

# Energy Education under the Living Laboratory Framework: Methodology

Emerita Delgado-Plaza<sup>a</sup>, María Segovia Navarrete<sup>a</sup>, Gabriel Murillo Zambrano<sup>a</sup>, Daniel Cevallos V.<sup>b</sup>, Sebastián Brito<sup>a</sup>, José Cansing<sup>a</sup>, Ricardo Espinoza<sup>a</sup>

ESPOL Polytechnic University, Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. <sup>a</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción, <sup>b</sup> Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. Km 30.5 Campus Gustavo Galindo 30.5 vía Perimetral. eadelgad@espol.edu.ec

*Abstract--The project focuses on the sustainability of the Mirador Trail in the ESPOL (dry forest), utilizing renewable energy sources to power audio cameras and supporting educational activities to raise awareness in the community about energy efficiency and environmental conservation through experiential learning. An educational itinerary tailored to different age groups has been designed, featuring interactive and hands-on activities that encourage active participation and reflection. Adjustments based on participant feedback, such as age segmentation and incorporation of relevant topics, have been implemented. The methodology has proven effective, allowing for continuous adaptation and improvements in the educational program. Progress has been made towards the main objective of promoting more sustainable practices and raising Community awareness about the importance of environmental conservation. This holistic approach aims to create a lasting impact, empowering participants as agents of change towards a more sustainable and conscientious future.*

*Keywords-- Living laboratory, energy efficiency, autonomous stations, education, SDGs.*

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

# Educación Energética bajo el Esquema de Laboratorio Viviente: Metodología

Emerita Delgado-Plaza<sup>a</sup>, María Segovia Navarrete<sup>a</sup>, Gabriel Murillo Zambrano<sup>a</sup>, Daniel Cevallos V.<sup>b</sup>, Sebastián Brito<sup>a</sup>, José Cansing<sup>a</sup>, Ricardo Espinoza<sup>a</sup>

ESPOL Polytechnic University, Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. <sup>a</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción, <sup>b</sup> Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. Km 30.5 Campus Gustavo Galindo 30.5 vía Perimetral. eadelgad@espol.edu.ec

**Resumen.** *El proyecto se enfoca en la sostenibilidad del sendero Mirador (bosque seco) de la ESPOL, utilizando energías renovables para la energización de cámaras de audio y apoyando actividades de docencia para concienciar a la comunidad sobre eficiencia energética y conservación ambiental a través del aprendizaje de un laboratorio viviente. Se ha diseñado un recorrido educativo adaptado a diferentes grupos de edad, con actividades interactivas y prácticas que fomentan la participación activa y la reflexión. Se implementó ajustes basados en sugerencias de los participantes, como la segmentación por edades y la incorporación de temas relevantes. La metodología ha demostrado ser efectiva, permitiendo una adaptación continua y mejoras en el programa educativo. Se ha logrado avanzar hacia el objetivo principal, promoviendo prácticas más sostenibles y sensibilizando a la comunidad sobre la importancia de conservar el medio ambiente. Este enfoque integral busca crear un impacto duradero en la comunidad, empoderando a los participantes como agentes de cambio hacia un futuro más sostenible y consciente.*

**Palabras claves**—Laboratorio viviente, eficiencia energética, estaciones autónomas, enseñanza, ODS

## I. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad del bosque es un tema crítico y urgente que se ha vuelto cada vez más importante en los últimos años. A medida que la población mundial crece y la demanda de recursos naturales aumenta, los bosques enfrentan una serie de amenazas que ponen en riesgo su capacidad para seguir siendo un ecosistema saludable y funcional. Uno de los mayores desafíos que enfrenta el bosque seco es la falta de acceso a tecnologías para monitoreo y recursos que puedan ayudar a protegerlo y preservarlo.

Dentro de la ciudad de Guayaquil, se encuentra el Bosque Protector Prosperina ESPOL, aldeaño al bosque Cerro Blanco que resguarda un área rica en biodiversidad. La mayor parte de las propiedades del Bosque Protector pertenecieron a las haciendas Palobamba y Mapasingue. Históricamente los recursos naturales de la zona fueron utilizados sin criterios de manejo sustentable.

Para garantizar la protección y recuperación del bosque

Prosperina, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), gestionó el reconocimiento de calidad de Bosques y vegetación protectora en 570 has. En el año 2017, ESPOL desarrolló el Programa de Educación Ambiental [1], bajo el Decanato de Vinculación con la Sociedad, orientado a realizar actividades en pro de la conservación del ecosistema, durante esos años se implementaron sistemas de monitoreo siendo una solución efectiva para mejorar la capacidad de los guardaparques para proteger el bosque y para recopilar datos ambientales precisos [2]. Los sistemas estuvieron operativos hasta el año 2020, pero debido a la pandemia y a la falta de guardaparques, se retiraron. Esto representó un perjuicio para la flora y fauna del lugar, por lo que no se pudo continuar con el monitoreo de los cazadores y visitantes que ingresan al área. Además, se incrementó la contaminación por desechos, como botellas.

Con el objetivo de unir esfuerzos y recursos para continuar con las iniciativas de concientización y promoción de la protección del bosque y el uso sostenible de sus recursos, en el año 2023 se procedió a la readecuación de los sistemas fotovoltaicos. Estos serían utilizados para energizar los sistemas de monitoreo, actuando como un soporte técnico logístico para los bosques

Esta actuación es una herramienta valiosa para apoyar la sostenibilidad del bosque, y además educar en temáticas de; eficiencia energética, energías renovables y sostenibilidad, donde niñas/os y jóvenes de las unidades educativas interactúen bajo un entorno de laboratorio viviente, cambiando el entorno áulico a un entorno con el ecosistema. Sin embargo, es importante tener en cuenta los desafíos y problemáticas asociados durante la intervención en un bosque, siendo dependiente de la planificación y gestión de las actividades en relación con el tiempo para no afectar la carga crítica del ecosistema por los visitantes/beneficiarios que se capacitan.

Actualmente, mantener la sostenibilidad de un bosque requiere la atención y colaboración de diversos sectores para abordar los desafíos ambientales, sociales y económicos. En este contexto, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas se rigen como un marco integral para orientar los esfuerzos hacia un futuro más equitativo, próspero y respetuoso con el ambiente. Lo cual, el proyecto

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

mediante estaciones autónomas se alinea con la visión e indicadores establecida por los EDS (Educación para el desarrollo Sostenible) al no solo enfocarse en la implementación de tecnologías para garantizar la autonomía y el funcionamiento eficiente de las estaciones de monitoreo ambiental en un entorno forestal crucial para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, sino a las competencias de los niños/as en el aprendizaje en la etapas cognitiva, socioemocional y conductual.[3].

En este contexto, es fundamental destacar la contribución específica de tres ODS claves [4]: ODS 4 (Educación de Calidad) donde se promueva el aprendizaje a lo largo de la vida, este objetivo establece las iniciativas para involucrar a la comunidad local, así como a estudiantes y académicos, cuyo objetivo cognitivo indica que; El/la alumna debe de comprender la importancia de alcanzar la sostenibilidad, es por ello, que se plantea en el proyecto establecer la conservación del bosque a partir de concienciación ambiental y energética. El ODS 7 (Energía Asequible y No Contaminante), se materializa en la implementación de sistemas de energía renovable y autónoma para alimentar las estaciones de monitoreo, reduciendo así la dependencia de fuentes de energía contaminantes y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. En el contexto de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) se fomenta las tres etapas antes planteadas: cognitiva; el alumno comprende los conceptos básicos, socioemocional; es capaz de comprender y asociar los conocimientos a partir de la vivencia de su entorno y conductual el estudiante será capaz de analizar impactos negativos cambiando sus acciones futuras en tema energéticos. Finalmente, el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres) se centra en la protección, restauración y uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionando de forma sostenible los bosques. Estos objetivos proporcionan un marco conceptual sólido que guía las acciones del proyecto, asegurando que se aborden de manera integral los aspectos educativos, energéticos y de conservación ambiental.

A partir de lo antes planteado, el objetivo del proyecto es contribuir a la sostenibilidad del sendero Mirador de ESPOL, a través del uso de energías renovables para la energización de cámaras de audio y permitiendo el control del área, además de fomentar actividades de docencia para la concientización de la comunidad en temas eficiencia energética, conservación y cuidado del ambiente.

Para ello, se involucra la participación multidisciplinaria de los estudiantes de distintas carreras de la ESPOL a través de las prácticas de servicios comunitarios. Este proyecto es un espacio ideal que los estudiantes puedan poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula y contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad. Los estudiantes de ESPOL se involucran en proceso de transferencia de conocimiento por medio del aprendizaje basado en caso de estudios, donde aborden

problemáticas asociados a la tecnología, comunidad y ambiente. Para ello, se establecen grupos de trabajo para cumplir distintas actividades. *Primero*, realizamos la valoración y puesta en funcionamiento de las estaciones autónomas para utilizarse como sistema de soporte energético [5-6] en equipos electrónico de bajo consumo direccionado para visitantes y estudiantes. *Segundo*, repotenciar la vivienda sostenible localizada en el centro de interpretación para fines educativos en temas de energías renovables y construcción sostenible. *Tercero*, fortalecer los campos de comunicación para adquisición de información. *Cuarto*, planificación de estrategias de enseñanza relacionada con el tiempo de aprendizaje de las unidades educativas participantes. *Quinto*, desarrollo de materiales didácticos que permita la sensibilización y capacitación de estudiantes de escuela y colegio.

## II. METODOLOGÍA

La energización de los sistemas de audio y video en un sendero del bosque adquiere una importancia crucial para mantener un ecosistema controlado, especialmente cuando se considera el uso de fuentes de energía renovable. Las instalaciones no solo brindan acceso a información y energización a los visitantes, sino que también funcionan como herramientas educativas, destacando la viabilidad y los beneficios de la energía renovable en armonía con la conservación ambiental. Para alcanzar esa meta, el fortalecimiento de estos proyectos reside en las carreras multidisciplinarias involucradas tales como: ingeniería mecánica, Ingeniería industrial, biología, mecatrónica, electrónica y automatización, diseño gráfico, Ingeniería química, diseño gráfico, producción para medio de comunicación, y diseño de productos.

El proyecto se desarrolló en etapas:

### **Etapas iniciales**

- 1- Se realizó la valoración y adecuación de instalaciones fotovoltaicas autónomas del sendero Mirador, para utilizarse como sistema de soporte energético en equipos electrónico de bajo consumo direccionado para visitantes y estudiantes
- 2- Se Repotenció la vivienda sostenible localizada en el centro de interpretación para fines educativos en temas de energías renovables y construcción sostenible
- 3- Desarrollo de materiales didácticos que permita la sensibilización y capacitación de estudiantes de escuela y colegio
- 4- Evaluación de manera integral y detallada de los elementos clave relacionados con la planificación, ejecución y calidad educativa de los recorridos por la zona del bosque Prosperina

### Etapa de ejecución

Capacitación de estudiantes de las unidades educativas  
Retroalimentación de parte de los visitantes mediante una encuesta sencilla

### Etapa de cierre

- 1- Evaluación de la efectividad de la seguridad del recorrido
- 2- Desarrollo de la planificación estratégica para enseñanza

#### A. Recorrido del sendero mirador

El sendero mirador se extiende aproximadamente a lo largo de 1 km, ofreciendo accesibilidad para que los visitantes puedan realizar senderismo, andar en bicicleta o caminar. Se evalúan los posibles puntos de interés, las necesidades de cada área, los materiales didácticos para la enseñanza y la planificación de actividades en función de las edades de los jóvenes y niños de los centros educativos que participan en las capacitaciones

En la fig.1, se muestra el mapa del recorrido del sendero mirador y en la fig. 2, se presenta las estaciones de visitas.

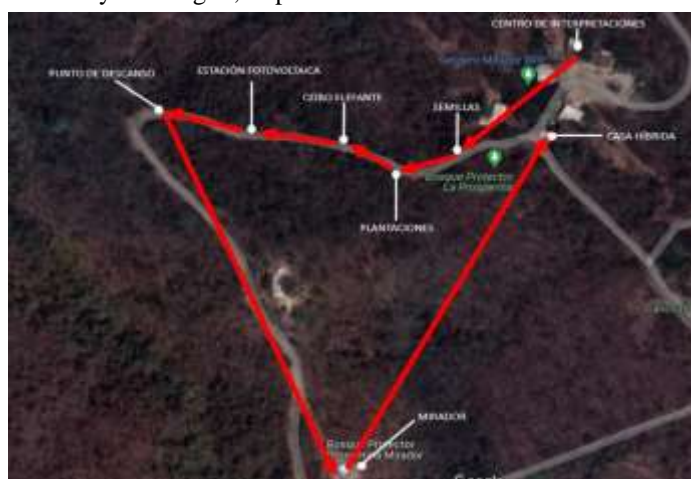


Fig. 1 Mapa del recorrido sendero Mirador /Bosque ESPOL



Fig.2 Estaciones consideradas durante el recorrido del sendero

#### B. Estaciones fotovoltaicas y casa sostenible del bosque

La valoración y adecuación de instalaciones fotovoltaicas autónomas del sendero Mirador están destinadas a servir como soporte energético para cámaras y equipos electrónico de bajo consumo utilizados por visitantes y estudiantes. Así como, repotenciar la vivienda construidas con materiales reutilizables y energizada con energías renovables es de importancia para fines educativos en temas de energías renovables y construcción sostenible. Para alcanzar con dichos objetivos empleamos una metodología participativa y colaborativa, involucrando los equipos multidisciplinario de estudiantes guiados por los profesores tutores de ESPOL.

En estas etapas, se llevó a cabo las siguientes actividades:

- Valoración de las estructuras y componentes de las 4 estaciones autónomas y estación mirador
- Medición de radiación solar de las zonas de instalación
- Mantenimiento de las estaciones autónomas fotovoltaicas y puesta en operación
- Desarrollo de un sistema de registro de información que permita adquirir información de consumo energético.
- Evaluación de las condiciones iniciales de vivienda sostenible y sistemas híbridos
- Diseño mejorado / propuestas y planos de la casa sostenible.
- Mantenimiento y reactivación de la vivienda sostenible.
- Desarrollo del sistema de adquisición y registro de información.

El proceso de diseño e implementación para repotenciar las estaciones fotovoltaicas se dividió en varias etapas:

Primera etapa: Se realizó una ingeniería inversa para identificar los componentes que aún funcionaban. Este análisis del circuito condujo a la programación y a la propuesta de implementación para el montaje de nuevos cajetines en cada estación. En relación con la estructura metálica de las instalaciones se estableció un plan de mantenimiento de soportes y conectores de paneles.

La segunda etapa: Se centró en el diseño de un tablero para la correcta disposición de los componentes de fuerza y control, así como para la adquisición de datos. Se planteó un diseño en PCB para la parte de adquisición y muestreo de datos, seguido del montaje de los cajetines y la elaboración de un manual de usuario detallado

Se han implementado mejoras significativas, como la corrección del control para garantizar una adquisición de datos más precisa. Además, se ha ampliado el objetivo del proyecto para incluir la adquisición de datos con el fin de analizar el comportamiento del sistema fotovoltaico en relación con variables ambientales como temperatura y humedad.

Dentro del enfoque metodológico, tras completar la fase de ingeniería inversa, se procedió a la segunda etapa, que consistió en un análisis detallado y una evaluación de costos para la adquisición de componentes nuevos. Se describen exhaustivamente cada una de las etapas del proceso,

destacando las notables diferencias entre las estaciones tanto en su configuración física como en su capacidad eléctrica. La implementación de los tableros tenía como objetivo principal mejorar la distribución eléctrica, con detalles específicos que incluyen el número exacto de tableros instalados por estación y los resultados tangibles obtenidos a partir de esta mejora. Simultáneamente, el diseño del PCB se enfocó en facilitar el proceso de adquisición de datos, proporcionando resultados prácticos directamente vinculados con su implementación operativa. En la fig. 3. Se establece el flujograma de la metodología empleada en esta sección.

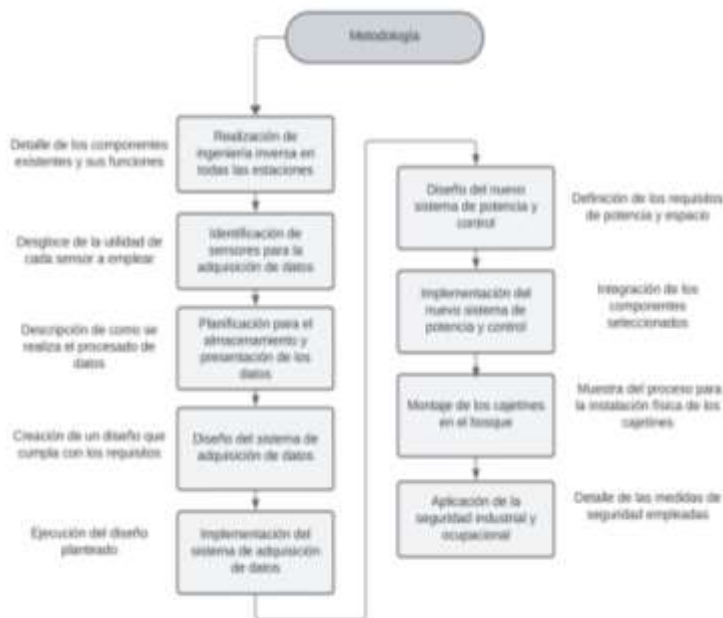


Fig.3 Metodología de repotenciación de los sistemas eléctrico y electrónico de las estaciones fotovoltaicas

En la fig. 4, se presenta la repotenciación de las estaciones fotovoltaicas localizadas en la ruta del sendero y la estación mirador con sus equipos electrónicos



Fig.4 a) Estación mirador, b) cajetín electrónico, c) estructura de estaciones fotovoltaicas localizadas en la ruta del sendero

### Casa Sostenible

La casa sostenible, ubicada al inicio del sendero Mirador, es un elemento clave en la enseñanza, representando un

proyecto innovador construido con materiales reciclados y energizada mediante energía solar y eólica. Este ejemplo ilustra claramente el concepto de economía circular en el ámbito de la infraestructura. Sus paredes están elaboradas con botellas de plástico recicladas, rellenas con materiales de construcción triturados y arena para garantizar durabilidad y resistencia. Además, se utiliza tubos de petróleo reutilizados para reforzar la estructura, proporcionando la seguridad y estabilidad estructural necesarias incluso en condiciones adversas. Además, se ha implementado un sistema de control para medir el confort, asegurando un ambiente interior óptimo en términos de temperatura, humedad y calidad del aire para sus ocupantes

Como parte esencial de esta fase, se llevaron a cabo capacitaciones en eficiencia energética dirigidas a estudiantes de las unidades educativas de nivel básico y bachillerato, equipándolos con las herramientas y conocimientos necesarios para optimizar el uso de recursos y reducir su huella ambiental. La Casa Sostenible sirve como un modelo de construcción eco-amigable, demostrando cómo la innovación puede coexistir armoniosamente con el entorno del bosque. (ver fig. 5)



Fig.5 a) casa sostenible b) paneles fotovoltaicos, c) eólico, d) sistema de monitorio y control de las condiciones de confort de la vivienda

### *C. Planificación, ejecución y calidad educativa de los recorridos por la zona del bosque Prosperina*

La planificación del modelo de enseñanza aprendizaje en un entorno viviente, viene acompañada de un plan de gestión que contempla lo siguiente: recurso didáctico, recurso humano y tiempo del recorrido para asimilar lo aprendido en la capacitación [7-8]. Siendo necesario realizar un análisis detallado de la cadena de valor para la gestión de enseñanza. El recorrido del sendero que abarca temáticas de; eficiencia energética, energías renovables y ecosistema.

Una cadena de valor es una herramienta estratégica que desglosa las actividades fundamentales de una empresa o



proceso para entender cómo agrega valor a sus productos o servicios. Por ello, se aplicó dicha herramienta en el contexto del recorrido por el sendero del bosque, cada actividad sea primaria o secundaria contribuye a la creación de una experiencia integral para los estudiantes de las unidades educativas.

El propósito fundamental del plan es realizar una evaluación de todos los aspectos esenciales relacionados con: la planificación, ejecución y calidad educativa de los recorridos por la zona del sendero del bosque Prosperina [9-10]. Se establecen diagramas de flujo necesarios para el entendimiento del servicio y su posible mejora, así como, se define recomendaciones buscando una mejora continua en la experiencia del servicio. Para lograr este objetivo, se implementará una metodología que combina la investigación de campo con una rigurosa investigación bibliográfica, permitiendo obtener una perspectiva amplia y profunda sobre el tema.

permite identificar áreas de mejora y oportunidades de crecimiento.

Es necesario indicar que se trata de un plan piloto dirigido solo a instituciones educativas de nivel básico, cuyos usuarios son visitantes entre 7 a 14 años.

El objetivo del plan es evaluar el mismo recorrido por grupos de edades; entre 7 a 8 años, entre 9 a 11 años y de 12 a 14 años, con la finalidad de conocer el interés de los estudiantes y valoración de actividades.

En la fig. 6 se presenta la cadena de valor establecida para el recorrido del sendero mirador.

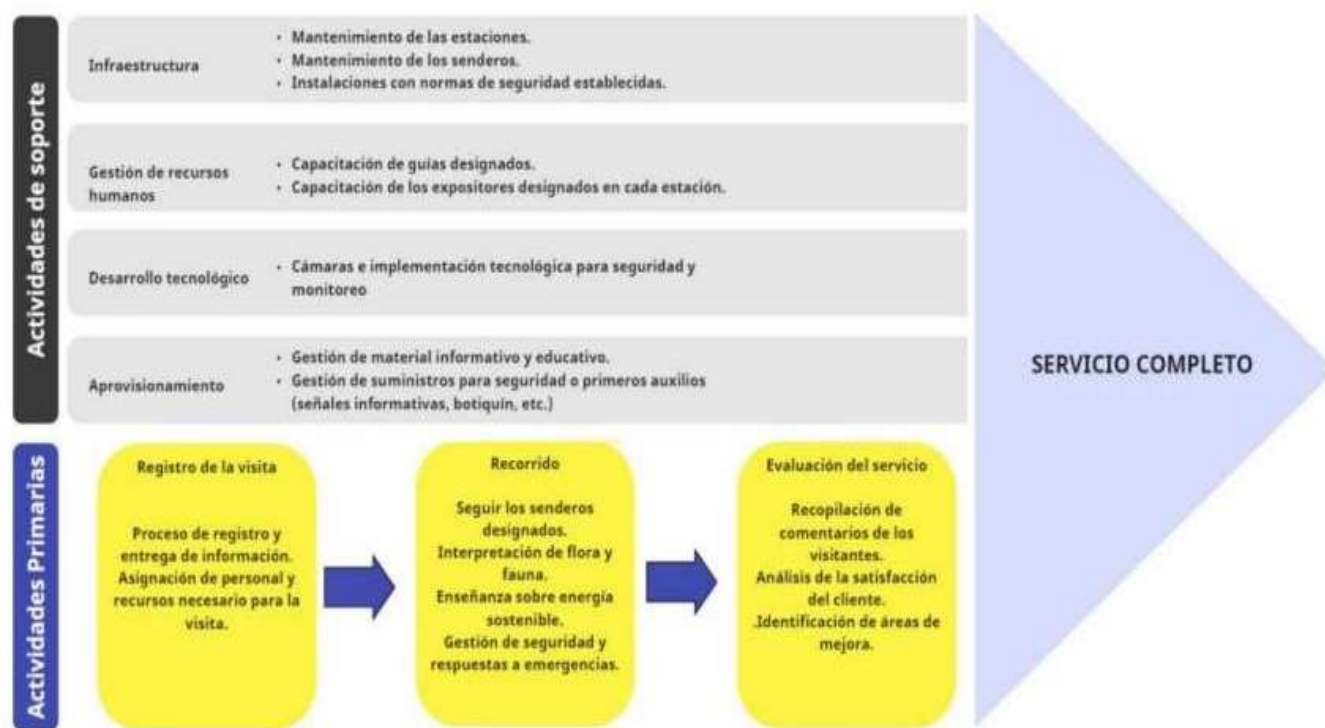


Fig.6 Cadena de valor del recorrido para el sendero Mirador

Como instrumento muestreo, se elaboran encuestas para realizar mediciones tanto inicial como final de la formación de los estudiantes de las unidades educativas medias. También, se realizó el análisis de tiempo del recurso educativo durante las capacitaciones, contenido y uso de materiales interactivos. Estas herramientas proporcionarán datos clave que permitirán evaluar el impacto y la efectividad de los recorridos educativos en la zona del bosque Prosperina del sendero Mirador, así mismo, nos

A continuación, se detallan las partes del documento matriz de la planificación de gestión para la enseñanza:

- ✓ Objetivos del plan (general y específicos)
- ✓ Servicio o recorrido
- ✓ Alcance del servicio, edad del visitante
- ✓ Itinerario y duración de la charla (llegada de los visitantes /transportación, y la estimación de la duración del recorrido entre 2 aproximadamente a partir del primer punto de interés. Para estimar un tiempo más exacto, es

necesario conocer el tiempo de cada actividad realizada en cada estación.

✓ Descripción de cada estación o punto donde se desarrollará la charla con fotos y localización.

✓ Detalle y actividad de cada estación con tiempo estimado, nombre de la persona que dictará la charla, recurso utilizado.

✓ Diagrama de flujo de registro de visita: en la planificación se establece el seguimiento del proceso desde obligaciones del colegio, obligaciones de responsable por ESPOL, responsabilidad del director del proyecto y programa, responsabilidad de transportación.

✓ Diagrama de responsabilidad por carrera o personas responsables encargados de dirigir a los estudiantes de las unidades educativas en cada estación de enseñanza.

✓ Evaluación. Tiende a enfocarse en determinar si los objetivos establecidos se cumplieron y buscar una mejora continua. Para ello es necesario realizar una serie de evaluaciones las cuales se dividen en dos partes: Evaluaciones en tiempo real y evaluaciones finales.

Evaluación en tiempo real: Evalúa el flujo del recorrido, si cumplen los tiempos establecidos en cada estación. Evaluar la relevancia de la información educativa proporcionada. Evaluar si la carga del recorrido es adecuada o excesiva para el grupo.

Evaluación final del recorrido: Se solicita la retroalimentación de parte de los visitantes mediante una encuesta sencilla donde se evalúa la efectividad de la seguridad del recorrido, aprendizaje y sugerencias.

En el plan, también se establecen indicadores, como: tiempo promedio de gestión. Logística del transporte (duración del trayecto). Efectividad de la seguridad (cantidad de accidentes durante el recorrido). Impacto ambiental (cantidad de desechos identificados después de la visita). Finalmente, se establece a detalle los protocolos de;

- ✓ Medidas de seguridad
- ✓ Plan de emergencia
- ✓ Flujo de personas durante el recorrido, para evitar la carga del ecosistema afectando a la fauna del lugar

#### D. Herramientas y materiales didácticos desarrollados

En el contexto del aprendizaje sobre energía renovables y eficiencia energética utilizando un entorno viviente (recorrido por el sendero), se han desarrollado una serie de herramientas y materiales didácticos con el objetivo de enriquecer la experiencia educativa y promover también la conciencia ambiental, la observación de la flora y fauna del bosque seco. Se desarrollaron las siguientes actividades:

1- Desarrollo de materiales didácticos diseñados para sensibilizar y capacitar a estudiantes de escuelas y colegios en temas relacionados con la energía y su relación con el entorno forestal. Estos materiales están diseñados para ser

interactivos y educativos, permitiendo a los estudiantes explorar conceptos complejos de manera accesible.

- 2- Desarrollo de guiones y filmación de videos que destacan el sendero mirador en conjunto con los sistemas fotovoltaicos instalados en el bosque. Estos recursos audiovisuales ofrecen una perspectiva inmersiva del entorno forestal y su relación con la energía renovable, brindando una experiencia educativa enriquecedora y memorable.
- 3- Desarrollo de un conjunto de fotografías destinadas a la creación de afiches, infografías y banners que ilustran de manera visual y atractiva los conceptos clave relacionados con la energía, flora y fauna, medidas de seguridad durante el recorrido. Estas imágenes son herramientas poderosas para la comunicación visual, permitiendo transmitir información de manera efectiva y llegar a una amplia audiencia de todas las edades.

En la fig. 7, se muestra los materiales didácticos realizados para la enseñanza a los estudiantes de las unidades educativas



Fig.7 Materiales didácticos educativos; videos y trípticos

#### E. Plan piloto

La próxima etapa del proyecto implicará la participación de las unidades educativas en el sendero. Para ello, se implementa el plan piloto dirigido a estudiantes de diferentes rangos de edad: 7 a 8 años, 9 a 11 años y 12 a 14 años. Todos los grupos trabajarán en el aprendizaje centrados en la eficiencia energética, y sostenibilidad. Además, se complementará la enseñanza para los primeros tres con el estudio del ecosistema local, es decir, la flora y fauna.

En el enfoque metodológico seleccionado integra el aprendizaje cooperativo con el aprendizaje basado en el pensamiento. En el caso de los estudiantes de ESPOL, se fomenta el aprendizaje cooperativo, y el intercambio de ideas entre los participantes. Por otro lado, para los estudiantes de las unidades educativas, se aplicará una metodología participativa y colaborativa que será valorada durante las actividades programadas en la visita al bosque.

### Plan de actuación

Una vez que los transportes hayan llevado a los visitantes al punto de encuentro, se da la bienvenida a todo el grupo en el centro de interpretaciones. En este lugar se explica las políticas de seguridad y ambiental pertinentes. Dado que se trata de un bosque tropical seco, es crucial mantenerse durante el recorrido educativo.

Posteriormente, se procede a dividir a los estudiantes en grupo según sus edades, asignando líderes responsables y supervisores del sendero, especialmente en los grupos con niños pequeños. Cada grupo será identificado con un nombre de equipo específico.

Antes de comenzar con las charlas en las diferentes estaciones, se realiza una encuesta inicial para evaluar el conocimiento de los visitantes

La duración estimada del recorrido será de aproximadamente 2 horas desde el primer punto de interés.

Se establece un sistema de alerta o señal por parte del líder del grupo para indicar a los expositores /capacitadores de las estaciones, el tiempo programado para cada fase de la formación.

Es fundamental recalcar que los líderes de los grupos asignados, así como profesores y directores, promuevan la calma y el orden. Por esta razón, se recomienda capacitar al personal en situaciones de emergencia. Además, se designará un estudiante de ESPOL con conocimiento en primeros auxilios para brindar apoyo en caso de emergencia durante todo el recorrido.

#### Recorrido del sendero

El recorrido del sendero inicia desde;

a) Centro interpretaciones: Se resalta la importancia de preservar el bosque y se explica en una visión general la flora y fauna local, mediante el uso de imágenes, infografías y representaciones de animales.

Duración: 15 min

b) Casa sostenible: Se muestra la infraestructura de una casa sostenible a través de una maqueta, utilizando también infografías, videos y trípticos, así como materiales reciclables para la enseñanza. Se explican los principios fundamentales de la energización de la vivienda a partir del uso de energías renovables, junto con ejemplos cotidianos de eficiencia energética. Duración: 30 min.

c) Semilleros y viveros: Se aborda la diversidad de semillas locales, la importancia del bosque y el proceso de crecimiento de plantas y cultivos. Se lleva a cabo una actividad de recolección de semillas del área. Duración: 20 min.

d) Plantaciones: Se presentan información sobre las plantaciones presentes en la zona. Duración: 10 min.

e) Estación ceibo Elefante: Se detalla la importancia y conservación de los árboles de Ceibos, destacando su condición de especie endémica del bosque seco. Duración: 6 min.

f) Estación fotovoltaica autónoma de 50 W: Se explican los componentes de las estaciones fotovoltaicas y la

contribución a la energización de los equipos de monitoreo del sendero. Se utilizan afiches y trípticos para facilitar la comprensión. Duración :15 min

g) Punto de Descanso: Brinda a los visitantes la oportunidad de descansar e hidratarse. En el sitio se realizan actividades recreativas, como rompecabezas, y se invita a escuchar los sonidos de la fauna local. Duración: 12 min.

h) Estación Mirador: Desde este punto, los visitantes pueden admirar el paisaje del río Guayas y su malecón. Se realiza una breve reseña del lugar, resaltando la flora y fauna del Bosque a partir de la observación desde el punto más alto del sendero. Duración: 25 min.

Al finalizar el recorrido, se lleva a cabo una evaluación del aprendizaje de los grupos de estudiantes pertenecientes a las unidades educativas participantes, con el fin de recopilar información para futuras mejoras. Se solicita a los participantes que identifiquen los aspectos positivos y negativos de su experiencia. Posteriormente, se analizan los resultados de cada grupo piloto, basándose en las observaciones y reacciones registradas durante el recorrido.

En las figuras 8, 9 y 10, se muestran imágenes de las pruebas piloto llevadas a cabo por cada grupo de evaluación. Es importante destacar que se elaboraron guiones específicos para las charlas, adaptados a las edades de los participantes en cada grupo evaluado.



Fig.8 Actividades desarrolladas con los grupos de estudiantes entre 7 a 8 años



Fig.9 Actividades desarrolladas con los grupos de estudiantes entre 9 a 11 años





Fig.10 Actividades desarrolladas con los grupos de estudiantes entre 12 a 14 años

### III. RESULTADOS

#### A. Resultados de la valoración de la metodología aplicada por cada grupo y propuestas de mejoras

Después de analizar cada etapa del recorrido detenidamente por cada grupo, se observó que la duración promedio del recorrido fue de aproximadamente 2 horas y 20 minutos, siendo particularmente notable en los grupos de edades comprendidas entre los 7 y 8 años. Estos hallazgos se fundamentan en la evaluación cuantitativa y las sugerencias brindadas por profesores y estudiantes de las instituciones educativas participantes.

En respuesta a estos hallazgos, se ha optado por implementar dos tipos de recorridos adaptados para el aprendizaje. Se ha observado que el grupo de niños más pequeños (de 7 a 8 años) ha percibido el recorrido como un desafío considerable y bastante agotador, lo que ha motivado la revisión y ajuste de las actividades propuestas. En este sentido, se han introducido cambios significativos para asegurar una experiencia más adecuada y enriquecedora para este grupo específico de estudiantes. Basándonos en estas consideraciones, se ha decidido que los estudiantes de este grupo se enfocarán en un recorrido más corto, centrado en cuatro estaciones principales:

- Centro de Interpretación: Con actividades relacionadas con la fauna y juegos
- Estación del Vivero: Se aprenderán sobre la flora del bosque con actividades de preguntas y respuestas, así como, se establecerá un espacio para siembra de plantas
- Estación Semillero: Se recolectarán semillas del lugar
- Estación Fotovoltaica: Se explicará el beneficio del uso de energías renovables y el ahorro de energía en casa, con ejemplos de la vida cotidiana. Además, se dispondrá de áreas con rompecabezas y trivias

Se han desarrollado actividades complementarias específicamente diseñadas para reforzar el proceso de aprendizaje, proporcionando una experiencia que se ajuste a lo largo de su formación estudiantil. De esta manera, se garantiza que el programa de aprendizaje sea beneficioso y adecuado para todas las edades y niveles de desarrollo.

Durante el recorrido llevado a cabo por el grupo de niños de 9 a 11 años, se notó que no surgieron dificultades significativas en cuanto a la complejidad tanto del trayecto como del aprendizaje adquirido en las diversas estaciones. Sin embargo, al recopilar las opiniones y observaciones de los participantes, surgieron varias sugerencias para mejorar la experiencia y enriquecer el contenido ofrecido.

Entre las recomendaciones más destacadas se encuentra la sugerencia de incorporar más imágenes de fauna en la estación Mirador, con el objetivo de enriquecer la experiencia visual de los participantes. Además, se propuso la disponibilidad de binoculares para mejorar la observación desde esta estación, así como la organización de una campaña informativa sobre la importancia de llegar a este punto específico del recorrido. Otro aspecto resaltante fue la importancia subrayada por los participantes sobre la necesidad de contar con estaciones de hidratación a lo largo del recorrido considerando las características del entorno del bosque tropical seco.

En relación con el contenido sobre la capacitación en energías renovables y eficiencia energética, se confirmó que fue abordado de manera satisfactoria, como lo evidenció el alto porcentaje de estudiantes (80%) que respondieron correctamente las preguntas relacionadas a esta temática. Sin embargo, se reconoce la oportunidad de introducir nuevas actividades recreativas en cada estación para mantener el interés y la participación de los estudiantes a lo largo de todo el recorrido.

Se propone la incorporación de actividades adicionales que complementen la experiencia educativa, fomentando la exploración interactiva del entorno natural y promoviendo una comprensión más profunda de los conceptos tratados. Se introduce una nueva estación llamada "Mapa", que permitirá explicar los beneficios del recorrido. Estas medidas están diseñadas para enriquecer aún más la experiencia de aprendizaje y garantizar un impacto positivo y duradero en los participantes del proyecto.

En relación con el grupo de visitantes comprendidos entre las edades de 12 a 14 años, siendo procedentes de las unidades educativa secundarias, participaron en el recorrido aproximadamente 2 horas, diseñado específicamente para abordar de manera más detallada y profunda la temática de energías renovables (solar y eólica), eficiencia energética y tecnologías existentes en este ámbito. Durante esta experiencia educativa, se enfatizó la importancia del impacto presente y futuro del ecosistema y la sociedad.

Con el objetivo de garantizar una comprensión adecuada y una interacción significativa con los beneficiarios, se recomienda la formación de grupos reducidos de 7 personas. Esta medida permite una mejor explicación de los conceptos clave y promueve una mayor participación e interacción entre los participantes y los guías encargados del recorrido.

En este contexto, se han incorporado diversas actividades destinadas a enriquecer la experiencia de aprendizaje y promover una comprensión más holística de los temas tratados. Entre estas actividades se incluyen prácticas relacionadas con la agricultura sostenible, el uso de

materiales interactivos para facilitar la comprensión de conceptos abstractos, y la realización de encuestas de conocimiento al inicio y al final del recorrido. Además, se invita a los participantes a reflexionar sobre su visión personal de un futuro sostenible y su contribución a la sostenibilidad energética dentro de sus propias unidades educativas.

Estas actividades adicionales tienen como propósito no solo consolidar el conocimiento adquirido durante el recorrido, sino también fomentar una mayor conciencia ambiental y promover acciones concretas hacia la sostenibilidad en el ámbito escolar y porque no mucho más allá resolviendo soluciones a problemas ambientales o mejorando sus hábitos energéticos.

Se espera que esta experiencia educativa contribuya a empoderar a los jóvenes como agentes de cambio e inspirarlos a adoptar prácticas más responsables y sostenibles en su vida diaria y en su comunidad

#### B. *Servicio comunitario hacia la comunidad.*

El proyecto contó con la participación de 34 estudiantes, de ESPOL distribuidos de la siguiente manera: 18 estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, un estudiante de la carrera de Diseño de Productos, un estudiante de la carrera de Diseño Gráfico, 3 estudiantes de la carrera de Producción para Medios de Comunicación, un estudiante de Ingeniería Industrial, 3 estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización, 2 estudiantes de Ingeniería Química, 4 estudiantes de Mecatrónica y un estudiante de la carrera de Biología.

Los estudiantes de las diversas carreras de ESPOL son los protagonistas del proyecto y serán quienes impartirán los conocimientos adquiridos a los beneficiarios. Esto implica adaptar su lenguaje para que sea comprensible para el público, cambiando su dialecto a uno más accesible

Durante todas las etapas del proyecto el profesor tutor realiza reuniones semanales para revisión de avance de actividades planificadas, control y evaluación de los aprendizajes de los estudiantes, garantizando que las actividades planificadas se cumplan en el plazo establecido.

Las metodologías aplicadas fueron diversas, pero todas estaban centradas en la participación de los estudiantes de ESPOL en buscar mecanismo para poder llevar su conocimiento a los estudiantes de las unidades educativas.

##### *Aprendizaje activo:*

Este enfoque busca los estudiantes de ESPOL sean protagonistas de la clase, es decir, que participen directamente en su aprendizaje mediante preguntas y actividades, empoderándose del proyecto.

##### *Aprendizaje basado en problemas:*

Se presentan a los estudiantes de ESPOL problemas actuales que enfrenta Ecuador, especialmente relacionados con la eficiencia energética, destacando posibles soluciones e incentivándolos a formar parte de la búsqueda de estas soluciones.

##### *Aprendizaje de servicio:*

Este enfoque de aprendizaje involucra a los estudiantes participantes en la adquisición de conocimientos no solo de las sesiones de preparación, sino también del aprendizaje derivado de la experiencia del servicio. Se destaca la mejora de habilidades sociales y educativas como parte integral de estas metodologías.

#### C. *Metodología desarrollada en el proyecto para fomentar las capacidades de los estudiantes de nivel escolar*

La metodología de capacitación de los estudiantes se centra en la enseñanza de conceptos relacionados con la eficiencia energética, las energías renovables y la conservación del medio ambiente, adaptados a las diferentes edades y niveles educativos. Se divide en grupos según las edades de los participantes, con actividades específicas diseñadas para cada grupo. Se implementan estrategias de aprendizaje activo, basado en problemas y de servicio para involucrar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y promover una comprensión profunda de los temas tratados.

El desarrollo del proyecto es de importancia a nivel institucional al enfocarse en la implementación de medidas concretas para mejorar la sostenibilidad del sendero Mirador de ESPOL, siendo un recurso natural de la Ciudad de Guayaquil. Se busca que, al adaptar tecnología, como el uso de energía solar fotovoltaica para la energización de cámaras de audio y el apoyo a actividades de control del sendero. Además, se busca concientizar a la comunidad sobre la eficiencia energética, la conservación y el cuidado del medio ambiente. Este aspecto del proyecto implica la colaboración de estudiantes universitarios de diversas disciplinas, quienes aplican sus conocimientos para contribuir a soluciones innovadoras para los desafíos ambientales actuales.

## IV. CONCLUSIONES

El proyecto ha logrado avanzar significativamente hacia el cumplimiento de su objetivo principal de contribuir a la sostenibilidad del sendero Mirador. A través de la adaptación tecnológica y uso de energías renovables específicamente solar fotovoltaica para la energización de cámaras de audio y el apoyo a actividades de control del sendero, también para el uso de los usuarios y estudiantes de ESPOL que visitan el bosque. Además, se ha logrado la concientización de la comunidad en temas de eficiencia energética, conservación y cuidado del ambiente, para establecer una base sólida para la promoción de prácticas más sostenibles y la protección del ecosistema local.

En relación con el plan de la metodología establecida para la capacitación de los estudiantes de escuela y colegios. La segmentación de los grupos por edades ha demostrado ser una estrategia efectiva para adaptar el contenido educativo a las necesidades y capacidades específicas de cada grupo,

garantizando así una experiencia más enriquecedora y significativa para los participantes.

La incorporación de actividades interactivas y prácticas, como encuestas de conocimiento inicial y final, así como reflexiones sobre visiones futuras de sostenibilidad, ha promovido una participación y una mayor reflexión por parte de los beneficiarios de los tres grupos.

La integración de temas clave, como las energías renovables, la eficiencia energética y la conservación del ambiente, en el programa educativo, ha contribuido significativamente a la sensibilización y concienciación de la comunidad respecto a la importancia de adoptar prácticas más sostenibles y responsables en su vida cotidiana. Estos temas no solo se han abordado teóricamente, sino que también se han complementado con actividades prácticas y experiencias tangibles, lo que ha fortalecido el impacto educativo del proyecto, evidenciándose especialmente en los grupos de colegios de edades de 12 a 14 años.

Finalmente, podemos indicar que la implementación de un proyecto educativo multidisciplinario, centrado en la sostenibilidad y la eficiencia energética, ha demostrado ser una estrategia efectiva para involucrar a estudiantes de diversas áreas. A través de metodologías activas y participativas, los estudiantes han fortalecido sus habilidades académicas y sociales, al tiempo que han contribuido al desarrollo de soluciones innovadoras para los desafíos actuales en materia de energía y ambiente. El compromiso de los profesores tutores y la colaboración entre los diferentes participantes han sido fundamentales para el éxito del proyecto, que no solo ha generado un impacto positivo en la comunidad educativa, sino que también ha fomentado el empoderamiento de los jóvenes como agentes de cambio hacia un futuro más sostenible.

## V. RECOMENDACIONES

Al ser una prueba piloto, se recomienda continuar evaluar distintos grupos de unidades educativas de la ciudad de Guayaquil con la finalidad de establecer una metodología de enseñanza acertada, donde la atención a las sugerencias y recomendaciones de los beneficiarios de las unidades educativas ha sido fundamental para mejorar continuamente la calidad y pertinencia del programa educativo ofrecido.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al Decanato de vinculación con la Sociedad de ESPOL, a los estudiantes diferentes carreras que participaron en el proyecto “Estaciones autónomas fotovoltaicas como soporte técnico logístico para bosques” al Centro de Desarrollo Tecnológico Sostenible CDTS-de la FIMCP.

## REFERENCIAS

- [1] .E. S. P. O.L, «Bosque Protector Prosperina,» ESPOL, 2019. [En línea]. Available: <http://www.bosqueprotector.espol.edu.ec/>. [Último acceso: 15 Enero 2024].
- [2] E. Delgado-Plaza, G. Intriago, J. Peralta-Jaramillo, P. Piedrahita y Velázquez-Martí, «autonomous Installations for Monitoring the “Protector Prosperina“ Forest.,» *Applied Sciences*, vol. 9, nº 19, p. 4039, 2019.
- [3] N. Unidas, «Objetivos de desarrollo Sostenible,» PNUD, 2016. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 15 enero 2024].
- [4] Emerita Delgado-Plaza, «Case Study: Use of the platform and digital tools for education sustainable development, within the framework of the "COVID-19" pandemic,» 19thLACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Prospective and trends in technology and skills for sustainable social development” "Leveraging emerging technologies to construct the future", 19 July 2021.
- [5] Peralta, J., Delgado, E., Lopez, A., Sosa, I., & Otero, C. (2013). IDENTIFICACION Y EVALUACION DEL POTENCIAL DE RECURSOS RENOVABLES EN EL ECUADOR Y SU VIABILIDAD DE DESARROLLO LOCAL. Buenos Aires: CAIM III
- [6] Barriga, A E. Delgado, J. Guevara, J. Peralta, “Introducción al Estudio de Fuentes Renovables de Energía”. Guayaquil, Ecuador, ESPOL LATIN, 2014.
- [7] M. Shobokshy, Rauschmayer, F., Wittmer, H., & Coenen, F. (2012). Sustainability assessment and governance of forest biomass production in a local context. *Environmental Impact Assessment Review*, 32, 110-121.
- [8] Macqueen, D. (2016). Forests, climate change and sustainability: The role of the REDD+ mechanism. *Environmental Science & Policy*, 55, 316-321.
- [9] Meilby, H., Nielsen, O. F., & Larsen, H. O. (2013). Forest governance and sustainable forest management: The role of integrated assessments. *Environmental Science & Policy*, 25, 81-89.
- [10] Vargas-Moreno, J. C., Blanco-Canqui, H., & Weller, S. C. (2012). Factors influencing the adoption of conservation practices by landowners in the United States: A review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 67, 408-417