ciencia posee el enorme poder de sentar las bases de enfoques, soluciones y tecnologías nuevas y sostenibles para hacer frente a los desafíos de reducir la pobreza y lograr el desarrollo sostenible. Los científicos, mediante sus descubrimientos, han aportado de manera considerable a la erradicación de la pobreza. Entre las grandes aportaciones están: reducir el número de las muertes causadas mediante enfermedades transmisibles por el agua y otros recursos naturales; facilitar el acceso al agua potable y mejorar la higiene para reducir los riesgos para la salud relacionados con la falta de agua potable y de saneamiento.

Una estrategia para disminuir la pobreza y la desigualdad en México consiste en asegurar que las comunidades vulnerables tengan acceso a los servicios de energía. La pobreza en materia energética limita importantes aspectos de la vida: salud, educación, disponibilidad de agua limpia, productividad agrícola, creación de empleos, equidad de género y sustentabilidad ambiental.

Es así que surge la iniciativa de los laboratorios sociales en la Escuela de Ingeniería y Ciencias del Tecnológico de Monterrey con el propósito de generar un espacio de trabajo colaborativo que promueve la **cocreación** para resolver problemas sociales, mediante la aplicación de procesos de innovación y tecnologías exponenciales, como los laboratorios remotos, para desarrollar y fortalecer competencias disciplinares y transversales de los estudiantes. Mediante esta iniciativa se logra vincular la universidad con la comunidad, donde converge la participación ciudadana mediante estrategias de prácticas universitarias, extensión, proyección social, y la sociedad civil; promoviendo el fortalecimiento de redes de colaboración entre los diferentes agentes de la sociedad.

Esta iniciativa también ha servido para resolver los grandes retos que surgieron por la pandemia de Covid 17. Uno de ellos de singular importancia es la formación en experimentación, especialmente en áreas como las ciencias y las ingenierías donde la experiencia práctica es muy significativa en el proceso de aprendizaje, es decir, realizar prácticas de laboratorio a través del espacio virtual para sustituir que ocurría físicamente en los laboratorios de las

instituciones. De acuerdo con la UNESCO (2021) la pandemia afectó a más de 220 millones de estudiantes de nivel superior alrededor del mundo, y aunque los avances tecnológicos han aportado una gran variedad de herramientas que brindan la posibilidad de aprender de distintas maneras y la experimentación simulada nos pueda dar una clave de lo que esperamos en casos clásicos de ingeniería, llega un punto en el que donde estas prácticas representan solamente una antesala para que un día los estudiantes universitarios puedan llevar a cabo el diseño de nuevos experimentos de mayor complejidad, donde no existe información de lo que deberíamos esperar en la realidad.

En el Tecnológico de Monterrey, se han creado diferentes experiencias para la educación a distancia. Una de ellas son los Laboratorios remotos, con los cuales es posible tener acceso a los recursos como instrumentos o máquinas de laboratorios para realizar prácticas o experimentos en tiempo real, sin importar la hora o la ubicación geográfica. Otra ventaja es que los profesores pueden llevar el laboratorio al salón de clase y convertir una sesión teórica en una sesión experimental.

Actualmente, se cuenta con tres tipos de plataforma, con las que los usuarios pueden trabajar y experimentar desde su campus, casa, oficina o sitio donde se encuentren:

MOOC Lab, que es un laboratorio público y de uso masivo, de circuitos y mediciones eléctricas, mismo que está integrado al curso MOOC Energía Eléctrica: Conceptos y Principios Básicos, disponible para los usuarios a través de la plataforma de México, el cual ha facilitado las prácticas de electricidad que llevan a cabo miles de usuarios dentro y fuera de México durante el curso. Este laboratorio cuenta con 10 estaciones de trabajo y con una capacidad de más de 1600 sesiones semanales.

La segunda es el eLab/TeleLab, un espacio virtual de ingeniería eléctrica, electrónica y mecatrónica, disponible exclusivamente para la comunidad de alumnos del Tec de Monterrey. Al día de hoy, existen 9 laboratorios remotos en campus Monterrey, Laguna, Tampico y Aguascalientes. En este espacio remoto se pueden trabajar las áreas de instrumentación, circuitos eléctricos, electrónica, máquinas eléctricas, así como automatizaciones, redes industriales, robótica y control.

La tercera plataforma es RemoteLabs, diseñada exclusivamente para investigadores y alumnos de posgrado del Tec. Se trata de un sitio especializado donde los usuarios pueden trabajar y experimentar las áreas de teorías de potencia, electrónica de potencia y motores y generadores eléctricos. La meta es compartir estos recursos y espacios con otras instituciones a nivel internacional.

Al acceder a estas plataformas, los usuarios encuentran los recursos físicos necesarios para realizar sus prácticas como si se encontraran en un laboratorio de manera presencial. Mediante un sistema de telepresencia, se logra esta experiencia de conocimiento y aprendizaje virtual.

Conscientes de que la experiencia real difícilmente puede ser suplantada, existen opiniones acerca de que lo que se presenta no es lo más beneficioso para los participantes. Sin embargo, esta alternativa puede ser conveniente y accesible económicamente para quienes deseen añadir un plus empírico a su educación o quienes se ven limitados por cuestiones temporales o geográficas.

El propósito fundamental del Tecnológico de Monterrey es ofrecer mayor flexibilidad al proceso de aprendizaje de los alumnos, al grado de que ellos puedan fácilmente disponer qué día y qué hora quieren realizar su sesión de trabajo y, con ello, adaptar fácilmente sus prácticas de laboratorio a sus actividades ya sea curriculares o extracurriculares. Lo cual no se puede lograr en un laboratorio tradicional donde ya hay un horario fijo establecido.

Una estrategia para disminuir la pobreza y la desigualdad en México consiste en asegurar que las comunidades vulnerables tengan acceso a los servicios de energía. La pobreza en materia energética limita importantes aspectos de la vida: salud, educación, disponibilidad de agua limpia, productividad agrícola, creación de empleos, equidad de género y sustentabilidad ambiental. Sin embargo, la demanda de energía en México y en el mundo sigue creciendo debido al aumento de la población y al desarrollo tecnológico y el mayor porcentaje de la producción energética es a partir de combustibles fósiles, lo que indiscutiblemente está generando gases contaminantes que provocan el efecto invernadero y alteran drásticamente la composición de la atmósfera terrestre.

Las energías renovables representan una alternativa prometedora para aliviar las complicaciones ambientales, económicas y energéticas asociadas. Así el aplicar principios de sustentabilidad es relevante para generar mecanismos y propuestas innovadoras conducentes a mitigar la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los espacios virtuales como los laboratorios remotos favorecen el aprendizaje de temas de esta naturaleza, generando la expectativa de tener impacto en los estudiantes en un momento en el cual aún se puede propiciar el factor de asombro en los jóvenes.

Conscientes de la gran responsabilidad de formar egresados que resuelvan, entre otros asuntos que aquejan a la humanidad, las problemáticas sociales que viven cotidianamente las comunidades vulnerables; de la gran cantidad de toneladas de bióxido de carbono equivalente que se emiten a la atmósfera debido a la generación de energía mediante combustibles fósiles; y de la enorme necesidad de acceso a los servicios de energía que tienen estas comunidades, en el Tecnológico de Monterrey se realizan diversas acciones centradas en la persona, mediante la aplicación de procesos de innovación y tecnologías exponenciales en los laboratorios sociales y los laboratorios remotos de la Escuela de Ingeniería y Ciencias en el marco de la sustentabilidad energética.

Por lo que en este trabajo de investigación se presentan los resultados de aplicar distintos sistemas de energía a partir de

fuentes renovables por medio de la simulación de cambios energéticos en laboratorios remotos con el objetivo de fortalecer las competencias que permitan a los estudiantes generar estrategias y acciones específicas para impulsar el desarrollo sustentable en comunidades marginadas en México y transformarlas en comunidades off grid implementando tecnologías de baja aportación de carbono, considerando la normatividad vigente.

II. MARCO TEÓRICO

La apropiación sustentable de los recursos para lograr una mayor calidad de vida significa un gran reto para la humanidad. Un camino para lograrlo es la innovación, concepto que no solamente debe vincularse al tema tecnológico, sino también a la manera en que podemos potencializar la formación de capacidades en ambientes de aprendizaje modernos. Así surgen los Laboratorios de Innovación Social (LIS) con el propósito de generar un espacio que promueva la cocreación para resolver problemas sociales, mediante la aplicación de procesos de innovación y tecnología para la apropiación social, que permita conectar, cada vez más, la universidad con la comunidad, donde confluyan las estrategias de prácticas universitarias, extensión y proyección social, y la sociedad civil.

El objetivo principal de LIS es formar seres humanos sensibles a las demandas del medio ambiente y las exigencias de los seres humanos para una vida de calidad. Por su parte, las instituciones educativas de educación superior, han diseñado modelos educativos modificando y adaptando los procesos de aprendizaje para desarrollar en los estudiantes las competencias de innovación, ciudadanía y pensamiento crítico.

Los laboratorios de innovación tienen la tarea de vincular empresas, gobierno, ciudadanos en general e instituciones educativas para construir el conocimiento en ambientes de colaboración y así, compartir con otros escenarios, puntos de vista, experiencias, perspectivas y ámbitos de la sociedad. LIS son una fuente de inspiración para crear soluciones en colectivo, experimentando, dando paso a la creatividad, a la innovación, aplicabilidad, reinterpretación, sorpresa y originalidad de los factores que pueden hacer que las ideas se materialicen [1]. Por ello, la innovación desde una perspectiva abierta se focaliza en el desarrollo de respuestas a las prioridades sociales que reflejan las verdaderas necesidades de las personas y su entorno [2].

Por otro lado, las innovaciones tecnológicas en el ámbito educativo son, sin duda, muy relevantes para lograr el aprendizaje significativo y han sido las grandes protagonistas de estos tiempos de pandemia debido a que ha ayudado a reducir las barreras de la distancia en la enseñanza, brindando flexibilidad respecto a los tiempos de estudio y generando contenido digital que aporta al proceso de aprendizaje adaptativo de los discípulos. Estas innovaciones se han utilizado cuando existen dificultades para la asistencia a las

aulas físicas [3], cuando el tiempo requerido para realizar las actividades en el laboratorio supera el asignado, o como forma complementaria a las prácticas presenciales [4]. Un ejemplo son los Laboratorios Remotos (LR) que otorgan la posibilidad de operar a distancia un equipo real con todas las perturbaciones que el entorno pueda tener, lo que permite enriquecer el proceso de aprendizaje y la consolidación de conceptos a través de la observación, interpretación, comparación y análisis de los resultados [5].

Colaboratorio es un término que utilizó William Wulf en 1989 [6], para describir un centro sin paredes en el que se realizan investigaciones y se tiene acceso a instrumentos, datos, recursos computacionales e información de otros investigadores, sin importar la ubicación física.

En el contexto del Tecnológico de Monterrey convencidos de que "se está viviendo un cambio en nuestro planeta que avanza a un ritmo exponencial, en la actualmente reconocida como la Revolución 5.0", acelerado por la presencia de la pandemia global, el uso de simuladores y laboratorios remotos ofrecen a los estudiantes la posibilidad de vivir momentos a través de experiencias retadoras en espacios educativos de alto interés y que requieren de mucha interacción para mejorar la experiencia de su formación. Lo que resulta en potenciar las habilidades de las generaciones actuales -nativos digitales- y mejorar el desarrollo de las competencias que les son requeridas a los egresados en el campo laboral [7].

En otro extremo, debido al aumento de la población mundial y al desarrollo tecnológico, persiste crecimiento de la demanda de energía, cuya mayor producción es a partir de combustibles fósiles, lo que genera gases contaminantes de gran riesgo para la salud, que provocan el efecto invernadero y alteran drásticamente la composición de la atmósfera terrestre. Las energías renovables son una alternativa prometedora para aliviar las complicaciones ambientales, económicas y energéticas asociadas [8]. Es relevante aplicar principios de sustentabilidad para generar mecanismos y propuestas innovadoras para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los espacios virtuales como los laboratorios remotos favorecen el aprendizaje significativo de temas de esta naturaleza.

Ausubel [9], indica que el aprendizaje significativo ocurre cuando el estudiante da sentido y establece relaciones entre la nueva información y los conceptos, conocimientos existentes, o con alguna experiencia anterior. El material que posee estas características sería potencialmente significativo, es decir, factible de ser aprendido significativamente [10].

Muy relevante es tener siempre presente que lo principal no es la máquina, ni el software, sino la forma con que se les utiliza. Importante también es realizar actividades de aprendizaje que promuevan el análisis cualitativo de los fenómenos físicos por parte del alumno, así como la potencialidad de propuestas que además tengan un soporte visual importante, y que sean capaces de generar motivación y promover actividades colaborativas entre los alumnos [11].

Applets, es un programa informático en lenguaje Java para las redes internacionales o internet. Es un modelo de simulación para el aprendizaje. Tiene la ventaja de poderse ejecutar directamente desde la página web en la que está incrustado. Permite multitud de aplicaciones como la incorporación de elementos móviles en las páginas web, sistemas de control, introducción de datos y mecanismos interactivos [12].

En el aprendizaje de las ciencias experimentales, es imprescindible la actividad en laboratorio con elementos reales, los cuales podrán ser combinados o complementados con herramientas informáticas, pero nunca sustituidos [13].

Apoyar en la construcción del modelo mental sobre el fenómeno práctico, es la función pedagógica central del uso de las simulaciones por importancia que tiene este aspecto del aprendizaje. Por lo que, al trabajar con una simulación, el alumno debe estar plenamente consciente del modelo que utiliza, su expresión matemática y de que es sólo una aproximación al fenómeno real [14].

El profesor funge como agente de cambio crítico que integra materiales tecnológicos instructivos en los estilos de enseñar, en los estilos de aprender de los alumnos y en las actividades de clase. Debe establecer la interacción de las aplicaciones con interfaces gráficas intuitivas para que el estudiante logre aprendizajes significativos a través de la construcción de sus propios conocimientos de una manera colaborativa [9].

El Modelo educativo TEC21 [15] que se aplica actualmente en el Tecnológico de Monterrey, posee la filosofía de otorgar una educación que forma para la vida y de manera continua, no se enfoca solamente en el desempeño laboral. Se fundamenta en la solución de retos y el desarrollo del pensamiento crítico. Adicionalmente posee valores y diferenciadores, atributos indispensables para en cumplimiento de la visión 2030.

La innovación es un valor institucional del Tecnológico de Monterrey, que consiste en generar ideas y hacerlas realidad; romper paradigmas; asumir riesgos y aprender de los errores. Implica también crear oportunidades y actuar como entes generadores de cambios.

Un diferenciador muy importante es la vinculación de los estudiantes con diversos sectores: sociedad civil, gubernamental, empresarial y educativo. El propósito es exponer al alumno a la resolución de problemas reales.

En este sentido el laboratorio de innovación social es crucial para vigorizar la formación integral ética, colaborativa y de hipoteca social a través del currículo y de las actividades co-curriculares, con lo que se pretende formar líderes con ideas innovadoras y de transformación que fomenten el desarrollo de las organizaciones, mediante la generación de valor compartido para el bienestar de la humanidad.

Los laboratorios de innovación representan una fuente de inspiración para crear soluciones en colectivo, experimentando, dando paso a la creatividad, a la innovación, aplicabilidad, reinterpretación, sorpresa y originalidad de los factores que pueden hacer que las ideas se materialicen [16]. Grupos interdisciplinarios analizan problemáticas y se gestan las soluciones a los retos complejos que las sociedades actuales. El uso de laboratorios remotos es valioso por la flexibilidad para el usuario y por la amenaza potencial de confinamiento [7]

Utilizar tecnologías exponenciales y laboratorios remotos en la educación [17], genera expectativas que deben ser evaluadas, confirmadas y cuestionadas en la práctica.

Para evaluar el incremento de aprendizaje de los contenidos en los programas académicos de las materias y unidades formativas participantes, se aplicaron, quizzes y exámenes estandarizados; inicialmente para establecer un diagnóstico y posteriormente para evaluar los aprendizajes obtenidos. La evaluación se efectuó en contenidos relacionados con sustentabilidad; economía circular; electricidad y electrónica de potencia; tecnologías de baja aportación de carbono; comunidades off grid; contaminación ambiental; cambio climático y uso de energías limpias,

Otra variable relevante a medir es la aplicación de principios de sustentabilidad en la propuesta de solución a problemáticas ambientales que garanticen el bienestar de las generaciones futuras lo cual se efectuó mediante escala de actitudes ambientales [18,19,20, 21].

Para medir el impacto en el rendimiento académico debido a la innovación propuesta, se aplicaron exámenes argumentativos orales y escritos (presentaciones, ensayos) y se calificó la defensa de las soluciones propuestas mediante argumentaciones estructuradas y coherentes fundamentadas en conceptos, teorías y principios de las ciencias naturales, matemáticas y computación.

III. METODOLOGÍA

A. Hipótesis

El uso de laboratorios remotos en el aprendizaje de las energías de bajas emisiones de carbono fortalece las competencias disciplinares y transversales en los estudiantes para generar estrategias y acciones específicas que impulsan el desarrollo sustentable en comunidades marginadas.

B. Diseño

1) Investigación documental.

*Bibliográfica.

*Hemerográfica.

*Consulta en revistas especializadas, en medios electrónicos y con especialistas.

*Antecedentes sobre el tema de investigación.

2) Selección de las referencias.

Grupos de estudio (grupos control y de investigación).

3) Investigar el contexto (evaluación diagnóstica)

4) Implementación de las herramientas a evaluar

5) Recursos educativos: Técnica didáctica uso de simuladores y laboratorio remoto MOOC Lab (Massive Open Online Course).

6) Construcción de una propuesta con estrategias y acciones específicas para impulsar el desarrollo sustentable en comunidades marginadas de México y así transformarlas en comunidad off grid, mejorar su calidad de vida logrando el acceso a energía eléctrica y agua de calidad, considerando la normatividad vigente.

7) Aplicación de Rúbricas de Evaluación

8) Obtención de resultados.

9) Análisis de los resultados mediante el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

10) Conclusiones.

C. Definición de la muestra.

El estudio se realizó durante el semestre agosto - diciembre de 2021 en la materia Fundamentos del Desarrollo Sustentable y las Unidades Formativas Procesos Ecológicos para el Desarrollo Humano y la Sustentabilidad en el Ejercicio Profesional de un Ingeniero. En un total de 90 estudiantes se aplicó el uso de laboratorios remotos y un grupo de 35 estudiantes se utilizó como control.

D. Instrumentos de medición.

Cuestionarios en línea para evaluación diagnóstica y evaluación final. Rúbricas de evaluación durante la construcción y presentación de proyectos.

Plataforma para presentar las evidencias del uso del simulador y del laboratorio remoto MOOC Lab (Massive Open Online Course).

Encuestas tipo Likert. Focus groups. Rúbricas de evaluación, recopilación de evidencias para evaluar el cambio de actitud y el trabajo colaborativo.

Análisis estadístico SPSS. Coeficiente de consistencia interna Alfa de Cronbach.

Para medir el impacto de los laboratorios remotos en el aprendizaje significativo se aplicaron quizzes y exámenes estandarizados antes de impartir los conceptos para establecer un diagnóstico y posteriormente para evaluar los aprendizajes obtenidos.

Con respecto a la evaluación de las competencias adquiridas referentes al compromiso con la sustentabilidad y la aplicación de principios de sustentabilidad en la propuesta de solución a problemáticas ambientales para el bienestar de las generaciones futuras se efectuó mediante indicadores validados ya publicados [17,18, 19].

Adicionalmente para evaluar el impacto de la innovación propuesta en el rendimiento académico, se aplicaron exámenes argumentativos orales y escritos (presentaciones, ensayos).

Para evaluar los exámenes argumentativos, los estudiantes exponen ante sus compañeros, maestros y jueces invitados, explicando cómo operan las soluciones que proponen, defendiendo mediante argumentos estructurados y coherentes fundamentados en conceptos, teorías y principios de las ciencias naturales, matemáticas y computación.

E. Procedimiento

- 1) Elaborar los indicadores de medición, validarlos y seleccionar los que ya están validados con alto grado de confiabilidad y correlación.
- 2) Aplicar elementos narrativos que proporcionan motivación inicial y a largo plazo.
- 3) Generar laboratorios de innovación social con marco en la sustentabilidad energética, espacios de debate participativos para seleccionar los contenidos orientados a la temática de la asignatura e identificar los escenarios que se desea observar mediante el uso de los laboratorios remotos.
- 4) Seleccionar el laboratorio remoto a usar de acuerdo a la temática y la problemática a resolver.
- 5) Realizar la dinámica en equipo para fomentar el trabajo colaborativo.
- 6) Hacer la evaluación diagnóstica.
- 7) Mostrar la temática y problemática a aprender y resolver.
- 8) Proponer las soluciones respectivas.
- 9) Evaluar las soluciones propuestas
- 10) Llevar a cabo la evaluación de los resultados de aprendizaje mediante test, Quizzes para las evaluaciones diagnóstica y final.
- 11) Aplicar Encuestas tipo Likert. Focus groups, Rúbricas de evaluación y recopilación de evidencias para evaluar el cambio de actitud y el grado de satisfacción del alumno.
- 12) Comparar los resultados obtenidos con los grupos de investigación vs el grupo de control.
- 13) Evaluar los resultados con base a los instrumentos de medición descritos en el punto D.
- 14) Realizar el estudio estadístico mediante el software SPSS.
- 15) Comparar los resultados obtenidos con los grupos de investigación vs el grupo de control.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que el Laboratorio de Innovación Social en Ingeniería (LISI), también denominado comunidad práctica, funciona como una buena estrategia para impulsar el desarrollo sustentable en comunidades marginadas y transformarlas en comunidades off-grid.

Al participar en la comunidad práctica, se logró el aprendizaje significativo en temas de sustentabilidad energética, gracias al trabajo del estudiante en grupos interdisciplinarios en los que intervinieron personas sensibles a las demandas energéticas de una comunidad vulnerable del Municipio de Villa del Carbón en México. Trabajando en una dinámica de interacción desde la colaboración se crearon proyectos para la solución de la pobreza energética.

Para resolver las problemáticas propuestas fue necesario la aplicación de procesos de innovación y de tecnología, en este caso de los laboratorios remotos, los cuales permitieron realizar actividades con suficiente fidelidad para lograr el aprendizaje significativo y la formación en sustentabilidad energética. Mediante el uso de estos laboratorios los estudiantes rompieron los esquemas tradicionales de la enseñanza, al ser los propios protagonistas de las actividades realizadas para aprender.

Los resultados obtenidos muestran que los laboratorios remotos ofrecen al participante experiencias enriquecedoras para su aprendizaje al trabajar con instrumentos reales pero manipulados a distancia a través de internet.

El estudiante manifiesta percepciones de manipulación experimental como si estuviera presencial en el laboratorio físico al ingresar los datos requeridos y observar los cambios en tiempo real.

El aporte del laboratorio remoto para el aprendizaje es satisfactorio. Los participantes son capaces de proponer soluciones a los retos propuestos y decidir a favor de la sustentabilidad y las energías limpias.

Los estudiantes declaran que el aprendizaje con los laboratorios remotos es muy efectivo pues su manipulación tiene gran aproximación a entornos reales.

Concuerdan en que la participación tan dirigida a la realización de la práctica y el hecho de participar en los laboratorios de innovación social los hace más competitivos al adquirir habilidades gerenciales, que requieren los empleadores.

Los alumnos reconocen el uso de los laboratorios remotos como una alternativa viable ante la necesidad de tener programas virtuales o combinados en el área de las ciencias e ingeniería.

Los participantes declaran estar más conscientes acerca del impacto y las consecuencias de las actividades antropogénicas sobre el globo terráqueo.

Las prácticas con los laboratorios remotos se realizaron modo síncrono y asíncrono.

Sincrónicamente se llevaron a cabo actividades durante el tiempo real asignado en la clase utilizando las secciones de grupos pequeños y compartiendo pantallas y pizarras electrónicas.

De forma asincrónica se efectuaron algunas prácticas. Se asignaron como tareas para que los participantes experimentaran a su propio ritmo y requerimientos, con el propósito de ejercitar la comprensión de los conceptos y fijar los aprendizajes.

El total de participantes concuerda en que con los laboratorios remotos es posible resolver retos y que el proceso de aprendizaje se convierte en una experiencia formativa, al permitir aplicar los conocimientos adquiridos y desarrollar habilidades para la toma de decisiones en diferentes ámbitos, acordes al estudio de las energías de baja aportación de carbono.

Los resultados obtenidos se expusieron ante el pleno del grupo en la sala principal.

Algunas evaluaciones se realizaron en línea para que los estudiantes pudieran ejecutarlas en cualquier momento.

Se organizó una competencia para seleccionar la mejor propuesta de conversión de la comunidad a off-grid.

Con los proyectos realizados durante el semestre se estableció un concurso para elegir el mejor proyecto, el que obtuvo mejores resultados. Lo cual se evidenció en un ranking que estableció el valor de cada proyecto.

Como se observa en la Tabla I Las calificaciones de los test, quizzes y en general las evaluaciones presentan una clara mejoría comparados con los de la misma materia que se enseña por el método tradicional, es decir, los estudiantes complementaron su formación académica. Las evidencias demuestran que su aprendizaje se incrementó en un promedio de 20 puntos comparado con el grupo control.

**TABLA I.
CALIFICACIONES PROMEDIO OBTENIDAS
APLICANDO EL USO DE LABORATORIOS
REMOTOS EN LABORATORIOS DE INNOVACIÓN**

Semestre/ Metodología Agosto - Diciembre 2021	Calificación Promedio	Calificación +/- D.S
Tradicional	74	74 +/- 0.9
Laboratorios remotos en laboratorios de innovación	94	94 +/- 0.8

El proyecto ganador fue la construcción de lámparas con material de desecho que llevaron un poco de luz a la comunidad de Piequexhimo en el Municipio de Villa del Carbón en México.

Al finalizar de analizar los temas de estudio, se realizaron evaluaciones y se registraron puntajes para establecer el grado de asimilación de los contenidos abordados. Posteriormente estos valores fueron contrastados con nuevas evaluaciones después de que los estudiantes resolvieron problemas reales en el simulador.

Para evaluar la competencia disciplinar compromiso con la sustentabilidad, los participantes desarrollaron un proyecto para aplicar en comunidades vulnerables de México obteniendo los siguientes resultados:

a) Con calificación de 94 en promedio, se observa el uso correcto de palabras, analogías y ejemplos que hacen inteligible la explicación.

b) En la evidencia, documento entregable, se observa el análisis y la aplicación correcta de los estándares, normas, leyes, tratados y acuerdos nacionales e internacionales a la situación analizada con una calificación promedio de 90.

c) Con una calificación promedio de 92, los estudiantes evaluados presentan en su evidencia, el dominio conceptual de los estándares, tratados, leyes, normas y/o regulaciones nacionales e internacionales actualizadas y vigentes, que aplican a la situación problema analizada.

d) Los participantes muestran aseveraciones y argumentos basados en principios teóricos, así como un análisis multidimensional del desarrollo sostenible de manera precisa. Obteniendo una calificación promedio de 89.

e) Los estudiantes presentan dominio de los objetivos del desarrollo sustentable y sus indicadores con una calificación promedio de 92.

f) Se observa mediante una calificación promedio de 94, las explicaciones que identifican claramente las dimensiones del desarrollo sostenible.

g) Las aseveraciones y argumentos basados en los principios teóricos del análisis multidimensional del desarrollo sostenible son dominados por los estudiantes con calificación promedio de 89.

h) Responsabilidad compartida, equidad, equidad intra e intergeneracional y principio de preocupación, son conceptos de los Principios de sustentabilidad que los estudiantes mostraron manejar de manera correcta y completa con calificación de 97.

i) Durante la exposición de su propuesta ante el pleno del grupo, profesores y jueces, los alumnos presentaron argumentos precisos al defender la aplicación de los tratados estándares, normas, leyes y/o acuerdos nacionales e internacionales, que aplicaron a la situación analizada, lo cual se observa con una calificación promedio de 90.

j) Presentan adecuadamente la citación de las fuentes de información utilizadas con calificación promedio de 97.

Los resultados de la encuesta de satisfacción efectuada a los participantes objeto de estudio muestran:

1) Los laboratorios tienen un grado muy alto de usabilidad, es decir, son sencillos de usar. El usuario encuentra satisfechas sus consultas y cómodo su uso.

Se observan comentarios acerca de que los laboratorios apoyan la consolidación del conocimiento, favorecen el desarrollo del aprendizaje y permiten flexibilidad en los tiempos de ejecución de las actividades.

2) Considerando la viabilidad que ofrecen los laboratorios remotos para la educación combinada en áreas experimentales los estudiantes manifiestan que el laboratorio remoto otorga un alto nivel de sensación de estar trabajando en un entorno real.

3) Mencionan que se percibe un alto grado de semejanza con la experimentación presencial, por la facilidad en el proceso de realización de la práctica, lo que generó satisfacción.

4) El laboratorio remoto incide en la construcción de un aprendizaje específico, indicaron alumnos participantes.

Con respecto al aporte al aprendizaje, los discípulos declararon que el laboratorio remoto permite reforzar el aprendizaje de la generación de distintos tipos de energías con baja aportación de carbono.

La Tabla II, presenta el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la encuesta de satisfacción a 90 estudiantes participantes, el cálculo de la media, la desviación estándar, y el valor mínimo y máximo por cada ítem del instrumento de evaluación.

**TABLA II.
RESULTADOS DE ENCUESTA DE SATISFACCIÓN
USO DE LABORATORIOS REMOTOS Y
LABORATORIO DE INNOVACIÓN**

Item evaluado	Media	D.S	Min	Max
Usabilidad	4.6	0.89	3	5
Consolida el conocimiento	4.4	0.98	2	5
Favorece el aprendizaje	4.5	1.03	1	5
Flexible en tiempo y ejecución de actividades	4.8	1.01	3	5
Comprensión de principios de energías verdes	4,1	1.11	2	5
Percepción de trabajo en entorno real	3.9	1.1	2	5
Facilita el proceso de experimentación	4.0	1.17	1	5

El uso de los laboratorios remotos representa una buena opción para mejorar las habilidades y conocimientos prácticos de los alumnos.

Esta herramienta es un gran apoyo académico, expresó el 100% de los encuestados y valoraron como excelente el aporte de la herramienta de simulación de diferentes tipos de energías renovables.

El laboratorio remoto debe seguir utilizándose como herramienta de apoyo en el proceso de aprendizaje y desarrollo de competencias expresó el 100 % de encuestados.

El 91 % de los encuestados considera que el simulador es útil para realizar ejercicios fuera de clases y ampliar sus conocimientos. El 9 % restante está parcialmente de acuerdo.

Ayudó a mejorar su rendimiento académico, expresó el 95 %. El 85 % comentó que esta metodología le ayudó a ser más consciente para actuar sustentablemente.

En términos generales, la clase se tornó más participativa y productiva alcanzando un nivel de comprensión superior.

En respuesta a las preguntas de investigación, los resultados obtenidos muestran que se desarrollan y fortalecen las competencias de compromiso con la sustentabilidad, así como el impacto de la innovación propuesta en el rendimiento académico. En la propuesta de solución presentada se observan estrategias y acciones específicas para impulsar el desarrollo sustentable en comunidades marginadas de México y así transformarlas en comunidad off grid para mejorar su calidad de vida mediante el acceso a energía eléctrica y agua de calidad.

Es patente el interés del total de los estudiantes participantes para usar laboratorios remotos y lograr aprendizajes significativos en energías renovables. Mediante el uso de los laboratorios remotos es posible conectar a los estudiantes en la búsqueda de obtener soluciones para lograr un mundo sustentable.

IV. CONCLUSIONES.

Al igual que la energía es la base de la vida misma, y las ideas de la fuente de la innovación, la innovación es la chispa vital de todo cambio humano, la mejora y el progreso.

La apropiación sustentable de los recursos para lograr una mayor calidad de vida significa un gran reto para la humanidad. Para resolver este reto un camino es el Laboratorio de Innovación Social.

El laboratorio de innovación social, también denominado comunidad de práctica, ha surgido como una respuesta emergente para los problemas que se enfrentan en la sociedad. Se trata de comunidades de personas sensibles a las demandas de la sociedad. Es una estrategia para lograr aprendizajes significativos.

En el laboratorio de innovación social del Tecnológico de Monterrey se trabaja colaborativamente con grupos interdisciplinarios en el que confluyen procesos de innovación y tecnologías exponenciales como los laboratorios remotos de la Escuela de Ingeniería y Ciencias en el marco de la sustentabilidad energética. Es una estrategia que impulsa la gestión y producción de conocimiento científico para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Desde la colaboración el equipo interdisciplinario analiza problemáticas y, mediante el desarrollo de proyectos, se proponen soluciones a los retos que enfrentan las comunidades vulnerables para lograr su desarrollo sustentable en las necesidades de la sustentabilidad energética.

Los equipos están formados por personas que son parte de la institución y también por individuos ajenos a la misma, tales como estudiantes, docentes e investigadores, representantes de la sociedad civil, ciudadanos afectados o ciudadanos sensibles a los problemas que se relacionan con el tema de la energía y expertos provenientes de empresas y del gobierno,

Los laboratorios remotos permiten realizar actividades con suficiente fidelidad para lograr el aprendizaje significativo y la formación en sustentabilidad energética. Su uso tiene como propósito que los estudiantes rompan los esquemas tradicionales de la enseñanza y sean ellos los protagonistas de las actividades que realizan para aprender. Se evidenció que se logra un ambiente de aprendizaje propicio para los diferentes tipos de energías renovables.

El uso de laboratorios remotos es reconocido por los estudiantes como innovador y pertinente, como una herramienta didáctica que les proporcionó capacidad para comprender el significado del calentamiento global; el funcionamiento de las energías de bajas emisiones de carbono y su importancia para mitigar el gran reto de nuestro tiempo, el cambio climático; para explicar lo que ocurre en nuestro entorno, así como para generar propuestas y estrategias para transformar una comunidad vulnerable en off grid.

Las evaluaciones de los temas aprendidos en las unidades formativas, muestran un porcentaje importante de mejora comparados con las del grupo control; lo que demuestra que el uso de laboratorios remotos permite una mejor asimilación de los contenidos.

El uso de laboratorios remotos, activa procesos cognitivos en el participante, lo que propicia el aprendizaje significativo, debido a que cuando se construye un laboratorio simulado, se aumenta el conocimiento mediante la aplicación de procesos similares al método científico: formulando hipótesis sobre un fenómeno y poniendo a prueba estas hipótesis mediante experimentos.

El *software* de simulación no reemplaza la experiencia del trabajo con equipos de laboratorio. Sin embargo, se acerca mucho a la realidad y permite mejorar el proceso de aprendizaje y la adquisición de competencias.

El trabajo colaborativo de los estudiantes es mejor. Son capaces de proponer soluciones a los desafíos propuestos, de tomar decisiones en favor de la sustentabilidad y las energías limpias.

Gracias al uso de la tecnología fue posible trabajar en un laboratorio social de innovación al vincularse con especialistas reconocidos, autoridades gubernamentales, delegados y habitantes de poblaciones vulnerables para elaborar y evaluar propuestas con estrategias y acciones específicas y así cumplir el reto asignado: transformar comunidades marginada en off grid y mejorar su calidad de vida.

REFERENCIAS

[1] M. Jaenicke. "Versus a vulgar conception of space in the Citizen Innovation Lab." *Liinc em Revista* 13.1, 2017

[2] F. Bordignon. "Laboratorios de innovación ciudadana, espacios para el hacer digital crítico". *Virtualidad, Educación y Ciencia* 8.2017.

[3] A Zaldívar-Colado - IE Revista de investigación educativa de la REDIECH, 2019.

[4] E Masanet, A Shehabi, N Lei, S Smith, J Koomey - Science, 367.6481 2020.

[5] M. Canu, M, Duque & Cécile de Hosson. "Active Learning session based on Didactical Engineering framework for conceptual change in students equilibrium and stability understanding", *European Journal of Engineering Education*, 42:1, 32-44, DOI: 10.1080/03043797.2016.1190689

[6] WA Wulf - Towards a national collaboratory, 1989 - Report of an invitational workshop.

[7] ITESM (2020). Modelo de Programas Formativos de Profesional. Recuperado de: https://miespacio.itesm.mx/sites/planestrategico2020/Paginas/documentos/Modelode_Programas_Formativos_de_Profesional.pdf

[8] T. Bawdy, "Global warming: Data centres to consume three times as much energy in next decade, experts warn," *The Independent*, 23 January 2016.

[9] D Ausubel. Teoría del aprendizaje significativo. Psicología Educativa. Editorial Trillas. México. 1983.

[10] I Aguilar. "Simuladores y laboratorios virtuales para Ingeniería en Computación", *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 2013, n.o 10, pp. 1-19.

[11] L Castañeda: "Alternativa metodológica de aprendizaje basado en los simuladores virtuales para las carreras de Ingeniería en Sistemas de la Universidad del Istmo", *UDI Investiga*, pp. 33-40, vol. 7, n.o 7, 2016-12-10.

[12] F.A Martínez-Marín and IA. Cantú-Munguía. Manejo de la simulación en la enseñanza de la ingeniería Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 58-62, Julio, 2017.

[13] M. Bentivenga, D Giogini, y E Bombelli. Uso de simuladores como recurso educativo para facilitar la enseñanza y aprendizaje de las Leyes de Newton1. Análisis descriptivo preliminar. Conference: VI Jornadas Nacionales. IV Jornadas Latinoamericanas de Investigadores/as en Formación en Educación., At Facultad de Filosofía y Letras (UBA). Buenos Aires. Argentina. 2018.

[14] JM Maestre, et al. "La simulación como herramienta para facilitar la adaptación de la organización sanitaria a la pandemia de COVID-19". *Educ Med*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2020.08.001>

[15] Modelo Educativo TEC21. D.R.©, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Av. Eugenio Garza Sada Sur No. 2501, C.P. 64849, Monterrey, N.L. 2016.

[16] M Kröber, T Bekel, NN Diaz, A Goesmann, S Jaenicke, L Krause, D Miller, ... *Journal of Biotechnology* 142 ... *Archives of microbiology* 199 (4), 613-620, 2017.

[17] J Martín-Gutiérrez, Saorín, J.L, Contero, M. Acañiz, M, Pérez-López, D.C. y Ortega. M. "Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students". *Computers & Graphics*, 34 (1), pp. 77-91. 2020.

[18] Center for Medical Simulation Boston, MA. Circle UpCOVID-19 [consultado 11 Abr 2020]. Disponible en: <https://harvardmedsim.org/>; 2020.

[19] M Moreno., Corraliza, J., & Ruiz, J.. "Escala de actitudes ambientales hacia problemas específicos". *Psicothema*, 17(3), 502-508. 2015

[20] N Gericke, J Boeve-de Pauw, T Berglund, & Olsson. "The sustainability consciousness questionnaire: The theoretical development and empirical validation of an evaluation instrument for stakeholders working with sustainable development". *Sustainable Development*, 27(1), 35-49. doi:10.1002/sd.1859. 2019.

[21] S Sendjaya, N Eva., I Butar Butar, M Robin, & Castles, S.. SLBS-6: "Validation of a short form of the servant leadership behavior scale". *Journal of Business Ethics*, 156(4), 941-956. doi:10.1007/s10551-017-3594-3. 2019.