



**FACULTAD DE ESTUDIOS EN AMBIENTE PRESENCIAL
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

PROYECTO DE GRADO (PREGRADO PRESENCIAL) - GRUPO 1

**GUIA 1 – SIMULACIÓN DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE RECICLAJE PARA
PRODUCTOS CON IDENTIFICACIÓN**

AUTOR

DAVID FABIAN GALVIS BARRERA

MICHAEL SEBASTIAN RODRIGUEZ ORIGUA

TUTOR

LINA MARÍA RIVERA CHACÓN

BOGOTÁ, D.C., JUNIO 2024

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto busca realizar un prototipo de un sistema de automatización de reciclaje en el campus universitario, con el objetivo de aumentar la participación en prácticas sostenibles. La comunidad podrá registrar sus productos reciclables como envases y botellas, a través de un sistema que asignará puntos canjeables por incentivos. La metodología incluirá sistema de reconocimiento biométrico y el desarrollo de una plataforma tecnológica con identificación de productos mediante códigos de barras, anticipando que este enfoque motive la conciencia ambiental.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de residuos se ha convertido en un desafío crucial en la actualidad, dada la creciente preocupación por el impacto ambiental y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles, surge la necesidad de desarrollar sistemas automáticos de reciclaje que optimicen la clasificación de productos, especialmente aquellos con identificación.

El prototipo que se presentará aborda esta problemática al proponer un Sistema Automático de Reciclaje para Productos con Identificación. Este sistema busca incorporar tecnologías avanzadas, como la identificación del usuario mediante QR y lectura por códigos de barras de los productos, para mejorar la eficiencia y precisión en el proceso de reciclaje.

Además de contribuir a la reducción de la huella ambiental de la universidad, el sistema también busca fomentar la participación de la comunidad estudiantil y del personal en la práctica del reciclaje. Se prevé que la implementación de un sistema automatizado haga que el proceso de reciclaje sea más accesible y eficiente, incentivando la adopción de hábitos más sostenibles.

La identificación de productos desempeña un papel crucial en la gestión de residuos, ya que permite diferenciar entre materiales reciclables y no reciclables de manera más precisa.; En este contexto, nuestro prototipo promoverá la adopción de prácticas de reciclaje más efectivas y sostenibles.

OBJETIVOS

General:

Desarrollo de una modulación de sistema automático de reciclaje para productos con identificación en el campus universitario, a través de la automatización del proceso de reciclaje mediante sistemas QR y lectores de código de barras.

Específicos:

- Investigar sobre la implementación de autenticación QR y códigos de barras a una plataforma.
- Desarrollar el prototipo de software necesario para el funcionamiento del sistema, incluyendo algoritmos de clasificación de productos reciclables basados en lecturas de códigos de barras y datos QR
- Establecer un sistema de puntos que recompensa la participación de la comunidad universitaria en prácticas sostenibles.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La gestión eficaz de residuos se presenta como un desafío fundamental en la actualidad, dada la constante elevación en la generación anual de desechos. Con el incremento de la población y las interacciones sociales, la conciencia ambiental adquiere mayor relevancia, generando la necesidad de migrar hacia prácticas más sostenibles. Como señalan Declercq y Sanz-Bas (2023), la relación entre el ser humano y el entorno se basa en la utilización de recursos naturales y los impactos ambientales derivados de las actividades humanas.

Según el Banco Mundial, si persiste la actual tendencia de generación de residuos sin tomar medidas adecuadas para mejorar su gestión o tratamiento, y con patrones de producción y consumo poco sostenibles, se anticipa que para el año 2030 se enfrentarán emergencias sanitarias en la mayoría de las ciudades del país y se registrará una elevada emisión de gases de efecto invernadero (Kaza et al., 2018).

Enfocando la atención en Bogotá, se evidencia que la ciudad genera aproximadamente 7,500 toneladas de residuos al día, de las cuales solo se aprovecha alrededor del 16%, gracias a la colaboración ciudadana y al esfuerzo de más de 22 mil recicladores de oficio (Johan Malaver Aguilar, s.f.). Desde esa perspectiva, surge la necesidad imperiosa de ofrecer soluciones concretas a nivel local (Malaver, 2024).

En el contexto de la Universidad EAN, se ha decidido abordar esta problemática desde la ingeniería de sistemas. A través de la implementación de un prototipo del aplicativo, se busca automatizar el proceso de reciclaje en la institución educativa. Este aplicativo no solo simplificaría el acto de reciclar para la comunidad universitaria, sino que también fomentaría una mayor participación, incrementando la producción total de reciclaje. Esta iniciativa contribuiría directamente al objetivo principal de aprovechar eficientemente los recursos y

reducir el impacto ambiental, al mismo tiempo que promovería la participación activa de más personas en la solución de esta problemática.

De acuerdo con estudios realizados por estudiantes de la Universidad EAN, el 77.3% de la comunidad Eanista valora altamente la importancia del reciclaje. Sin embargo, menos del 58% practica el reciclaje fuera de su hogar. A pesar de la significativa valoración que la comunidad Eanista otorga al reciclaje, persiste un desconocimiento generalizado sobre la correcta disposición de residuos, incluyendo materiales contaminados con sustancias biológicas, restos de alimentos y materiales reciclables como el metal (Fierro, 2021).

En términos temporales, se limitará al período de implementación, enfocándose en el presente y futuro inmediato, y en cuanto a la ubicación, se restringirá a las instalaciones universitarias. Los participantes del estudio abarcarán la comunidad universitaria. La recolección y análisis de datos se centrarán en la participación y percepciones de los usuarios antes y después de la implementación, con énfasis en un enfoque ético sólido que garantice la privacidad de los participantes y obtenga consentimiento informado de manera transparente. El objetivo del estudio es contribuir al conocimiento en gestión de residuos, proponiendo una solución local para mejorar la eficiencia del reciclaje en entornos universitarios, con variables medibles que incluirán la tasa de participación y la percepción de eficacia del prototipo.

En el ámbito universitario, la sostenibilidad, la innovación y el emprendimiento han adquirido un papel fundamental en sus actividades interdisciplinarias. Esta orientación ha facilitado la incorporación de enfoques novedosos en distintas áreas de la institución, la cual se empeña constantemente en renovarse. (Ean, 2021)

Este proyecto se alinea de manera coherente con las políticas de sostenibilidad de la Universidad, buscando impulsar y poner en práctica estas directrices mediante una iniciativa específica. Nuestra meta es aplicar nuestros conocimientos e investigaciones para desarrollar

un modelo que no solo aborde, sino que también ofrezca una solución concreta a la problemática ambiental planteada. Este enfoque respalda el compromiso de la universidad con la sostenibilidad, utilizando la ingeniería de sistemas como un medio para convertir principios teóricos en acciones prácticas y sostenibles.

JUSTIFICACIÓN

El problema central radica en la baja participación estudiantil en prácticas de reciclaje en el campus universitario, generando desafíos ambientales. La falta de un sistema eficiente de gestión de residuos y la escasa conciencia sobre la importancia del reciclaje han creado un problema medioambiental. El propósito de la investigación es enfrentar este desafío desarrollando un sistema de automatización del reciclaje que en el futuro pueda ser implementado para motivar y educar a los estudiantes sobre la importancia de sus acciones en la preservación del medio ambiente.

La modelación del sistema responde de manera urgente a la necesidad de fomentar la participación de los estudiantes en prácticas sostenibles y abordar los desafíos ambientales actuales. La simplificación del proceso mediante la incorporación de tecnologías como la identificación a través de códigos de barras y QR no solo mejora significativamente la eficiencia, sino que también facilita la adopción generalizada del sistema.

Desde una perspectiva teórica y de desarrollo, la ejecución de este sistema les brinda a ellos la oportunidad de aplicar y consolidar los conocimientos adquiridos durante su formación académica. Al emplear herramientas como páginas web, conexión a bases de datos, implementación de APIs, lectores de códigos de barras y QR, están contribuyendo al desarrollo de un sistema integral. Además, el proyecto implica la exploración y aplicación de tecnologías innovadoras, ampliando así su conjunto de habilidades y preparándolos para afrontar desafíos futuros.

Este enfoque no solo se centra en resolver una problemática inmediata, sino que también tiene un impacto a largo plazo al contribuir a la formación de ciudadanos conscientes y sentar las bases para un futuro más sostenible. Además, al ser un modelo replicable, el proyecto

puede inspirar y orientar a otras instituciones educativas, contribuyendo así a la construcción de un entorno global más sostenible.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Interfaz de Usuario:

- Se podría implementar un sistema de reconocimiento QR para identificar a los usuarios autorizados que interactúan con el sistema de reciclaje.
- Una vez que el sistema identifica al usuario, puede personalizar la experiencia mostrando información relevante, como sugerencias de reciclaje o mensajes de agradecimiento personalizados.
- Se pueden agregar indicadores visuales o auditivos para guiar a los usuarios durante el proceso de reciclaje y proporcionar retroalimentación sobre el estado del sistema.

Control y Automatización:

- Es esencial elegir un lector que sea compatible con ASP.NET, el lenguaje que hemos seleccionado, o que pueda integrarse de forma sencilla mediante APIs u otras soluciones disponibles.
- Se agregan controles como TextBox o Label para mostrar los datos del código de barras una vez que hayan sido leídos.
- Se desarrolla código en el lado del servidor para leer el código de barras del lector y mostrar los datos en la interfaz de usuario.
- Se implementan medidas para gestionar cualquier inconveniente (manejo de errores) que pueda surgir durante la lectura del código de barras, como una conexión interrumpida o datos incorrectos, en toda la aplicación.
- Se llevan a cabo pruebas exhaustivas para asegurar que la lectura del código de barras funcione correctamente en distintos escenarios y con diversos tipos de códigos de barras.

- De ser necesario, se optimiza el rendimiento de la aplicación ASP.NET para garantizar una lectura rápida y eficiente del código de barras.
- Se pueden utilizar controladores programables (PLC) u otros sistemas de control embebido para implementar la lógica de control y la interfaz con el usuario.
- La programación y el desarrollo de software son aspectos críticos para garantizar el funcionamiento eficiente y seguro del sistema automatizado.
- El sistema deberá estar equipado con un lector de códigos de barras que pueda escanear y decodificar la información contenida en los códigos de barras de los productos.
- Se debe mantener una base de datos actualizada que vincule los códigos de barras con la información relevante sobre los productos, como el tipo de material, las instrucciones de reciclaje y la ubicación del contenedor correspondiente
- La información obtenida de los códigos de barras puede integrarse con el sistema de control para dirigir automáticamente los productos al contenedor de reciclaje adecuado según su tipo de material.
- Es importante asegurarse de que el sistema sea compatible con los estándares de códigos de barras utilizados comúnmente en la industria para garantizar la interoperabilidad con una amplia gama de productos.

Pruebas y Validación:

- Es fundamental realizar pruebas exhaustivas en todas las etapas del desarrollo del prototipo para identificar y corregir posibles problemas.
- Se deben realizar pruebas de funcionamiento para garantizar que el sistema cumpla con los requisitos de rendimiento y precisión establecidos.

- Las pruebas de seguridad son esenciales para verificar que el sistema cumpla con las normativas y estándares de seguridad aplicables.

Desarrollo del Software:

- La aplicación web requeriría un mínimo de 2 GB de memoria RAM para un desempeño adecuado, permitiendo que tanto el sistema operativo como las aplicaciones se ejecuten sin problemas.
- Como mínimo un procesador de doble núcleo con una velocidad no menor a 1.5 GHz sería esencial. Esto permite suficiente capacidad de procesamiento para ejecutar aplicaciones básicas sin retrasos significativos.
- La aplicación requiere un mínimo de 32 GB de almacenamiento en disco sería necesario para instalar el sistema operativo. Esto aseguraría suficiente espacio para múltiples aplicaciones básicas.
- En relación a la conectividad, es esencial subrayar que la aplicación está diseñada para operar de manera local, por lo tanto, no depende de una conexión a Internet para su funcionamiento. En este caso específico, el acceso a la red no es un requisito.
- Respecto al sistema operativo, hemos decidido emplear Windows para este prototipo. Esta selección se fundamenta en nuestras necesidades y preferencias, ya que el sistema operativo Windows proporciona una interfaz conocida y una amplia compatibilidad con software de terceros, lo que simplificará el desarrollo y la evaluación del prototipo almacenado localmente.
- Diseñar una arquitectura de software modular y escalable que permita la fácil integración de nuevas funcionalidades y la adaptación a futuras expansiones del sistema.

- Desarrollar una interfaz de usuario atractiva y fácil de usar que ofrezca una experiencia fluida para los usuarios finales, incluyendo tanto la interfaz física en los puntos de reciclaje como la interfaz digital en la plataforma en línea.
- Implementar un sistema de gestión de bases de datos eficiente y seguro para almacenar y procesar la información de los usuarios, los productos reciclables y las transacciones de puntos.
- Utilizar tecnologías modernas de desarrollo de software, como frameworks de desarrollo web (por ejemplo, Django, Laravel) y lenguajes de programación (por ejemplo, C#, ASP.Net), para garantizar la eficiencia, la seguridad y la mantenibilidad del código.
- Incorporar funcionalidades de seguridad avanzadas, como la encriptación de datos, el control de acceso basado en roles y la detección de actividades sospechosas, para proteger la integridad y la confidencialidad de la información del sistema.
- Realizar pruebas exhaustivas de software, incluyendo pruebas de unidad, pruebas de integración y pruebas de aceptación del usuario, para garantizar la estabilidad y la calidad del producto final.

Sistema de Puntos y Recompensas

- En nuestra iniciativa, se aceptan envases de cartón, plástico y metal, siempre que cuenten con un código de barras para su identificación.
- Cada envase reciclable entregado generará puntos, determinados por el tipo de material (- Envases de cartón: 10 puntos. -Envases de plástico: 8 puntos. - Envases de metal: 15 puntos)

- Los puntos acumulados podrán ser canjeados por diversos incentivos, como descuentos en establecimientos colaboradores, productos respetuosos con el medio ambiente.
- Para participar en nuestro programa, es necesario registrarse y crear una cuenta de usuario. Los puntos acumulados no tienen fecha de caducidad, aunque nos reservamos el derecho de ajustar los términos y condiciones en cualquier momento para mejorar el programa.
- Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar que permita a los usuarios registrar sus acciones de reciclaje, consultar su saldo de puntos y canjear sus recompensas.
- Implementar un sistema de gestión de puntos robusto y seguro que garantice la integridad y la confidencialidad de los datos de los usuarios, cumpliendo con las regulaciones de protección de datos.

Simulación

- Se llevaría a cabo una evaluación completa de la aplicación, incluyendo pruebas con usuarios.
- Se podría invitar a personas ajenas al ámbito tecnológico para evaluar su desempeño.
- El propósito es explorar todas las acciones posibles por parte del usuario y detectar posibles fallos del diseño.
- A pesar de ello, se mantiene un proceso constante de actualización y mejora.
- En esta simulación, se replicaría el proceso completo de registro de reciclaje que realiza el usuario.
- De tener éxito, se ampliaría el número de usuarios involucrados en la prueba para validar la efectividad de la aplicación.

- Analizar los resultados de la emulación y realizar ajustes necesarios en el prototipo para optimizar su rendimiento y satisfacer las necesidades de los usuarios.

Documentación y Documentación de Diseño:

- Se debe mantener una documentación detallada de todos los aspectos del diseño, incluidos los requisitos, las especificaciones, los diagramas de diseño, los planos y los manuales de usuario.
- La documentación adecuada facilitará la replicación del diseño, la solución de problemas y el mantenimiento futuro del sistema.

MARCO DE REFERENCIA

Antecedentes del proyecto

Antecedentes directos:

El estudio "Conocimiento y Aplicación de Prácticas de Reciclaje dentro de la Comunidad Eanista" realizado por Fierro et al. (2021) reveló una brecha significativa entre la percepción de la importancia del reciclaje y su aplicación práctica dentro de la Universidad EAN.

Aunque la mayoría de la comunidad reconoce la importancia del reciclaje, menos del 58% lleva a cabo esta práctica fuera de sus hogares. Esto indica un claro desconocimiento sobre cómo realizar correctamente la disposición de residuos, lo que incluye tanto materiales reciclables como aquellos contaminados con sustancias biológicas o restos de comida.

Además, el estudio exploró la relación entre la aprobación y el conocimiento de las prácticas de reciclaje con variables demográficas como la edad y el tiempo de vinculación a la universidad. Sorprendentemente, no se encontraron diferencias significativas en la aprobación del reciclaje según el género, pero el grupo de edad de 31-40 años mostró un mayor porcentaje de aprobación. Sin embargo, este mayor nivel de aprobación no se tradujo en un mayor conocimiento o aplicación de las prácticas de reciclaje. Además, se esperaba que aquellos con más tiempo de vinculación a la universidad mostraran un mayor conocimiento y aplicación del reciclaje, pero los resultados indicaron lo contrario.

Estos hallazgos destacan la necesidad de implementar soluciones innovadoras para promover el reciclaje dentro de la comunidad universitaria. Un proyecto interno previo,

Reciclapp, desarrollado en 2017, compartió objetivos similares al proyecto actual. Aunque aún en desarrollo, esta aplicación móvil busca fomentar el reciclaje entre los miembros de la comunidad universitaria, brindando información sobre prácticas sostenibles y facilitando la participación a través de desafíos y actividades relacionadas con el reciclaje.

Además, estudios similares realizados en otras universidades, como el estudio de Implementación de un Sistema de Reciclaje Automatizado en una Comunidad Universitaria (Smith et al., 2020) y el Desarrollo de un Prototipo de Sistema de Reciclaje Inteligente para Universidades (García y Martínez, 2019), han demostrado que la automatización puede incrementar significativamente la tasa de reciclaje y la conciencia ambiental entre los estudiantes.

Estos antecedentes respaldan la propuesta del proyecto actual de desarrollar un prototipo de sistema automático de reciclaje para productos con identificación en el campus universitario. Al incorporar tecnologías avanzadas, como la identificación mediante códigos de barras y sistemas biométricos, este proyecto busca aumentar la participación en prácticas sostenibles y abordar la brecha entre la percepción y la aplicación del reciclaje dentro de la Universidad EAN.

Marco Teórico

Tecnología Biométrica:

La tecnología biométrica ha emergido como una herramienta clave en una variedad de aplicaciones, desde la seguridad hasta la gestión de identidades. Jain, Ross y Nandakumar (2016) ofrecen una visión exhaustiva de los avances en este campo, destacando la capacidad de la tecnología biométrica para identificar de manera precisa y confiable a individuos a través de características físicas únicas como huellas dactilares y rasgos faciales. En el

contexto del reciclaje, la implementación de tecnología biométrica permite una identificación sin fisuras de los usuarios que participan en programas de reciclaje, lo que facilita la asignación de puntos y recompensas personalizadas. Estos sistemas biométricos han demostrado ser efectivos para motivar la participación y mejorar la precisión en la recolección de materiales reciclables.

Investigaciones recientes, como las realizadas por Li, Chen y Feng (2019), han explorado las aplicaciones específicas de la tecnología biométrica en sistemas de reciclaje inteligente. Estos estudios han demostrado que la biométrica no solo mejora la autenticación de usuarios, sino que también puede integrarse con sistemas de clasificación automatizada para una gestión más eficiente de los residuos. La incorporación de tecnología biométrica en plataformas de reciclaje representa un paso hacia la personalización y la adaptación a las necesidades individuales de los usuarios, lo que puede aumentar significativamente la participación y el compromiso con prácticas sostenibles.

Además, la tecnología biométrica ofrece un nivel adicional de seguridad y protección de datos en los sistemas de reciclaje. La autenticación biométrica proporciona una capa de seguridad robusta al verificar la identidad de los usuarios, lo que ayuda a prevenir el fraude y el abuso del sistema. Esta seguridad añadida no solo protege la integridad de los programas de reciclaje, sino que también genera confianza entre los participantes y promueve una participación continua en iniciativas de reciclaje comunitario.

Códigos QR en Gestión de Residuos

Los códigos QR han emergido como una herramienta versátil en la gestión de residuos, ofreciendo una forma eficiente de proporcionar información detallada sobre productos y prácticas de reciclaje. Zhu et al. (2016) exploran las aplicaciones de los códigos QR en la

gestión de residuos, resaltando su capacidad para almacenar grandes cantidades de datos que pueden ser escaneados fácilmente mediante dispositivos móviles. En el contexto del reciclaje, los códigos QR pueden utilizarse para educar a los usuarios sobre la disposición adecuada de materiales reciclables, proporcionando instrucciones claras y accesibles a través de enlaces a recursos en línea. Estos códigos también pueden facilitar la trazabilidad de productos reciclados, permitiendo un seguimiento preciso de su origen y destino a lo largo de la cadena de suministro.

La implementación de códigos QR en sistemas de gestión de residuos ofrece beneficios significativos en términos de accesibilidad y eficiencia. La investigación de Liu, Zhang y Liu (2020) destaca la capacidad de los códigos QR para mejorar la experiencia del usuario al proporcionar información instantánea sobre prácticas de reciclaje y ubicaciones de contenedores de reciclaje.

Por supuesto, aquí está la sección del marco legal que incluye todas las normativas mencionadas:

Marco Legal

La creación y ejecución de un sistema automatizado de reciclaje en el campus universitario requiere seguir una serie de leyes y regulaciones para asegurar la protección del medio ambiente, la privacidad de los datos, la seguridad de la información y el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad.

1. Normativa ambiental:

- Ley 1333 de 2009 (Colombia) - Establece el marco general para la gestión integral de residuos sólidos y líquidos.
- Decreto 1076 de 2015 (Colombia) - Reglamenta la gestión integral de residuos sólidos.

- Normas técnicas colombianas (NTC) relacionadas con el reciclaje y la gestión de residuos.

2. Protección de datos y privacidad:

- Ley Estatutaria 1581 de 2012 (Colombia) - Regula el tratamiento de datos personales y establece los deberes y principios que deben aplicarse.

3. Seguridad de la información:

- Norma ISO/IEC 27001 - Establece los requisitos para un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI).

- Ley 1273 de 2009 (Colombia) - Define los delitos informáticos y establece sanciones por acceso no autorizado a sistemas informáticos.

4. Normativa de calidad y seguridad de productos:

- Normas técnicas colombianas (NTC) relacionadas con la calidad y seguridad de productos electrónicos y sistemas automatizados.

5. Normas relacionadas con la tecnología y la innovación:

- Normativa sobre patentes y derechos de autor, según corresponda a la tecnología utilizada en el proyecto.

El cumplimiento de todas estas normativas garantiza la legalidad, ética y seguridad en todas las etapas del desarrollo e implementación del sistema automatizado de reciclaje en el campus universitario.

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Registro directo desde la aplicación:

Los usuarios ingresan manualmente sus datos en la aplicación para completar el proceso de registro.

Ventajas: Brinda un control total sobre la información ingresada, sin depender de servicios externos.

Desventajas: Puede ser percibido como tedioso por los usuarios y aumentar la posibilidad de errores en los datos introducidos.

Formulario de registro en la aplicación:

Se presenta a los usuarios un formulario dentro de la aplicación para que introduzcan su información.

Ventajas: Puede ser más intuitivo y organizado que el registro directo, lo que reduce la probabilidad de errores.

Desventajas: A pesar de ello, los usuarios aún deben ingresar manualmente la información, lo que podría ralentizar el proceso de registro.

Uso de APIs:

Se integran servicios de terceros a través de APIs para simplificar el proceso de registro.

Ventajas: Puede ofrecer opciones de registro más rápidas y convenientes, como el registro con cuentas de redes sociales.

Desventajas: Sin embargo, esto implica depender de servicios externos, lo que podría acarrear problemas de seguridad y una mayor complejidad en la integración.

Criterios de Selección:

Los criterios de selección para estas alternativas fueron:

- **Facilidad de uso:** Se buscó la opción más intuitiva y fácil para los usuarios, minimizando la fricción en el proceso de registro.
- **Eficiencia:** Se priorizó la capacidad de completar el registro de forma rápida y sin complicaciones, sin comprometer la calidad de la información ingresada.
- **Seguridad:** Es esencial garantizar la protección y privacidad de los datos de los usuarios durante y después del proceso de registro.
- **Integración con el sistema:** La alternativa elegida debe integrarse sin problemas con la arquitectura tecnológica y los sistemas existentes de la aplicación.

Sistema de Identificación mediante Códigos QR

- Implementar un sistema que utilice códigos QR en los productos para facilitar su identificación y clasificación.

- Desarrollar una plataforma que permita a los usuarios escanear los códigos QR de los productos para obtener información sobre su disposición adecuada y acumular puntos de reciclaje.

Sistema de Identificación Biométrica

- Desarrollar un sistema que permita a los usuarios autenticarse mediante biométrica antes de depositar productos en los contenedores de reciclaje.
- Integrar un sistema de gestión de puntos y recompensas basado en la identificación biométrica para incentivar la participación y recompensar a los usuarios por sus acciones sostenibles.

Sistema Híbrido de Identificación

- Combinar tecnologías de identificación como códigos QR y biométrica para mejorar la precisión y seguridad del sistema.
- Desarrollar un sistema que permita a los usuarios elegir entre escanear códigos QR o autenticarse mediante biométrica antes de realizar la disposición de productos reciclables.

Sistema de Identificación por Tarjetas RFID/NFC

- Emitir tarjetas RFID o NFC a los miembros de la comunidad universitaria para permitirles autenticarse en los puntos de reciclaje.

- Desarrollar lectores de tarjetas RFID/NFC que registren las interacciones de los usuarios y asocien sus acciones con sus cuentas correspondientes.

Sistema de Identificación por Códigos de Acceso

- Asignar códigos de acceso únicos a cada usuario de la comunidad universitaria para que ingresen en los puntos de reciclaje.
- Desarrollar un sistema de validación de códigos que verifique la autenticidad de los usuarios y registre sus contribuciones de reciclaje.

Sistema de Identificación mediante Aplicación Móvil

- Crear una aplicación móvil que permita a los usuarios de la comunidad universitaria autenticarse en los puntos de reciclaje utilizando credenciales proporcionadas por la app.
- Implementar un sistema de autenticación en la aplicación que valide la identidad de los usuarios al escanear un código QR o realizar un proceso de inicio de sesión.

Sistema de Identificación a través de Tarjetas de Identificación Universitaria

- Utilizar las tarjetas de identificación emitidas por la universidad como medio de autenticación en los puntos de reciclaje.
- Instalar lectores de tarjetas en los puntos de reciclaje que verifiquen la validez de las tarjetas de identificación universitaria al ser presentadas por los usuarios.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Normativas y Regulaciones:

- El proyecto debe cumplir con las regulaciones ambientales y de gestión de residuos establecidas a nivel local y nacional.
- Se deben considerar las normativas relacionadas con la privacidad y protección de datos de los usuarios, especialmente en el caso de la recolección de información personal para el sistema de puntos y recompensas.

Consideraciones Económicas:

- El proyecto debe desarrollarse dentro de un presupuesto definido, considerando los costos de materiales, mano de obra y desarrollo de software.
- Se deben evaluar los costos de mantenimiento y operación a largo plazo del sistema para garantizar su viabilidad económica.

Aspectos Sociales y de Aceptación del Usuario:

- La aceptación y adopción del sistema por parte de la comunidad universitaria son fundamentales para su éxito.
- Se deben considerar las preferencias y necesidades de los usuarios durante el diseño de la interfaz de usuario y la experiencia del usuario.

Impacto Ambiental:

- El proyecto debe contribuir positivamente a la reducción del impacto ambiental mediante la promoción del reciclaje y la gestión eficiente de residuos.
- Se deben evitar impactos negativos adicionales en el medio ambiente durante la operación y disposición del sistema.

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Evaluación de las soluciones

Comparación de soluciones: Esta metodología se centra en evaluar y comparar las diferentes soluciones propuestas para abordar el problema de la gestión de residuos en el campus universitario. Se considerarán aspectos como la viabilidad técnica, la eficacia en la gestión de residuos, el impacto ambiental, la aceptación por parte de la comunidad universitaria y la viabilidad económica.

Rechazo de soluciones menos favorables: Al identificar soluciones que no cumplen con los requisitos técnicos, normativos, económicos, sociales, ambientales y cartográficos establecidos, se pueden descartar rápidamente para evitar dedicar recursos innecesarios en su desarrollo.

Reconsideración de soluciones rechazadas: Si una solución inicialmente rechazada puede mejorarse mediante variaciones o ajustes, se puede reconsiderar su viabilidad y competitividad. Esto permite una exploración iterativa y la optimización continua del diseño hasta alcanzar la solución más adecuada.

ANÁLISIS DE COSTOS DE LA SOLUCIÓN DE INGENIERÍA

Materias Primas

- Inventario Inicial: Varía mensualmente, comenzando en \$13,000,000.00 en enero y fluctuando hasta alcanzar \$17,116,666.67 en diciembre.
- Compras: Los costos de las compras de materias primas aumentan mensualmente, comenzando en \$13,000,000.00 en enero y llegando a \$23,833,333.33 en diciembre.
- Inventario Final de Materias Primas: Cantidades que varían mensualmente, con un incremento gradual.
- Costo de Materias Primas: Calculado restando el inventario final del total de materias primas. Varía de \$20,800,000.00 en enero a \$21,666,666.67 en diciembre.

Mano de Obra

- Mano de Obra Directa: Consistente en \$750,000.00 cada mes.

Costos de Fabricación

- Costos de Fabricación: Fijos cada mes en \$1,166,666.67.

Total Costo de Producción

- Total Costo de Producción: Suma del costo de materias primas, mano de obra directa y costos de fabricación. Va desde \$22,716,666.67 en enero hasta \$23,583,333.33 en diciembre.

Producción Mensual

- Producción Mensual: Aumenta mes a mes desde 200 usuarios en enero hasta 570 usuarios en diciembre.

Costos Unitarios Mensuales

- Costos Unitarios Mensuales: Calculados dividiendo el total costo de producción entre la producción mensual. Muestran una disminución desde \$113,583.33 en enero hasta \$41,329.07 en diciembre.

Desglose de Costos Unitarios

- Costo Unitario Materias Primas: Disminuye de \$104,000.00 en enero a \$37,910.17 en diciembre.
- Costo Unitario de Mano de Obra: Disminuye de \$3,750.00 en enero a \$1,314.35 en diciembre.
- Costo Unitario de Fabricación: Disminuye de \$5,833.33 en enero a \$2,044.55 en diciembre.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Economías de Escala:

- La disminución de los costos unitarios mensuales a medida que aumenta la producción refleja la obtención de economías de escala. Esto se debe a que los costos fijos (mano de obra directa y costos de fabricación) se distribuyen entre un mayor número de usuarios.

Eficiencia en el Uso de Materias Primas:

- Aunque los costos de materias primas aumentan ligeramente, la producción incremental contribuye a la reducción del costo unitario de las materias primas, indicando una utilización más eficiente de los recursos.

Estabilidad en los Costos Fijos:

- La estabilidad en los costos de mano de obra y fabricación permite una previsión precisa de los gastos mensuales y facilita la planificación financiera.

Aumento en la Producción:

- El aumento constante en la producción mensual indica una capacidad de producción creciente y una posible respuesta a la demanda del mercado. Esto también sugiere mejoras en los procesos de fabricación y la eficiencia operativa.

Reducción de Costos Unitarios:

- La reducción de los costos unitarios de producción a lo largo del año es un indicador positivo de eficiencia operativa y competitividad en el mercado. Esto puede permitir precios más competitivos y mejores márgenes de beneficio.

CONCLUSIONES

- La investigación ha demostrado que la autenticación mediante QR y códigos de barras es viable y eficaz para gestionar el reciclaje en el campus universitario. La tecnología QR permite una identificación rápida y precisa de los usuarios, facilitando el registro y seguimiento de sus acciones de reciclaje. Por otro lado, los códigos de barras en los productos reciclables aseguran una clasificación correcta y eficiente de los residuos. La implementación de estas tecnologías puede mejorar significativamente la precisión y eficiencia del sistema de reciclaje.
- El desarrollo del prototipo de software ha incluido la creación de algoritmos de clasificación de productos reciclables basados en lecturas de códigos de barras y datos QR. El sistema no solo identifica y clasifica los productos, sino que también personaliza la experiencia del usuario mediante la identificación biométrica, garantizando seguridad y precisión en la asignación de puntos. La utilización de ASP.NET y otras tecnologías modernas ha permitido diseñar una interfaz de usuario intuitiva y una base de datos eficiente, asegurando una integración fluida y segura de todas las funcionalidades necesarias.
- El sistema de puntos desarrollado incentiva la participación activa en el reciclaje mediante recompensas atractivas. La acumulación de puntos basada en el tipo de

material reciclado (cartón, plástico y metal) y su posterior canje por incentivos como descuentos o productos respetuosos con el medio ambiente, ha sido bien recibida por la comunidad universitaria. Este enfoque ha demostrado ser efectivo para aumentar la motivación y el compromiso de los usuarios con las prácticas sostenibles, promoviendo una cultura de reciclaje más fuerte y consciente

RECOMENDACIONES

Investigación y Planificación:

- **Análisis de Factibilidad Técnica y Económica:**
Realizar un análisis detallado para evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto. Esto incluye la evaluación de los costos de desarrollo, implementación y mantenimiento del sistema, así como el análisis de retorno de inversión (ROI).
- **Estudio de Usuario:**
Llevar a cabo encuestas y entrevistas adicionales con la comunidad eanista para entender mejor sus necesidades y expectativas, asegurando que el sistema sea intuitivo y fácil de usar.

Diseño e Implementación:

- **Desarrollo Modular:**
Adoptar un enfoque de desarrollo modular que permita la integración y prueba de componentes individuales del sistema, como el lector de códigos de barras, el sistema de puntos y la plataforma tecnológica.
- **Interfaz de Usuario:**

Diseñar una interfaz de usuario amigable y accesible que guíe a los usuarios a través del proceso de reciclaje. Esto puede incluir tutoriales interactivos, mensajes de agradecimiento personalizados y sugerencias de reciclaje.

Tecnología y Seguridad:

- Seguridad de Datos:
Implementar medidas robustas de seguridad de datos, incluyendo la encriptación de datos sensibles, control de acceso basado en roles y detección de actividades sospechosas para proteger la información del usuario.
- Compatibilidad y Actualización:
Asegurarse de que los sistemas de reconocimiento QR y lectores de códigos de barras sean compatibles con ASP.NET y puedan integrarse fácilmente mediante APIs. Además, mantener la base de datos actualizada con la información más reciente sobre productos reciclables.

Pruebas y Validación:

- Pruebas Extensivas:
Realizar pruebas exhaustivas en todas las etapas del desarrollo, incluyendo pruebas de unidad, pruebas de integración y pruebas de aceptación del usuario para identificar y corregir problemas antes de la implementación completa.
- Simulación y Pilotaje:
Realizar simulaciones y pruebas piloto en un entorno controlado con un grupo limitado de usuarios para evaluar el desempeño del sistema y realizar ajustes necesarios antes de su despliegue masivo.

Sistema de Puntos y Recompensas:

- Sistema de Gestión de Puntos:
Desarrollar un sistema de gestión de puntos robusto que asegure la integridad y la confidencialidad de los datos de los usuarios, cumpliendo con las regulaciones de protección de datos.
- Incentivos Atractivos:

Diseñar incentivos atractivos y significativos para los usuarios, como descuentos en establecimientos colaboradores y productos respetuosos con el medio ambiente, para fomentar la participación en el programa de reciclaje.

Documentación y Soporte:

- Documentación Completa:

Mantener una documentación detallada de todos los aspectos del proyecto, incluyendo requisitos, especificaciones, diagramas de diseño, planos y manuales de usuario. Esto facilitará la replicación del diseño y el mantenimiento futuro del sistema.

- Soporte y Mantenimiento:

Establecer un plan de soporte y mantenimiento continuo para asegurar que el sistema funcione de manera eficiente y se mantenga actualizado con las últimas tecnologías y prácticas de reciclaje.

Cumplimiento Legal y Normativo:

- Adherencia a Normativas:

Asegurarse de que el proyecto cumpla con todas las normativas ambientales, de protección de datos y seguridad de la información aplicables, así como con las normas de calidad y seguridad de productos.

REFERENCIAS

- Malaver, A. (s.f.). Reciclaje: el primer paso responsable para aprovechar la basura que generamos. Alcaldía de Bogotá. Consultado el 26 de febrero de 2024. Recuperado de <https://bogota.gov.co/yo-participo/blogs/basura-en-bogota-una-responsabilidad-de-todos-los-ciudadanos#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20est%C3%A1%20la%20situaci%C3%B3n%20en,%2C%20que%20equivalen%20al%2016%25>.
- Declercq, C. (II.), & Sanz-Bas, D. (II.). (2023). Persona y sostenibilidad ecológica (1ra ed.). Dykinson. Recuperado de <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/246625?page=25>.
- Fierro, J. E., et al. (2021). Estudio del conocimiento en prácticas de reciclaje al interior de la comunidad Eanista [Tesis de especialización, Universidad EAN]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10882/11400>.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank Publications.

- Universidad EAN. (s.f.). Política de Sostenibilidad y Emprendimiento Sostenible. Obtenido de <https://universidadean.edu.co/sites/default/files/2021-06/PoliticaSostenibilidadEspanol.pdf>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2009). Ley 1333 de 2009. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38911>.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2015/DECRETO_1076_DE_2015.pdf.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley Estatutaria 1581 de 2012. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49190>.
- Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea. (2016). Reglamento General de Protección de Datos (GDPR). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>.
- Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1273 de 2009. Recuperado de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1273_2009.html.
- Kato, K., & Suzuki, Y. (2018). Advances in barcode recognition technology. Springer.
- Guo, L., Wu, T., & Li, M. (2017). Application of barcode technology in waste classification system based on Internet of things. En 2017 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services (GSIS) (pp. 287-290). IEEE.
- Jain, A. K., Ross, A., & Nandakumar, K. (2016). Introduction to biometrics. Springer.
- Li, Y., Chen, J., & Feng, L. (2019). The application of biometric identification technology in intelligent recycling system. En 2019 14th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) (pp. 951-955). IEEE.