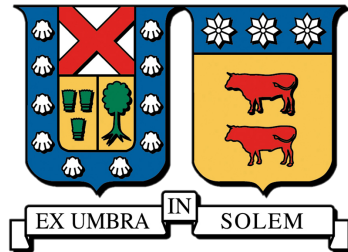


**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA**

DEPARTAMENTO DE TELEMÁTICA

VALPARAÍSO - CHILE



**SISTEMA DE MONITOREO DE OCUPACIÓN
EN CONTENEDOR INTELIGENTE DE
RESIDUOS LUMÍNICOS: FRONTEND Y
DISEÑO DE SENSORES**

PHILLIPA PAZ PAREDES CORTEZ

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
TELEMÁTICA**

PROFESOR GUÍA: NICOLÁS JARA PHD

PROFESOR CORREFERENTE: JOSÉ M. MARTÍNEZ PHD

SEPTIEMBRE - 2024

AGRADECIMIENTOS

Primero, quiero hacer una mención especial a mi mamá, mi papá y mi hermana.

Me gustaría expresar mi sincero agradecimiento a mi mamá por brindarme constantemente sus consejos, apoyo y cariño. Valoro cada deliciosa comida que prepara para consentirme, y reconozco que sin ella no sería la persona que soy hoy. Su inquebrantable fortaleza es una fuente constante de inspiración para mí.

Asimismo, no puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento a mi papá por sus cariños eternos y nuestras extensas conversaciones. Su constante cuidado y apoyo han sido fundamentales para mí, y me siento afortunada de tener a una persona tan excepcional en mi vida.

Estoy profundamente agradecida con mis padres por los innumerables esfuerzos y sacrificios que han realizado para que yo pueda estar aquí hoy.

Además, quiero expresar mi gratitud hacia mi hermana por su apoyo incondicional, su constante cuidado y su afecto. Es, sin duda, la mejor hermana del mundo, y no podría haber pedido a alguien mejor en mi vida.

Mi familia ha sido, es, y seguirá siendo lo más importante para mí. Celebran cada uno de mis logros y comparten mis penas. Es el refugio al que siempre quiero regresar.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a mi pareja. A lo largo de los años, Roberto ha sido mi mayor apoyo y mi compañía incondicional. Hemos compartido risas inolvidables y preciosos momentos; somos más que pareja, también somos amigos y familia, verdaderos compañeros de vida. Agradezco profundamente a Roberto por las valiosas lecciones que me ha enseñado sobre la vida. Su presencia ha enriquecido cada aspecto de mi existencia.

Quiero hacer una mención especial a mi tía Nena, quien hoy ya no está físicamente con nosotros. Lamento que no pueda presenciar mis triunfos actuales, pero siempre la llevo en mis recuerdos y en mi corazón.

A la familia de mi pareja, quiero expresar mi afecto y agradecimiento. Muchísimas gracias por acogerme y recibirme con tanto amor y calidez. Siempre han cuidado de mí y me han considerado parte de la familia. Aunque sé que es una familia numerosa, no quiero dejar de mencionar a cada uno de ustedes: Javiera, Jessica, Roberto, Salvador, Joaquín, Cristián, Luca, Ayelén, Vicente, Rodrigo, Lela, Tata Miguel, Yolita, Tata Pancho, Blake. Su cariño ha hecho de mi tiempo con ustedes algo verdaderamente especial.

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a mis queridos amigos, los Malayas: Bryan, Alvaro, Diego, Nicolás, Jorge, Matías, Joan, Cristóbal, Christopher, Mauricio y Roberto. Han sido un grupo maravilloso y una amistad invaluable a lo largo de mi vida universitaria. Son amigos de vida. Las risas que hemos compartido son tesoros que guardaré siempre.

Aprecio profundamente la conexión que tengo con mis amigas, las chiquibeibis: Maira, Alejandra, Yanara, Valentina y Alexandra. Cada momento compartido con ellas es invaluable, y las adoro infinitamente.

Mis amigos y amigas UWU, como Karolain, Valentina, Francisca, Francisco y Gastón, ocupan un lugar especial en mi corazón. Cada almuerzo, junta, sesión de estudio y risa compartida que hemos disfrutado juntos será siempre atesorado. Gracias por todo, los quiero.

A mis queridos padrinos, Tía Rossana y Tío Bernardo, los he querido durante toda una vida y seguiré haciéndolo. Por otro lado, con profunda gratitud, menciono a mi tía María y mi tío Melo por su constante ayuda y apoyo. Asimismo, le agradezco a mi tía Jacqueline por su apoyo a lo largo de mi vida.

Expreso mis agradecimientos a mis profesores: Gabriel Torres y Ricardo Olivares, quienes han sido guías esenciales en mi trayectoria universitaria, inspirándome con sus enseñanzas.

Reservo un espacio especial para mi profesor guía, Nicolás Jara, quien me ha acompañado en todo este proceso. Su orientación, consejos y confianza en mí han sido fundamentales. Agradezco sinceramente por dedicar su valioso tiempo y por ser un profesor excepcional con una vocación admirable. Gracias.

Deseo expresar mi agradecimiento al profesor José Manuel Martínez, mi profesor correferente, por su apoyo en la búsqueda de soluciones, así como por su buena voluntad y disponibilidad.

Gracias a todos y todas.

*Para mi familia,
que aún no se han ganado el Kino.*

Resumen

En un contexto global cada vez más enfocado en la sostenibilidad, el reciclaje se ha arraigado como un concepto familiar. Muchas personas adoptan prácticas diarias para preservar el medio ambiente, como el ahorro de recursos naturales, una dieta respetuosa con los animales y la participación activa en el reciclaje. Este compromiso se refleja no solo en individuos, sino también en empresas que buscan implementar la economía circular, asumiendo responsabilidades sociales, y en gobiernos que establecen programas y legislación para fomentar estas prácticas.

En este escenario, surge una preocupación específica: la falta de sistemas de reciclaje para residuos lumínicos, elementos potencialmente perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Con este desafío en mente, se busca una solución que integre diversas tecnologías, como el desarrollo de software y la tecnología IoT, con el propósito de crear un producto que contribuya eficazmente al reciclaje de estos residuos lumínicos. La propuesta toma forma en un contenedor inteligente diseñado para optimizar el proceso de acopio de estos materiales.

El proceso comienza con una detallada introducción que destaca las consecuencias medioambientales y de salud asociadas con la falta de reciclaje de residuos lumínicos, estableciendo la relevancia del proyecto.

A continuación, se lleva a cabo un análisis exhaustivo del estado del arte de la tecnología, investigando y revisando estudios de dispositivos similares que puedan servir como referencia. Este paso es esencial para identificar mejores prácticas y posibles desafíos abordados previamente en soluciones similares.

Posteriormente, se centra en el desarrollo de la solución, desde la creación de prototipos para la interfaz de usuario hasta el diseño del sistema de sensores del contenedor inteligente. La implementación de esta fase incluye la elaboración detallada de diversos tipos de diagramas, la definición precisa de los requisitos del sistema y un análisis de las interacciones en la interfaz de usuario.

En la fase final, se concentra en la implementación de la solución, presentando la aplicación móvil funcional con sus descripciones detalladas. También se incluye una sección de validación que muestra el sistema completo en funcionamiento, desde la API hasta la aplicación y el sistema de sensores. Esta validación demuestra no solo la operatividad individual de cada componente, sino también la correcta integración de las partes del proyecto.

Abstract

In a global context increasingly focused on sustainability, recycling has taken root as a familiar concept. Many people adopt daily practices to preserve the environment, such as saving natural resources, eating an animal-friendly diet and actively participating in recycling. This commitment is reflected not only in individuals, but also in companies that seek to implement the circular economy, assuming social responsibilities, and in governments that establish programs and legislation to encourage these practices.

In this scenario, a specific concern arises: the lack of recycling systems for light waste, elements potentially harmful to the environment and human health. With this challenge in mind, a solution is sought that integrates various technologies, such as software development and IoT technology, with the purpose of creating a product that effectively contributes to the recycling of this luminous waste. The proposal takes shape in a smart container designed to optimize the collection process of these materials.

The process begins with a detailed introduction highlighting the environmental and health consequences associated with the lack of recycling of lighting waste, establishing the relevance of the project.

Next, a thorough analysis of the state of the art of the technology is carried out, researching and reviewing studies of similar devices that can serve as a reference. This step is essential to identify best practices and possible challenges previously addressed in similar solutions.

Subsequently, the focus is on the development of the solution, from prototyping the user interface to designing the sensor system of the smart container. The implementation of this phase includes the detailed elaboration of various types of diagrams, the precise definition of the system requirements and an analysis of the interactions in the user interface.

In the final phase, the focus is on the implementation of the solution, presenting the functional mobile application with its detailed descriptions. A validation section is also included, showing the complete system in operation, from the API to the application and the sensor system. This validation demonstrates not only the individual operability of each component, but also the correct integration of the project parts.

Glosario

API Apliccation Programming Interface . 4

iOS iPhone Operating System . 4

IoT Internet of things o internet de las Cosas . 6

mA Miliamperio . 22

mm Milímetros . 20

PMM Programa de Memorias Multidisciplinarias . 3

REP Responsabilidad Extendida del Productor . 2

UTFSM Universidad Técnica Federico Santa María . 3

Índice general

1	Introducción	1
1.1	Problema por resolver	1
1.2	Acercamiento a la solución	3
1.3	Objetivos	4
1.4	Estructura	5
2	Estado del arte	6
2.1	Contenedores Inteligentes y Tecnologías de Sensorización.	6
2.2	Aplicaciones Móviles y Plataformas de Información.	9
2.3	Proyectos sostenibles.	11
3	Propuesta	14
3.1	Diseño.	14
3.2	Revisión del Prototipo.	31
4	Resultados	56
4.1	Interfaces implementadas.	56
4.2	Validación.	76
5	Conclusiones	95
5.1	Cumplimiento de Objetivos.	96

Capítulo 1

Introducción

1.1 Problema por resolver

La crisis climática ha puesto de manifiesto la necesidad de adoptar prácticas sostenibles, y el reciclaje emerge como un pilar fundamental en la protección de nuestro entorno. La correcta gestión de residuos, especialmente aquellos que contienen sustancias peligrosas, es esencial para salvaguardar tanto el bienestar de la población como el medio ambiente. Las ampollitas, una fuente común de iluminación, son un ejemplo relevante, ya que algunas contienen mercurio, un metal líquido altamente tóxico.

El mercurio presente en las ampollitas representa un grave problema debido a su potencial para convertirse en metilmercurio, una forma orgánica altamente tóxica, cuando interactúa con microorganismos presentes en agua y sedimentos. Este metilmercurio se acumula y magnifica a lo largo de la cadena alimentaria, alcanzando niveles más altos en peces de mayor tamaño y edad, y posteriormente en mamíferos y humanos que los consumen. En concentraciones ambientales constantes, las concentraciones de mercurio en peces de una especie determinada tienden a aumentar con la edad, debido a la lenta eliminación del metilmercurio y el mayor consumo a medida que los peces crecen. Por lo tanto, los peces más viejos[8] tienen concentraciones de mercurio más altas en sus tejidos que los peces más jóvenes de la misma especie. Esta acumulación de mercurio en los peces representa un riesgo significativo para la salud humana, especialmente para las mujeres embarazadas y los niños, ya que el consumo de pescado contaminado puede provocar daños neurológicos y en el desarrollo.

Estudios de laboratorio han evaluado los efectos del metilmercurio en mamíferos. En algunos casos, incluso pequeñas cantidades de metilmercurio pueden ser letales, siendo los animales más pequeños más susceptibles. Además, el metilmercurio puede afectar el sistema nervioso central y los riñones, siendo estos últimos los órganos más vulnerables. También representa un riesgo particular para el feto en desarrollo, ya que puede atravesar la barrera placentaria, afectando su desarrollo.

A lo largo de la historia, se han registrado diversos casos de intoxicación por mercurio con graves consecuencias para la fauna. En las décadas de 1950 y 1960, la dispersión de mercurio y metilmercurio utilizados en el tratamiento de semillas causó un envenenamiento masivo en Escandinavia y América del Norte. Las poblaciones de aves, como faisanes y aves rapaces, se redujeron drásticamente, llegando a la extinción en algunas áreas. Estudios han relacionado concentraciones de mercurio en huevos con efectos adversos en aves, como la reducción en la tasa de eclosión y problemas de reproducción[9]. Estos eventos pasados son un recordatorio de las graves consecuencias que puede tener la liberación de mercurio al medio ambiente.

Los efectos del metilmercurio son especialmente inquietantes para la salud humana. Se ha observado que el metilmercurio atraviesa la barrera hematoencefálica¹, convirtiéndose en un neurotóxico capaz de afectar negativamente el desarrollo cerebral. Estudios han revelado que la presencia de metilmercurio en la dieta de mujeres embarazadas puede generar efectos sutiles pero persistentes en el desarrollo de los niños, evidenciados desde su inicio en la educación escolar. Además, pequeños aumentos en la exposición al metilmercurio pueden afectar adversamente el sistema cardiovascular. Tanto seres humanos como la vida silvestre enfrentan niveles de exposición que conllevan riesgos y potenciales efectos adversos para la salud[9].

Debido a la falta de regulación, las ampollitas de mercurio a menudo son desechadas incorrectamente en vertederos. El mercurio liberado de estas ampollitas puede infiltrarse en el suelo y el agua, contaminando los ecosistemas y entrando en la cadena alimentaria, lo que eventualmente afecta a los seres humanos a través del consumo de pescado contaminado. Esto plantea riesgos, ya que cuando se rompen, liberan gases tóxicos y dejan vidrio peligroso tanto para la fauna como para las personas que visitan estos lugares. Es importante destacar que aproximadamente el 85% de los componentes de las ampollitas pueden ser reciclados. De este porcentaje, alrededor del 80% es vidrio, el 4% es plástico, y el resto está compuesto por metales, polvos fluorescentes y mercurio[10]. De los polvos fluorescentes, se pueden obtener tierras raras que tienen un valor comercial y estratégico, ya que se utilizan en la fabricación de aparatos electrónicos.

En Chile, cada año se generan más de 7,9 millones de toneladas de residuos domiciliarios, pero solo se recicla un poco más del 4%. Más de 60 mil toneladas de envases y embalajes no se reciclan ni se eliminan adecuadamente, terminando en las ciudades y la naturaleza[2]. A nivel mundial, se producen más de 2 mil millones de toneladas de residuos al año, y si no se toman medidas significativas, esta cifra podría superar los tres mil millones en 2050[3].

En este contexto, Chile ha implementado la ley de reciclaje N° 20.920 (ley REP) y el sello #ElijoReciclar, como iniciativas para fomentar la sostenibilidad y el reciclaje en el país. La ley REP obliga a los productores a responsabilizarse de la gestión de los residuos de sus productos, incluyendo neumáticos, envases, aceites lubricantes, aparatos

¹Hematoencefálica: Barrera fisiológica y estructural que separa la sangre circulante del líquido cerebrospinal en el sistema nervioso central. Esta barrera tiene la función de regular y proteger el entorno cerebral, controlando qué sustancias pueden pasar desde la sangre al cerebro y viceversa.

eléctricos y electrónicos, pilas y baterías[4]. Por su parte, el sello #ElijoReciclar, creado por el Ministerio del Medio Ambiente, busca fomentar el reciclaje y la economía circular, ayudando a los consumidores a identificar y reciclar envases con mayor contenido de material reciclable. Este sello, presente en miles de productos, no solo indica que el envase es reciclable en Chile, sino que también entrega información sobre cómo reciclar cada componente, promoviendo así una cultura de reciclaje informada y responsable[6].

No obstante, es importante destacar que ninguna de estas iniciativas aborda la gestión de residuos de ampollitas, que al contener mercurio, requieren un manejo especial y no pueden ser recicladas junto con otros materiales. Esto se convierte en un desafío crucial, considerando que en 2018 se instalaron más de 72 millones de lámparas en Chile[1], lo que subraya la magnitud del problema y la necesidad de una gestión adecuada para evitar la liberación de mercurio al medio ambiente y proteger la salud humana y de los ecosistemas. A pesar de los avances en materia de reciclaje, la gestión de residuos lumínicos sigue siendo una tarea pendiente que requiere soluciones específicas y una mayor conciencia por parte de la sociedad.

1.2 Acercamiento a la solución

Dada esta problemática, se propone una solución que pretende cubrir parcialmente estas deficiencias. La solución consiste en el diseño de un contenedor inteligente para residuos lumínicos. Este contenedor estará equipado con un sistema de sensores para determinar su nivel de ocupación, y esta información se reflejará en una aplicación móvil en tiempo real. Este enfoque busca optimizar el proceso de acopio de residuos lumínicos, facilitando su recolección y reciclaje adecuados.

Este trabajo se realizó en el contexto del PMM de la UTFSM en colaboración con la empresa Previlum. El Programa de Memorias Multidisciplinarias se enfoca en cultivar la sinergia entre estudiantes de diversas áreas académicas, potenciando la innovación, el espíritu emprendedor y el desarrollo de competencias transversales. Asimismo, brinda a los estudiantes la oportunidad de abordar desafíos reales de la industria y colaborar estrechamente con organizaciones, como en este caso con Previlum para abordar el desafío titulado "Sistema de recolección y reciclaje de residuos lumínicos para una Región de Valparaíso sustentable".

En el marco de esta memoria, el enfoque se centrará en el desarrollo del frontend de la aplicación móvil y en el desarrollo de un sistema de sensores. Este trabajo se complementa con las contribuciones de los otros integrantes del grupo multidisciplinario, quienes desarrollaron un prototipo del contenedor inteligente, asegurando el cumplimiento de todas las normativas vigentes, llevaron a cabo un análisis económico del proyecto y trabajaron en el backend de la aplicación móvil, tareas realizadas en sus respectivas investigaciones y desarrollos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos General

En esta memoria, se abordará el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de residuos lumínicos que hará uso de sensores para detectar la presencia de ampolletas en contenedores específicos. La información recopilada se transmitirá a través de una **API**² a una aplicación móvil dedicada. El propósito fundamental de este sistema es proporcionar a los usuarios una visión en tiempo real de la disponibilidad de los contenedores destinados al acopio de residuos lumínicos.

Este proyecto comprende dos componentes esenciales. Por un lado, se desarrollará un sistema de sensores avanzado que se integrará en los contenedores inteligentes. Por otro lado, se llevará a cabo la implementación del frontend de la aplicación móvil, que permitirá a los usuarios acceder de manera intuitiva a la información sobre el nivel de ocupación de los contenedores. Esta combinación de soluciones tecnológicas garantizará una experiencia eficaz y oportuna para los usuarios interesados en la gestión responsable de residuos lumínicos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar una interfaz de usuario³ de la aplicación móvil que sea amigable y fácil de usar.
- Desarrollar una solución que sea compatible y funcional en los sistemas operativos Android e **iOS**.
- Implementar una navegación intuitiva para acceder a las funciones de monitoreo y gestión del contenedor.
- Seleccionar el hardware apropiado para medir el nivel de ocupación del contenedor.
- Establecer un protocolo de comunicación efectivo entre los sensores y la aplicación móvil.
- Asegurar una transmisión de datos precisa y en tiempo real desde los sensores a la aplicación.

²API: Application Programming Interface, es un conjunto de reglas y protocolos que posibilita la comunicación entre diversas aplicaciones y sistemas informáticos. Facilita la transferencia de datos y funcionalidades entre sistemas, permitiendo que las aplicaciones se conecten e integren para compartir información y realizar operaciones de manera conjunta.

³Interfaz de usuario: Es el punto de interacción entre un usuario y un sistema informático. Esta interacción puede ser a través de elementos gráficos, como botones y menús, o mediante comandos de texto. El objetivo de una interfaz de usuario es facilitar la comunicación efectiva entre el usuario y el sistema, permitiendo que el usuario realice tareas de manera intuitiva y eficiente.

- Optimizar la gestión de la batería en el sistema de sensores

1.4 Estructura

La estructura de este documento seguirá un enfoque organizativo que se desglosará en varias secciones esenciales. Se comenzará con el *Estado del Arte*, una sección que presentará un resumen del contexto actual. Esto incluye investigaciones previas y tecnologías relevantes.

Posteriormente, nos adentraremos en el *desarrollo de la solución* propuesta, que constituye el núcleo de este proyecto. En esta sección, se describirá en detalle la solución que se propone para abordar el problema planteado. Se explorará el diseño, las metodologías, los enfoques y los componentes clave del sistema, asegurando una solución robusta y efectiva. El procedimiento de diseño se expondrá en etapas clave, desde la concepción hasta la definición de los componentes clave y la arquitectura del sistema.

La *implementación de la solución* será una parte crucial de este proceso. Describiremos cómo se llevarán a cabo las fases de desarrollo, destacando las tecnologías y herramientas específicas que se emplearán. Además, se detallará el proceso de validación, que incluirá pruebas rigurosas y evaluación de la solución para garantizar su eficacia y cumplimiento de los objetivos.

Finalmente, culminaremos con las *Conclusiones*, donde se resumirán los hallazgos clave, lecciones aprendidas y la relevancia de la solución propuesta en el contexto más amplio. Además, se podrán señalar posibles direcciones futuras para la investigación y el desarrollo en el área abordada.

Capítulo 2

Estado del arte

La gestión eficiente de residuos ha evolucionado con el avance de tecnologías innovadoras y la implementación de soluciones inteligentes. En este contexto, los contenedores inteligentes y las aplicaciones móviles han surgido como elementos clave para mejorar la sostenibilidad, eficiencia y conciencia ciudadana en el manejo de residuos. Este estado del arte examina a fondo las últimas tendencias en contenedores inteligentes y tecnologías de sensorización, así como aplicaciones móviles y plataformas de información que impulsan prácticas de reciclaje más efectivas.

La sección sobre contenedores inteligentes destaca ejemplos específicos de implementaciones exitosas, como los contenedores amarillos con *aro inteligente* en Sant Boi de Llobregat, Barcelona, y los compactadores inteligentes de Ecube Labs en Seúl. Estos dispositivos, alimentados por energía solar y equipados con tecnologías como el **IoT** y sensores ultrasónicos, han transformado la gestión de residuos en entornos urbanos dinámicos.

Además, se exploran iniciativas pioneras en España y Chile que utilizan aplicaciones móviles y plataformas de información para involucrar a los ciudadanos en el proceso de reciclaje. Programas como Reciclos en España y Reciclapp en Chile demuestran cómo la tecnología móvil puede incentivar y recompensar prácticas sostenibles, además de contribuir a la concienciación ambiental.

2.1 Contenedores Inteligentes y Tecnologías de Sensorización.

1. Contenedores amarillos con un aro de sensores[12][13]: En Sant Boi de Llobregat, Barcelona, Ecoembes y el ayuntamiento han lanzado una iniciativa pionera en el reciclaje urbano en España. Se ha implementado un *aro inteligente* en los contenedores amarillos, utilizando tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial, reconocimiento de imágenes y blockchain. Este innovador sistema no solo identifica el tipo de envase, sino también al usuario, recopilando información sobre la localización y frecuencia de los residuos. Esta

mejora fortalece el Sistema de Devolución y Recompensa (SDR) RECICLOS, que incentiva el reciclaje de latas y botellas de plástico. Los participantes acumulan puntos canjeables por incentivos sociales o ambientales. La aplicación de tecnologías como inteligencia artificial para el reconocimiento de imágenes facilita la identificación precisa del tipo de envase. Este proyecto sienta las bases para una posible expansión nacional, aprovechando el potencial del big data para optimizar el sistema de reciclaje.

Esta tecnología innovadora se enmarca en una visión más amplia que busca la eficiencia del sistema de reciclaje, incorporando elementos como baterías solares y tecnología 5G Narrow Band (NB-IoT). Estas adiciones permiten un funcionamiento autónomo y una conectividad eficiente, lo que contribuye a una gestión inteligente de los contenedores. Este proyecto, ubicado inicialmente en Sant Boi de Llobregat, tiene como objetivo extender estas soluciones tecnológicas a nivel nacional, sentando las bases para un modelo avanzado de reciclaje urbano en toda España.

2. Contenedores inteligentes compactadores en Seúl[14][15]: En el dinámico entorno urbano de Seúl, donde la gestión eficiente de residuos se volvió imperativa ante una población que supera los 25 millones de habitantes y una generación diaria de aproximadamente 9,608 toneladas de residuos, la innovación de Ecube Labs ha revolucionado la forma en que la ciudad aborda este desafío. Presentando una variedad de dispositivos avanzados, la empresa ha introducido soluciones de vanguardia alimentadas por tecnologías como la energía solar, comunicación inalámbrica, sensores ultrasónicos y algoritmos predictivos.

(a) CleanCUBE:

- Capacidad: Soporta hasta 8 veces más que los contenedores de residuos estándar.
- Funcionamiento: Contenedor integral de compactación de residuos con energía solar activado automáticamente según el nivel de llenado.
- Tecnología de Compactación: Utiliza compresores alimentados por energía solar para compactar automáticamente los residuos.
- Comunicación Inalámbrica: Se conecta de forma inalámbrica a la plataforma de análisis de datos CleanCityNetworks mediante redes 2G/3G para transmisión en tiempo real.
- Sensores y Seguridad: Incorpora sensores de seguridad para la detección de manos e incendios, asegurando un funcionamiento seguro.
- Personalización y Publicidad: Ofrece opciones de personalización, como pantallas LED/LCD y envoltura publicitaria, generando ganancias adicionales.

(b) CleanFLEX:

- Tecnología de Detección: Utiliza un sensor ultrasónico para detectar tanto materiales sólidos (residuos normales, papel, vidrio) como líquidos (aceite, lodo, productos agrícolas).
- Comunicación Inalámbrica: Se comunica de forma inalámbrica con la plataforma CleanCityNetworks para transmisión de datos en tiempo real.
- Durabilidad y Batería: Construido para resistir ambientes extremos, sellado contra polvo y agua, con una batería de litio de alto rendimiento y larga duración.
- Aplicaciones Específicas: Diseñado para su uso en contenedores lejanos o ubicaciones remotas.

(c) CleanCityNetworks (CCN):

- Monitoreo en Tiempo Real: Proporciona un inteligente grupo de datos en tiempo real, incluyendo el nivel de llenado, historial de compactado, capacidad de la batería, etc.
- Optimización con Algoritmos: Calcula rutas más cortas y horarios dinámicos de recolección utilizando algoritmos predictivos para optimizar operaciones.
- Informes de Análisis de Datos: Genera informes detallados sobre la generación de residuos, desbordamiento y rendimiento de la recolección.
- Asesoría en Distribución: Recomienda el número óptimo de contenedores basándose en datos históricos para una distribución eficiente.

Estos dispositivos no solo han mejorado drásticamente la eficiencia en la gestión de residuos en Seúl, sino que también han establecido un estándar innovador para ciudades inteligentes en todo el mundo. La solución optimiza las rutas de recolección de residuos y los horarios basándose en datos históricos y en tiempo real, ofrece analíticas predictivas para permitir una toma de decisiones con anticipación, y brinda asesoría sobre la distribución óptima de contenedores de residuos. Además de su impacto directo en la eficiencia y sostenibilidad de la gestión de residuos, estos dispositivos avanzados han generado beneficios significativos, desde la reducción de costos operativos hasta la mejora palpable de la limpieza urbana y la disminución de las emisiones de CO2 asociadas con la recolección de residuos.

3. Compactadores Inteligentes de basura en Estación Central[16]: En la Municipalidad de Estación Central, Chile, se ha llevado a cabo la instalación de 40 contenedores inteligentes respaldados por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Desarrollados en colaboración con la empresa chilena Vigatec, estos contenedores de última tecnología cuentan con un sistema de compactación que permite un almacenaje hasta 8 veces mayor que los contenedores tradicionales. Funcionando completamente con energía solar, contribuyen significativamente a la sostenibilidad¹

¹Sostenibilidad: Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones.

ambiental y reducen la frecuencia de recolección de residuos hasta en un 80%. Además, están equipados con un software² de alerta que notifica al centro de monitoreo cuando alcanzan su capacidad máxima, mejorando así la eficiencia en la gestión de residuos y promoviendo prácticas más sostenibles en la comunidad.

2.2 Aplicaciones Móviles y Plataformas de Información.

En esta sección, se presentan diversas iniciativas que utilizan aplicaciones móviles y plataformas de información para fomentar y mejorar los hábitos de reciclaje. Ejemplos relevantes incluyen:

1. Programa Reciclos en España[27]: Esta integración tecnológica se realiza a través de dispositivos móviles, permitiendo a los usuarios conectarse con los contenedores amarillos mediante imágenes, una webapp y códigos QR. Los participantes pueden fotografiar las latas y botellas antes de depositarlas, escaneando códigos QR para identificar la ubicación y registrar la acción de reciclaje.

Como parte del reconocimiento a los esfuerzos de reciclaje, se implementa el sistema de Reciclos, generando puntos canjeables por cada acción ambientalmente responsable. Esta estrategia busca premiar y fomentar la participación ciudadana, especialmente en la recogida de latas y botellas de bebida.

El programa también se orienta hacia la educación de las familias en prácticas de reciclaje más efectivas. Al premiar a los ciudadanos por mejorar sus hábitos de reciclaje, se busca fortalecer el compromiso ambiental y promover prácticas más sostenibles.

Este proyecto, lanzado como prueba piloto en Cataluña en abril de 2019, se presenta como un modelo pionero en la gestión del reciclaje del futuro. Su ambición radica en consolidar la conexión entre los ciudadanos y el contenedor amarillo, destacando la importancia de la participación activa en la preservación del medio ambiente.

2. El caso de Reciclapp en Chile[28] [29]: En colaboración con Empresas Iansa, destaca como una aplicación líder en la transformación de la gestión de residuos en Chile. Su enfoque en motivar una economía circular se refleja en la expansión de servicios gratuitos de retiro domiciliario a nuevas comunas, la colaboración estratégica con grandes empresas para facilitar el reciclaje sostenible, y la ampliación de la variedad de materiales reciclables. La aplicación se presenta como una respuesta efectiva a la problemática de generación y reciclaje de basura en Chile, aprovechando las oportunidades presentadas por la Ley REP. Superando desafíos, Reciclapp ha establecido un modelo de negocio sustentable y ha experimentado un

²Software: Conjunto de instrucciones y datos que permiten a un sistema informático realizar tareas específicas.

notable crecimiento desde su lanzamiento en 2015, siendo reconocida en eventos internacionales. Más allá de facilitar el reciclaje, la aplicación se compromete con la concienciación ambiental, abordando las principales preocupaciones de los chilenos sobre el medio ambiente. Con planes de expansión global y la evaluación de la inclusión del concepto *zero waste*³, Reciclapp se proyecta como una aplicación integral que promueve prácticas sustentables y contribuye significativamente a la gestión de residuos en Chile.

3. Recycle Coach[30]: Es una aplicación gratuita para dispositivos Android que se presenta como una herramienta útil para facilitar el proceso de reciclaje en España. Desarrollada con el objetivo de resolver las dudas comunes sobre la separación de residuos, la aplicación destaca por sus funciones clave, incluyendo la información sobre los días de recogida de basura en la zona del usuario y la capacidad de establecer recordatorios. Además, Recycle Coach se distingue por proporcionar instrucciones detalladas sobre cómo separar y reciclar diversos materiales, contribuyendo a un reciclaje más eficiente. La aplicación también informa sobre eventos relacionados con el reciclaje y el medio ambiente, ofreciendo una experiencia integral para los usuarios interesados en adoptar prácticas más sostenibles.
4. TúReciclaje, Estudiantes USM crean novedosa aplicación de reciclaje[31]: En el marco de la Feria del Software 2020 de la Universidad Técnica Federico Santa María, destaca *TúReciclaje* como una aplicación móvil desarrollada por estudiantes de Ingeniería Civil Informática. Esta innovadora propuesta se centra en abordar los desafíos presentes en el proceso de reciclaje en nuestra sociedad de manera integral y eficiente.

La aplicación integra tecnología de reconocimiento de imágenes, permitiendo a los usuarios identificar fácilmente productos reciclables. Esta funcionalidad se logra a través de la captura de imágenes, el escaneo de códigos de barras o búsquedas manuales en una base de datos interna.

Después de identificar un producto, TúReciclaje ofrece información detallada sobre la correcta separación y reciclaje de sus componentes. Su objetivo principal es prevenir errores comunes al proporcionar orientación adicional, simplificando así el proceso completo de reciclaje.

La aplicación también incluye un mapa que señala los puntos de reciclaje más cercanos al usuario, indicando su disponibilidad (abiertos, llenos o cerrados, por ejemplo). A diferencia de otras aplicaciones similares, TúReciclaje se enfoca en productos disponibles en el mercado nacional, mostrando información relevante como la composición y el procedimiento necesario para su reciclaje adecuado.

³Enfoque sostenible que busca minimizar la generación de residuos, priorizando la reutilización y reciclaje. Este movimiento promueve prácticas de vida conscientes para enviar la menor cantidad posible de desechos a vertederos, abogando por un estilo de vida más sostenible y responsable.

5. RECiCLA, la aplicación que te paga por reciclar[32]: La empresa española Pensumo presenta una innovadora iniciativa, *Tú reciclas, nosotros pagamos*. A través de la aplicación RECiCLA, los usuarios pueden registrarse y acceder a reciclajes prepagados, que van desde 0,02 euros hasta un euro. Pensumo busca incentivar a los españoles a reciclar y contribuir a la mejora del medio ambiente.

La aplicación RECiCLA permite a los usuarios subir fotos de los materiales a reciclar junto con el contenedor correspondiente. La tecnología desarrollada por Pensumo analiza y reconoce las imágenes, geolocaliza el contenedor y lo asocia con el usuario registrado. La certificación del reciclaje corre a cargo de Coloriuris, una empresa especializada en servicios electrónicos de confianza. El proceso de desarrollo informático de la aplicación está a cargo de la compañía Dinamk.

Los usuarios pueden recibir su pago de diversas formas, como mediante cuenta corriente, apertura de una cuenta en línea, a través del plan de ahorro de Pensumo, o incluso donar el saldo directamente a una ONG de su elección.

La aplicación RECiCLA no solo beneficia a los usuarios, sino también a las empresas que pueden adquirir *Packs de sostenibilidad* para patrocinar reciclajes y enviar mensajes a los consumidores, con costos a partir de 36 euros. La acción de Pensumo se diferencia de otros enfoques europeos, como los Sistemas de Devolución y Retorno, ya que no incrementa los precios de los productos y no requiere costosas máquinas de retorno ni logísticas adicionales.

2.3 Proyectos sostenibles.

1. Proyecto de monitorización de contenedores de residuos urbanos, presentado en la tesis titulada *Sistema de Monitorización del Estado de un Contenedor de Reciclaje*[33]: Aborda la creciente necesidad de gestionar eficientemente los residuos urbanos. Enfocándose especialmente en contenedores de residuos orgánicos en entornos públicos, el objetivo principal es optimizar el servicio de recogida a través de la detección de niveles de llenado y emisión de dióxido de carbono (CO₂).

La propuesta se estructura en dos fases fundamentales. La primera implica la instalación de módulos con sensores en los contenedores para recopilar información sobre el volumen de residuos y los niveles de CO₂. La segunda fase se centra en el control del volumen de residuos y su inclusión estratégica en la ruta de recogida, superando así la limitación de la frecuencia de recogida fija.

Dada la descomposición de la materia orgánica y los desafíos asociados, se busca una frecuencia de recogida variable para abordar problemas como olores y emisiones perjudiciales para la salud. La elección de Barcelona como área experimental, con su alta contaminación atmosférica y acústica, proporciona un entorno propicio para validar la eficacia del sistema.

Los resultados obtenidos demuestran la eficacia del sistema al permitir una monitorización confiable de los contenedores y abordar problemas críticos de higiene vinculados a la acumulación de residuos. Se destaca la gestión del consumo mediante estrategias de apagado del sistema, que han incrementado significativamente la autonomía de la batería.

Para futuras versiones, se proponen mejoras que incluyen la sustitución de sensores y placas de desarrollo, el aumento de la capacidad de la batería y la implementación de trayectorias más óptimas para las rutas de recogida.

2. El proyecto de desarrollo de la aplicación móvil *EcoApp* se presenta en la tesis titulada *Implementar Aplicación Móvil 'EcoApp' Reciclaje* [34]: Surge la visión de *EcoApp*, una empresa destinada a fomentar el reciclaje en Santiago, mediante la promoción de un nuevo modelo de negocio sustentable y eco-inteligente.

La misión de *EcoApp* es aprovechar una oportunidad de negocio en el mercado de residuos reutilizables, contribuyendo al bienestar de la sociedad. Se propone desarrollar un software que facilite el reciclaje en los hogares de la Región Metropolitana, generando información valiosa y promoviendo la creación de productos ecológicos.

El enfoque del software *EcoApp* busca no solo crear entornos más limpios, sino también promover la educación ambiental, facilitar la ubicación de centros de acopio, posibilitar la recolección de productos reciclables a través de la aplicación, incentivar su uso y proporcionar ventajas a las pequeñas y medianas empresas. La aplicación, diseñada para ser accesible y amigable, brindará a los usuarios la capacidad de registrar ubicaciones de acopio, ingresar detalles específicos sobre productos reciclables y recibir alertas para su recolección. Todos los datos recopilados se almacenarán de forma segura en una base de datos MySQL.

Con el propósito de llegar a un público diverso, *EcoApp* se implementará en plataformas Android mediante App Inventor, una elección respaldada por su amplia usabilidad y accesibilidad global. Se destacará la función de geolocalización para encontrar centros de acopio en Santiago y la posibilidad de ingresar información detallada sobre los productos reciclables. Además, se garantizará la seguridad de la información almacenada, con acceso exclusivo para el administrador de la aplicación. Este enfoque integral refleja el compromiso de *EcoApp* con la conciencia ambiental y la participación activa de la sociedad en prácticas sostenibles.

El estado del arte revela una notable evolución en la gestión de residuos impulsada por tecnologías innovadoras como contenedores inteligentes, sensores, aplicaciones móviles y plataformas de información. Ejemplos como los contenedores amarillos con aro inteligente en Sant Boi de Llobregat y los compactadores inteligentes de Ecube Labs en Seúl destacan la aplicación exitosa de IoT, inteligencia artificial y energía solar para transformar la gestión de residuos en entornos urbanos. Además, programas como Reciclos en España y Reciclapp en Chile demuestran cómo las aplicaciones móviles no solo facilitan el reciclaje, sino que

también incentivan y recompensan prácticas sostenibles, contribuyendo a la concienciación ambiental. Proyectos sostenibles, como la monitorización de contenedores en Barcelona y la aplicación EcoApp en Santiago, reflejan un compromiso con la sostenibilidad al abordar desafíos específicos en la gestión eficiente de residuos. Estas iniciativas también resaltan la importancia de la educación ambiental, la participación ciudadana y el uso de incentivos para lograr prácticas más sostenibles en la sociedad. En conjunto, los proyectos presentados demuestran la viabilidad y el impacto positivo de las soluciones tecnológicas en la gestión ambientalmente consciente de los residuos.

Capítulo 3

Propuesta

3.1 Diseño.

3.1.1 Revisión de Requerimientos.

A continuación, se enumeran los requisitos funcionales, de interfaces y ambientales con los que debe cumplir aplicación móvil para funcionar de manera eficiente y lograr los objetivos establecidos.

3.1.1.1 Requerimientos Funcionales.

Aquí se describen los requerimientos necesarios para que el sistema cumpla con los objetivos y las necesidades de los usuarios.

1. El sistema debe permitir a los usuarios registrarse para acceder a funcionalidades personalizadas de la aplicación.
2. El sistema debe proporcionar a los usuarios registrados la capacidad de iniciar sesión para acceder a sus cuentas.
3. El sistema debe permitir a los usuarios recuperar la contraseña en caso de olvido.
4. El sistema debe mostrar una pantalla de carga cuando el usuario inicie sesión, para informar al usuario que el sistema está procesando la solicitud y para mejorar la experiencia de usuario.
5. El sistema debe permitir a los usuarios que hayan iniciado sesión seleccionar y acceder a opciones del menú, personalizadas según sus niveles de acceso.

6. El sistema debe incluir una sección de inicio que contenga información relevante sobre la empresa, incluyendo su visión, misión y detalles de contacto.
7. El sistema debe proporcionar a los usuarios la capacidad de editar la información de su perfil, incluyendo su nombre, apellido y número telefónico.
8. El sistema debe incluir una sección o vista que proporcione información detallada sobre el reciclaje de residuos luminosos.
9. El sistema debe proporcionar a los usuarios autorizados una sección que muestre los diferentes puntos limpios, junto con el nivel de ocupación actual de sus respectivos contenedores inteligentes.
10. El sistema debe incluir una sección dedicada que muestre los detalles del contenedor inteligente, indicando su estado (completo o incompleto) y el estado de los espacios destinados a las ampolletas (ocupado o no ocupado).

3.1.1.2 Requerimientos de Interfaces.

Los siguientes requerimientos se centran en satisfacer como los usuarios interactúan con la aplicación. La idea de estos requerimientos es brindar una interfaz de usuario efectiva, accesible y capaz de satisfacer las necesidades del usuario.

1. La interfaz debe proporcionar una experiencia interactiva, permitiendo a los usuarios realizar acciones como hacer clic en botones y realizar gestos táctiles, como deslizar hacia arriba o hacia abajo.
2. La interfaz debe ser fácil de usar y comprender para los usuarios, facilitando la navegación y la realización de tareas.
3. La interfaz debe contar con un diseño visualmente atractivo que mejore la experiencia del usuario.
4. La interfaz debe ser adaptable y funcionar eficazmente en diversos dispositivos móviles y resoluciones de pantalla.
5. La aplicación debe incluir un menú que permita a los usuarios acceder fácilmente a las diversas opciones.

3.1.1.3 Requerimientos de Ambiente.

Los siguientes requerimientos están enfocados en describir el entorno en el que se ejecutará la aplicación y se describen las condiciones necesarias para que el sistema funcione.

1. La aplicación debe ser desarrollada para ser compatible tanto con dispositivos Android como iOS, garantizando una experiencia consistente en ambas plataformas.
2. La aplicación requerirá acceso a la ubicación del usuario con el propósito de mostrar contenedores de reciclaje cercanos.
3. La aplicación debe ofrecer una sección educativa que proporcione información sobre el proceso de reciclaje de residuos luminosos.

3.1.2 Diagrama de Contexto

Un diagrama de contexto ofrece una visión simplificada de cómo un sistema interactúa con su entorno. En este caso, la figura 3.1 describe el funcionamiento del sistema de sensores, este utiliza la tecnología de conectividad 2G para enviar datos recopilados por los sensores. Estos datos viajan a través de la plataforma ThingSpeak, una herramienta que facilita la gestión y visualización de información en tiempo real.

Para lograr esta comunicación, se emplea un conjunto de reglas y formatos, conocidos como protocolo HTTP. Dentro de este protocolo, se utilizan métodos específicos como POST y GET. POST se emplea para enviar datos al servidor (como los datos de los sensores a ThingSpeak), mientras que GET se utiliza para solicitar información del servidor.

Luego, los datos se almacenan en una base de datos local. Desde allí, la información se integra con una aplicación móvil que permite a los usuarios interactuar con el sistema. Es importante señalar que, dependiendo del tipo de usuario (A o B), la aplicación móvil ofrece diferentes niveles de acceso y funcionalidades. Los usuarios de *tipo A*, con privilegios adicionales, pueden acceder y visualizar detalles específicos de los sensores, mientras que los usuarios de *tipo B* tienen funciones más limitadas.

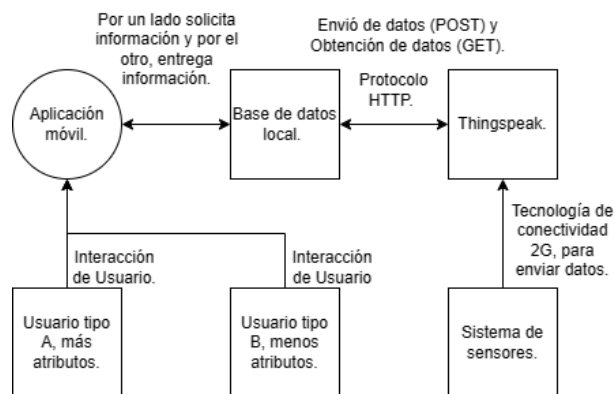


Figura 3.1: Diagrama de contexto.

Nota. Elaboración propia.

3.1.3 Diagrama de Arquitectura

En el presente diagrama de arquitectura (figura 3.2), que puede incluir tanto componentes de hardware como de software, se evidencian las diversas partes de una aplicación. La aplicación en cuestión se conforma de dos elementos esenciales: el "front-end" y el "back-end". El front-end representa la interfaz visible para el usuario, abarcando elementos como botones y la apariencia general de la aplicación. En contraste, el back-end opera como el componente "cerebral" detrás de escena, encargándose de gestionar la lógica del sistema y almacenar información relevante.

En la secuencia de operaciones, el back-end establece comunicación con una base de datos local creada en Workbench. Workbench, en este contexto, es una herramienta que facilita la creación y gestión de bases de datos. La base de datos local almacena información variada de los usuarios, incluyendo credenciales, así como datos asociados a contenedores. La actualización de la información relativa a los contenedores se lleva a cabo mediante datos recibidos desde ThingSpeak, una plataforma dedicada a recibir información generada por un sistema de sensores y transmitirla a la base de datos local.

En la figura 3.1.4, se detalla el sistema de sensores, compuesto por diversos elementos de hardware. En términos generales, un Arduino UNO asume la gestión integral del sistema. Utilizando una tecnología de conectividad específica, este dispositivo se encarga de recopilar datos provenientes de los sensores y transmitirlos eficientemente para su procesamiento y almacenamiento en el back-end de la aplicación.



Figura 3.2: Diagrama de arquitectura.

Nota. Elaboración propia.

3.1.4 Organización del Sistema de Sensores.

Este proyecto, desarrollado en colaboración con un equipo multidisciplinario, busca optimizar la gestión de residuos mediante un contenedor de reciclaje innovador. El prototipo del contenedor fue diseñado por Elena Rojo, estudiante de Ingeniería en Fabricación y Diseño Industrial. En la figura 3.3 se puede observar que el prototipo ha sido configurado como un conjunto modular, lo que permite una fácil expansión, como se muestra en la figura 3.4, para acomodar diversas necesidades de recolección. Cada módulo tiene la capacidad de alojar hasta 8 ampollitas, como se ilustra en la figura 3.5, y se ha integrado un sistema de sensores, descrito en la figura 3.6, para monitorizar el nivel de ocupación.

El núcleo del sistema es el conjunto de sensores ubicados estratégicamente bajo cada ampollita. Estos sensores de proximidad infrarrojos están conectados al Arduino Uno. Cuando un objeto, como una ampollita, ocupa el espacio del contenedor, el sensor detecta la presencia y envía esta información al Arduino Uno.

El Arduino Uno, a su vez, está conectado a un módulo GSM/GPRS 2G. Este módulo se encarga de establecer la conectividad necesaria para enviar los datos recopilados a la plataforma ThingSpeak. Así, el sistema puede proporcionar información en tiempo real sobre el nivel de ocupación del contenedor.

Para garantizar un funcionamiento autónomo, se implementó un sistema de suministro de energía utilizando un mini panel solar de 12V. Este panel se conecta a dos módulos TP4056, encargados de controlar la carga de dos baterías de litio. Una de estas baterías alimenta directamente al módulo GSM, mientras que la otra se utiliza para alimentar el resto del sistema.

Es esencial destacar la adaptación de voltajes implementada para garantizar el funcionamiento adecuado de cada componente. Uno de los componentes clave en este proyecto es el módulo GSM. Este módulo requiere recibir una cantidad específica de energía, en un rango de 3.4V a 4.4V, para operar de manera efectiva. Este requisito de energía se satisface mediante una batería completamente cargada, suministrando al módulo una tensión de 4.2V, la cual es exactamente lo que necesita para desempeñar su función central.

Posteriormente, nos encontramos con el Arduino Uno, identificado como el cerebro integral de todo el sistema. Este componente tiene una demanda energética ligeramente diferente, necesitando un voltaje que oscile entre 7V y 12V. Para asegurar el suministro adecuado de energía, se implementa un dispositivo especial conocido como regulador de voltaje (step-up). Este regulador toma la energía de otra batería y la ajusta para cumplir con los requisitos específicos del Arduino Uno, aproximadamente 7V. De esta manera, el Arduino Uno puede cumplir con sus funciones, alimentando el protoboard y los sensores de proximidad de manera eficiente.

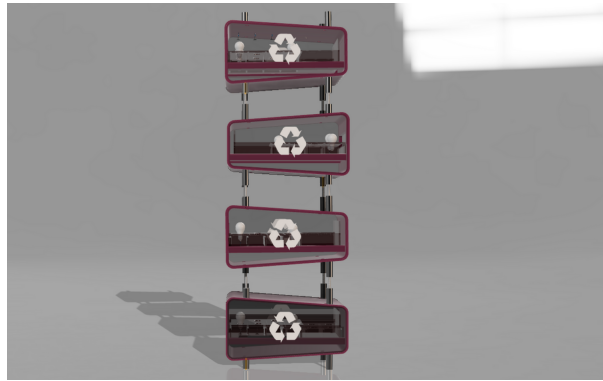


Figura 3.3: Prototipo contenedor modular.

Nota. Elaborado por Elena Rojo, Estudiante de Ingeniería en Fabricación y Diseño industrial.

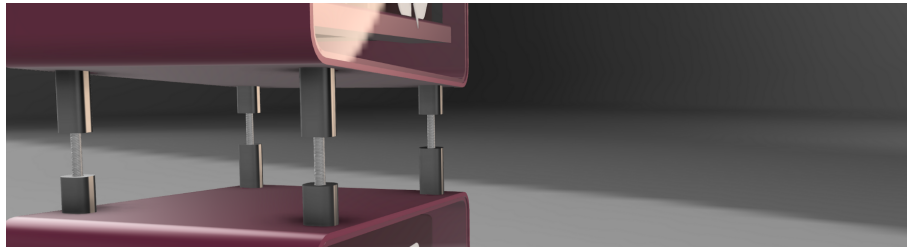


Figura 3.4: Prototipo empalme entre módulos del contenedor.

Nota. Elaborado por Elena Rojo, Estudiante de Ingeniería en Fabricación y Diseño industrial.

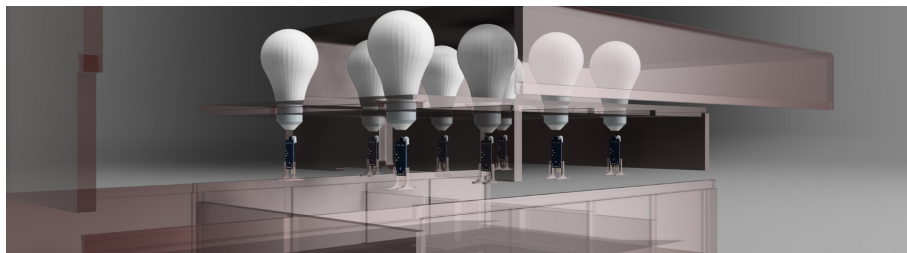


Figura 3.5: Prototipo módulo contenedor inteligente.

Nota. Elaborado por Elena Rojo, Estudiante de Ingeniería en Fabricación y Diseño industrial.

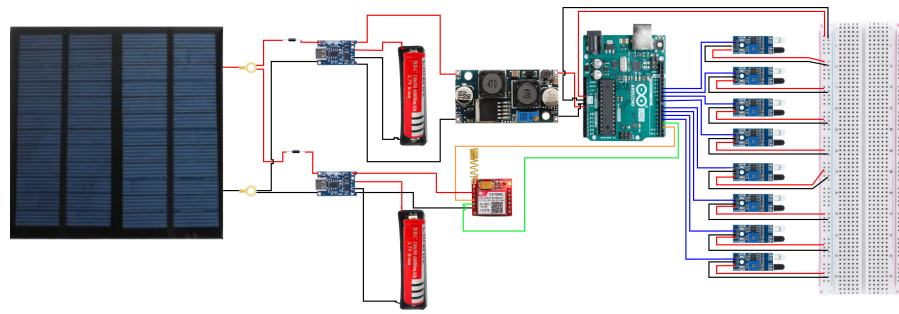


Figura 3.6: Organización del Sistema de Sensores.

Nota. Elaboración propia.

3.1.4.1 Descripción de Componentes.

Para un triángulo del contenedor modular, compuesto por cuatro triángulos en total, se han seleccionado diversos módulos para garantizar un funcionamiento eficiente del sistema. A continuación, se presenta una descripción detallada de cada elemento:

El Arduino UNO actúa como la unidad central de procesamiento del sistema. Con dimensiones de 68.6mm x 53.4mm, consume 50 mA y opera en un rango de tensión de 7V a 12V. Su versatilidad permite la programación y control de los componentes del sistema. [17]

Para la detección de obstáculos, se han integrado ocho sensores de proximidad HW-201, cada uno con dimensiones compactas de 31 mm x 15 mm x 7 mm. Estos sensores infrarrojos tienen un consumo de energía entre 18 mA y 20 mA y operan en un rango de tensión de 3.3V a 5V.[18]

El sistema cuenta con un módulo SIM800L GPRS GSM (25x23x1 mm) para habilitar la comunicación GSM/GPRS. Con un consumo máximo de corriente de 500 mA y 0.7 mA en modo de reposo, opera en un rango de tensión de 3.4V a 4.4V[19]

Para garantizar una fuente de alimentación estable, se incluye un módulo Booster Step Up XL6009. Este módulo es esencial, ya que la batería de litio suministra un voltaje de 3.7V, mientras que el Arduino requiere 7V para un rendimiento óptimo. Con un rango de voltaje de entrada de 3V a 32V y salida de 5V a 35V, el módulo Booster Step Up XL6009 realiza la función crucial de aumentar la tensión de la batería a un nivel compatible con las necesidades del Arduino.

El módulo, con dimensiones compactas de 43 x 21 x 14 mm, se integra eficientemente en el sistema. Además, se estima un consumo de aproximadamente 10 mA para los cálculos.[20]

En el sistema, se implementan dos diodos 1N4007 (con dimensiones de 2.7 x 5.2 x 2.7 mm cada uno) con la finalidad de rectificar la corriente[21]. La rectificación consiste en el proceso de convertir la corriente alterna (CA) proveniente de la fuente de energía, como una batería de litio, en corriente continua (CC).

En el contexto de estos diodos, su función principal es permitir que la corriente fluya en una única dirección, bloqueando la dirección opuesta. Al hacerlo, contribuyen a la estabilización de la fuente de alimentación, garantizando que la corriente fluya de manera constante y en una dirección específica.

La breadboard/protoboard MB102 (172 x 64 x 8,5 mm) facilita el prototipado con sus 830 puntos de conexión. Aquí, se organizan y conectan los sensores, estableciendo las conexiones esenciales para el sistema. Actúa como un espacio central donde se ensamblan y prueban los circuitos antes de la conexión final al Arduino, simplificando el desarrollo y ajuste del sistema. [22]

Se han integrado dos módulos cargadores de batería Li-ión LiPo TP4056 (25 x 19 x 10 mm cada uno) con una tensión de entrada de 4.5V a 5.5V y corriente de carga ajustable de hasta 1 Ampere[23]. Estos pequeños dispositivos son responsables de recargar las baterías del sistema de manera eficiente y segura. Funcionan monitoreando y ajustando cuidadosamente la corriente y el voltaje durante el proceso de carga. Su capacidad para adaptar la corriente de carga a las necesidades específicas y detenerse automáticamente cuando las baterías están llenas los hace componentes esenciales para mantener el sistema alimentado de manera óptima. Además, cuentan con protecciones integradas para garantizar la seguridad durante el proceso de carga. Estos módulos aseguran que las baterías se carguen de manera efectiva y se mantengan en condiciones óptimas.

El sistema cuenta con un mini panel solar de 12V (145 x 145 x 2.5 mm) con una salida nominal de 12V. El término "nominal" hace referencia a los valores estándar teóricos asociados con el rendimiento del panel bajo condiciones ideales. Bajo estas condiciones ideales, se espera que el panel solar genere una salida de voltaje de 12V. Además, el panel tiene una capacidad de corriente de hasta 200 mA. Es importante tener en cuenta que la salida real del panel puede variar en situaciones prácticas, dependiendo de factores como la intensidad de la luz solar y otras condiciones ambientales.[24]

Para almacenar energía, se incorporan dos baterías recargables Ultrafire 18650 Li-Ion. Cada batería tiene dimensiones de 66 mm de altura y 18 mm de diámetro, con una capacidad de 6800 mAh y una tensión de 3.7V[25]. Esta elección específica de la tensión de 3.7V tiene un propósito estratégico: alimentar directamente al módulo GSM, ya que su rango de voltaje de funcionamiento se encuentra dentro de este valor.

Las baterías de litio, en particular las de tipo 18650, son conocidas por su alta densidad de energía, lo que les permite almacenar una cantidad significativa de energía en un formato compacto. Además, su capacidad de carga y descarga sostenible, con una vida útil de varios ciclos, las hace ideales para aplicaciones de almacenamiento de energía. La baja tasa de autodescarga de estas baterías también contribuye a la eficiencia del sistema, permitiendo que retengan su carga durante períodos prolongados sin pérdida significativa de energía.

Finalmente, se emplean dos soportes de batería Porta Batería 18650 (76 x 21 x 19 mm cada uno)[26] para fijar y conectar las baterías recargables Ultrafire 18650 en su lugar. Estos soportes aseguran una sujeción estable de las baterías, evitando movimientos no deseados, al tiempo que facilitan una conexión eléctrica segura con otros componentes del sistema.

Su diseño específico para el tipo de batería utilizado contribuye a una integración eficiente y ordenada en el sistema general, garantizando así un rendimiento confiable y duradero.

3.1.4.2 Análisis de Consumo y Carga de Baterías: Evaluación de Dos Trayectos Eléctricos.

Para evaluar la duración y carga de las baterías en el diseño propuesto, se han establecido dos trayectos eléctricos conectados a cada batería. En el primer trayecto, que comprende **Panel Solar -> Diodo -> TP4056 -> Batería -> Módulo GSM**, la corriente total se determina sumando las corrientes individuales de cada componente. La corriente total es la suma de:

1. Corriente del Panel Solar (500 mA)
2. Corriente del Diodo (10 mA)
3. Corriente del TP4056 (10 mA)
4. Corriente del Módulo GSM (20 mA)

$$\text{Corriente total} = 500 \text{ mA} + 10 \text{ mA} + 10 \text{ mA} + 20 \text{ mA}$$

La duración estimada de la batería (Camino 1) se calcula dividiendo la capacidad de la batería entre la corriente total (**540 mA**):

$$\text{Duración de la batería (Camino 1)} = \frac{6800 \text{ mAh}}{\text{Corriente total (mA)}}$$

La batería se espera que tenga una duración aproximada de **12.56 horas**. Por otro lado, en el segundo trayecto (**Panel Solar -> Diodo -> TP4056 -> Batería -> Módulo Booster -> Arduino -> Protoboard con Sensores**), la corriente total se estima sumando las corrientes individuales de cada componente. La corriente total es la suma de:

1. Corriente del Panel Solar (10 mA)
2. Corriente del Diodo (10 mA)
3. Corriente del TP4056 (10 mA)
4. Corriente del Módulo Booster (10 mA)
5. Corriente del Arduino (50 mA)
6. Corriente de los Sensores (8 x 20 mA)

$$\text{Corriente total} = 10 \text{ mA} + 10 \text{ mA} + 10 \text{ mA} + 10 \text{ mA} + 50 \text{ mA} + 8 \times 20 \text{ mA}$$

La duración estimada de la batería (Camino 2) se calcula de manera análoga, considerando que la corriente total es de **250 mA**.

$$\text{Duración de la batería (Camino 2)} = \frac{6800 \text{ mAh}}{\text{Corriente total (mA)}}$$

La batería se estima que tendrá una duración aproximada de **27 horas**. Estas estimaciones ofrecen una perspectiva sobre la duración de cada batería en sus respectivos trayectos, considerando la capacidad de la batería y la corriente total consumida por los componentes en cada ruta.

En relación con el tiempo estimado de carga para una batería Ultrafire 18650 (6800 mAh) utilizando el módulo TP4056 con una corriente de carga ajustable de 1000 mA, se estima en aproximadamente **6.8 horas**. No obstante, se debe tener en cuenta que la carga máxima del módulo es de 1200 mA, lo que resultaría en un tiempo aproximado de carga de **5.6 horas** en el mejor de los casos. Este cálculo se realiza mediante la fórmula:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{\text{Capacidad de la batería mAh}}{\text{Corriente de carga mA}}$$

Se destaca que esta estimación es aproximada y puede variar en la práctica debido a la eficiencia del módulo de carga y las condiciones ambientales.

3.1.5 Descripción de Módulos

La sección *Descripción de Módulos* proporciona una visión de los componentes fundamentales que conforman el sistema. Cada módulo está diseñado con un propósito específico, aportando de manera única al funcionamiento integral del proyecto. A continuación, se presenta una descripción de estos módulos. Esta estructura modular no solo facilita el desarrollo y la gestión eficiente del sistema, sino que también mejora la comprensión general de cómo cada componente contribuye a la operación cohesiva de la aplicación.

1. Módulo de Autenticación y Perfiles: Este componente se encarga de gestionar las interfaces de usuario relacionadas con la autenticación y la administración de perfiles, incluyendo las siguientes funcionalidades:
 - Registro de Usuarios: Permite a los usuarios crear nuevas cuentas en la aplicación móvil.
 - Inicio de Sesión: Facilita el acceso a usuarios registrados mediante la autenticación de credenciales.

- Recuperación de Contraseña: Ofrece la posibilidad de recuperar contraseñas en caso de olvido, garantizando la seguridad y accesibilidad de las cuentas.
 - Edición de Información de Perfil: Permite a los usuarios actualizar y personalizar la información asociada a sus perfiles, como nombre, apellido y número telefónico.
2. Módulo de Puntos Limpios y Contenedores: Esta vista ofrece un mapa que presenta los puntos limpios de manera visual, destacando la ubicación geográfica. Además, proporciona información detallada sobre el nivel de ocupación de los contenedores inteligentes, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas sobre dónde depositar sus residuos luminosos.
 3. Módulo de Detalles del Contenedor: Dedicado a ofrecer información específica sobre cada contenedor inteligente, esta sección indica claramente el estado de llenado (completo o incompleto) y el estado de los espacios destinados a las ampolletas. Esto garantiza una gestión eficiente y facilita a los usuarios la identificación de contenedores disponibles.
 4. Módulo de Interfaz de Usuario: Diseñado para proporcionar a los usuarios una experiencia fluida y agradable, la interfaz de usuario se destaca por:
 - Experiencia Interactiva: Permite acciones como clic en botones y gestos táctiles para una interacción dinámica.
 - Facilidad de Uso: Ofrece una interfaz intuitiva y comprensible para facilitar la navegación y la realización de tareas.
 - Diseño Atractivo: Presenta un diseño visualmente agradable que mejora la experiencia del usuario.
 - Adaptabilidad: Funciona eficazmente en diversos dispositivos y resoluciones de pantalla.
 - Menú Accesible: Proporciona un menú de acceso fácil, permitiendo a los usuarios llegar rápidamente a diversas opciones según sus necesidades y preferencias.
 5. Módulo de Sección Educativa: Esta sección cumple la función de proporcionar información educativa sobre el proceso de reciclaje de residuos luminosos. Ofrece recursos educativos que ayudan a los usuarios a comprender la importancia del reciclaje y cómo participar de manera efectiva en el proceso.

3.1.6 Matriz de Requisitos Funcionales y Módulos.

A continuación, se presenta la Matriz de Requisitos Funcionales y Módulos (Tabla 3.1), una herramienta esencial en el proceso de desarrollo de software. Esta matriz tiene como

objetivo organizar y establecer una clara correspondencia entre los requisitos funcionales del sistema y los módulos o componentes encargados de su implementación. Su función principal es proporcionar una visión estructurada y eficiente de cómo se distribuyen y asignan las funciones dentro del sistema, asegurando que cada requisito esté vinculado a un componente específico.

	M1	M2	M3	M4	M5
RF1	X			X	
RF2	X			X	
RF3	X			X	
RF4				X	
RF5				X	
RF6				X	
RF7	X			X	
RF8				X	X
RF9		X		X	
RF10			X	X	

Cuadro 3.1: Matriz de requisitos funcionales y módulos

Nota. Elaboración propia.

3.1.7 Diseño de Módulos del Sistema.

La sección de *Diseño de Módulos del Sistema* representa una etapa fundamental en el desarrollo, donde se detallan minuciosamente las especificaciones de cada componente clave. Cada módulo se ha concebido con un propósito definido y se ha configurado para contribuir de manera significativa al conjunto integral del proyecto. En este análisis, se presentan tablas detalladas que encapsulan el propósito, alcance, dependencias, supuestos, restricciones y estructura general de cada módulo.

Módulo 1: Autenticación y Perfiles

En esta sección se presentan los detalles del Módulo 1, los cuales están descritos en la tabla 3.2. Este módulo gestiona las interfaces de usuario y la lógica de negocio relacionadas con la autenticación y la administración de perfiles, abarcando funcionalidades como el registro de usuarios, inicio de sesión, recuperación de contraseñas y edición de información de perfil.

Propósito	Gestionar las interfaces de usuario relacionadas con la autenticación y la administración de perfiles.
Alcance	Incluye el registro de usuarios, inicio de sesión, recuperación de contraseña y edición de información de perfil.
Dependencias	Puede depender del sistema de almacenamiento de datos para la gestión de cuentas y perfiles.
Supuestos	Se asume que la información de autenticación se maneja de manera segura y encriptada.
Restricciones	Debe cumplir con los estándares de seguridad y privacidad de datos.
Estructura General	Compuesto por interfaces y lógica de negocio relacionada con la autenticación y perfiles.

Cuadro 3.2: Módulo 1: Autenticación y Perfiles

Nota. Elaboración propia.

Módulo 2: Puntos Limpios y Contenedores

En esta sección se presentan los detalles del Módulo 2, el cual gestiona las funcionalidades relacionadas con los puntos limpios y contenedores, como se describe en la tabla 3.3. Este módulo tiene como propósito mostrar los puntos limpios existentes y proporcionar información detallada sobre la ubicación geográfica y el nivel de ocupación de los contenedores inteligentes.

Propósito	Mostrar los puntos limpios existentes y proporcionar información sobre la ubicación geográfica y el nivel de ocupación de los contenedores inteligentes.
Alcance	Fundamental para que el usuario pueda ubicar y decidir dónde depositar sus residuos luminosos de manera informada.
Dependencias	Depende del servicio de mapa.
Supuestos	Se asume que la información sobre los puntos limpios y contenedores es precisa y se actualiza regularmente.
Restricciones	Deberá garantizar la entrega de información sobre el nivel de ocupación a las personas autorizadas.
Estructura General	Compuesto por una interfaz de mapa y lógica para la visualización de puntos limpios y contenedores.

Cuadro 3.3: Módulo 2: Puntos Limpios y Contenedores.

Nota. Elaboración propia.

Módulo 3: Detalles del Contenedor

En la tabla 3.4 se detallan las características del Módulo 3, enfocado en proporcionar información específica sobre cada contenedor inteligente. Este módulo tiene como propósito garantizar una gestión eficiente de los contenedores.

Propósito	Proporcionar información específica sobre cada contenedor inteligente, incluyendo el estado de llenado (completo o incompleto) y el estado de los espacios destinados a las ampollitas.
Alcance	Garantizar una gestión eficiente de los contenedores y facilitar a los usuarios la identificación de contenedores disponibles.
Dependencias	Puede depender de sistemas de monitoreo de contenedores y bases de datos de estado de llenado.
Supuestos	Se asume que la información sobre el estado de los contenedores se actualiza en tiempo real o con la frecuencia necesaria.
Restricciones	Debe cumplir con las normativas de seguridad en la gestión de información sobre el estado de los contenedores.
Estructura General	Compuesto por interfaces de visualización detallada de contenedores y lógica para obtener y mostrar información específica.

Cuadro 3.4: Módulo 3: Detalles del Contenedor.

Nota. Elaboración propia.

Módulo 4: Interfaz de Usuario

En la tabla 3.5 se describen las características del Módulo 4, que se enfoca en desarrollar y diseñar una interfaz de usuario intuitiva y atractiva para la aplicación.

Propósito	Desarrollar y diseñar una interfaz de usuario intuitiva y atractiva para aplicación.
Alcance	Permitirá a los usuarios interactuar con el sistema de manera efectiva y eficiente.
Dependencias	El módulo de diseño de interfaz de usuario depende de tecnologías específicas utilizadas para implementar la interfaz de usuario, como TypeScript.
Supuestos	Se asume que los usuarios tienen conocimientos básicos sobre el uso de dispositivos móviles y aplicaciones similares. Además, se espera que los usuarios estén familiarizados con los elementos de la interfaz de usuario comunes, como botones, campos de entrada de texto y navegación básica.
Restricciones	La aplicación es compatible solo con dispositivos Android y Iphone.
Estructura General	El módulo recibe las interacciones y órdenes del usuario, como clics y textos ingresados a través de la interfaz. Luego, se ejecutan las funcionalidades necesarias internamente para llevar a cabo lo solicitado por el usuario desde dentro del sistema. Finalmente, proporciona las salidas correspondientes, es decir, la información requerida por el usuario como resultado de su interacción con el sistema.

Cuadro 3.5: Módulo 4: Interfaz de Usuario.

Nota. Elaboración propia.

Módulo 5: Sección Educativa

Este módulo (Tabla 3.6) ofrece recursos educativos diseñados para ayudar a los usuarios a comprender la importancia del reciclaje y cómo pueden participar de manera efectiva en el proceso.

Propósito	Proporcionar información educativa sobre el proceso de reciclaje de residuos luminosos. Ofrecer recursos educativos que ayuden a los usuarios a comprender la importancia del reciclaje y cómo participar de manera efectiva en el proceso.
Alcance	Educar a los usuarios sobre la importancia del reciclaje de residuos luminosos y cómo pueden contribuir al proceso de manera consciente.
Dependencias	Puede depender de contenido educativo actualizado y de fuentes confiables.
Supuestos	Se asume que los usuarios accederán y utilizarán la sección educativa para informarse sobre el reciclaje de residuos luminosos.
Restricciones	Debe proporcionar información precisa y confiable sobre el reciclaje de residuos luminosos.
Estructura General	Compuesto por interfaces de contenido educativo, junto con la lógica para presentar de manera efectiva la información.

Cuadro 3.6: Módulo 5: Sección Educativa.

Nota. Elaboración propia.

3.1.8 Entorno de Soporte y Desarrollo

La creación de prototipos para la aplicación móvil se realiza mediante la plataforma Miro. Esta herramienta versátil no solo facilita la generación de prototipos, sino que también se adapta a diversas actividades de diseño y colaboración. Al ser una herramienta basada en línea, Miro permite la colaboración en tiempo real. Los usuarios pueden desarrollar esquemas, diagramas y prototipos interactivos de manera intuitiva gracias a su interfaz de arrastrar y soltar.

En el desarrollo del front-end, se emplea TypeScript junto con React Native. TypeScript aporta un sistema de tipado estático que fortalece la robustez y la facilidad de mantenimiento del código. Por su parte, React Native permite la construcción eficiente de aplicaciones móviles al utilizar componentes de interfaz de usuario reutilizables. Esta combinación ofrece un enfoque poderoso para el desarrollo de aplicaciones móviles, con la ventaja adicional de compartir código entre plataformas iOS y Android.

Se opta por la combinación de React Native y TypeScript en el desarrollo del front-end de la aplicación móvil. React Native, un framework de código abierto creado por Meta Platforms, Inc., destaca por su capacidad para construir aplicaciones móviles multiplataforma, abarcando tanto iOS como Android. A diferencia de los métodos

convencionales que requieren desarrollos separados para cada plataforma, React Native permite a los desarrolladores emplear un conjunto común de componentes y un lenguaje de programación para ambas plataformas. La reutilización eficiente de código se facilita gracias al uso de componentes de React para la interfaz de usuario, ofreciendo coherencia y eficacia en todas las partes de la aplicación.

React Native también destaca por su amplia biblioteca de módulos y recursos disponibles a través de NPM, respaldada por una comunidad activa que contribuye con soluciones valiosas.

En paralelo, TypeScript, un superset de JavaScript, aporta un sistema de tipado estático que agrega una capa adicional de seguridad y mantenibilidad al código. Al permitir la definición de tipos para variables, funciones y objetos, TypeScript detecta errores en tiempo de compilación, elevando la calidad del código y facilitando la documentación.

La integración de TypeScript con React Native optimiza el desarrollo, capitalizando las ventajas del tipado estático y proporciona un conjunto robusto de herramientas para el desarrollo eficiente de aplicaciones móviles. Además, TypeScript se integra sin problemas con herramientas modernas de desarrollo, como Visual Studio Code, ofreciendo funcionalidades avanzadas basadas en su sistema de tipos.

3.2 Revisión del Prototipo.

3.2.1 Esquema General de Componentes del Prototipo.

A continuación, se exhibirán los prototipos de las interfaces de usuario de la aplicación móvil. Inicialmente, se presentará un prototipo generado con la herramienta Miro. Posteriormente, se detallará este prototipo mediante una tabla que incluirá información sobre el evento que desencadena la interacción del usuario, así como las acciones asociadas a dicha interacción.

Es relevante destacar la existencia de dos perfiles de usuarios, diferenciados por sus niveles de privilegios dentro de la aplicación móvil. El usuario *tipo A* disfruta de un acceso más extenso a funciones en su menú, ya que está diseñado para empleados de la empresa involucrados en el proceso de acopio de reciclaje. Mientras tanto, el usuario *tipo 'B'* está orientado a individuos comunes que buscan obtener información sobre el reciclaje de residuos lumínicos y conocer los puntos de reciclaje disponibles.

3.2.1.1 Inicio de sesión.

En la figura 3.7 se observa el prototipo generado para el inicio de sesión, el cual puede realizarse a través del número de teléfono o utilizando un correo electrónico.

Posteriormente, en la tabla 3.7, se describen las posibles interacciones del usuario durante el proceso de inicio de sesión.

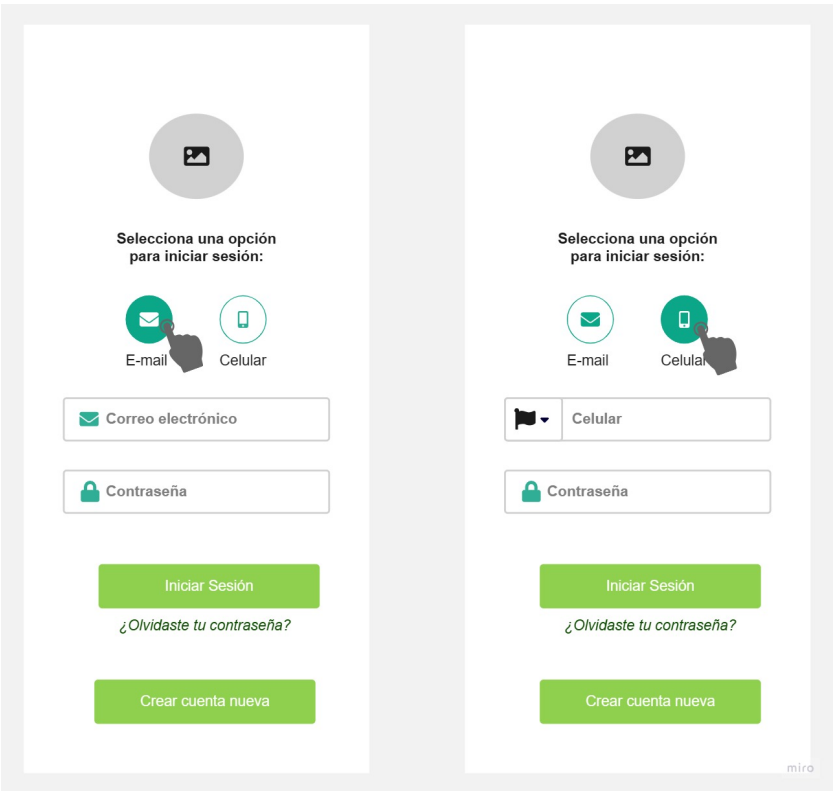


Figura 3.7: Inicio de sesión.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Inicio de sesión con correo electrónico.	El usuario selecciona el botón: E-mail.	Se direcciona a la ventana de inicio de sesión con correo electrónico.
	El usuario ingresa su correo electrónico y contraseña. Posteriormente, presiona el botón: Iniciar Sesión.	Si las credenciales son válidas, se direcciona a su respectivo menú. En caso contrario, se entrega un mensaje de error.
Inicio de sesión con número de celular	El usuario selecciona el botón: Celular.	Se direcciona a la ventana de inicio de sesión con número de teléfono.
	El usuario ingresa su celular y contraseña. Posteriormente, presiona el botón: Iniciar Sesión.	Si las credenciales son válidas, se direcciona a su respectivo menú. En caso contrario, se entrega un mensaje de error.

Cuadro 3.7: Evento, interacción y acción: Inicio de sesión.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.2 Registro.

En la imagen 3.8, se presentan dos opciones de prototipo para el registro de usuarios: mediante correo electrónico o número de celular. Los eventos asociados se detallan en varios cuadros numerados para cada fase del proceso. La tabla 3.8 describe los eventos al iniciar el registro y presionar el botón correspondiente, mientras que la tabla 3.9 abarca las interacciones durante el ingreso de datos personales como nombre y apellido. Los procesos de validación del correo electrónico (tabla 3.10) y del número de celular (cuadro 3.11) están especificados, al igual que los eventos durante la creación de la contraseña (tabla 3.14).

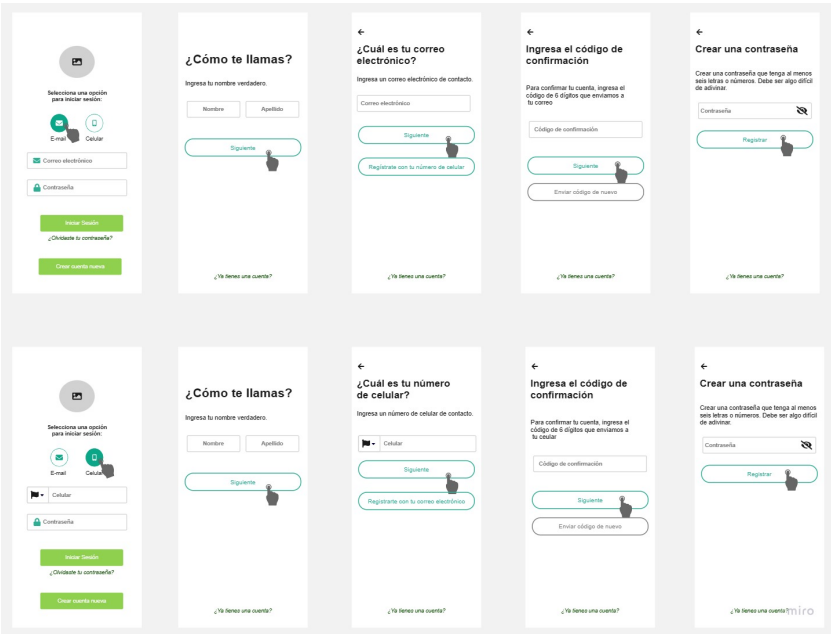


Figura 3.8: Registro.

Nota. Elaboración propia.

Registrarse.	El usuario presiona el botón: Registrarse.	Se direcciona a un formulario para obtener su nombre y apellido.
--------------	--	--

Cuadro 3.8: Evento, interacción y acción: Registro.

Nota. Elaboración propia.

Registrar nombre y apellido.	El usuario ingresa sus datos (nombre y apellido) y presiona el botón: Siguiente.	Se direcciona al siguiente formulario.
	El usuario presiona el botón: ¿Ya tienes una cuenta?.	Se direcciona al LOGIN.

Cuadro 3.9: Evento, interacción y acción: Registro.

Nota. Elaboración propia.

Registrar con un correo electrónico.	El usuario ingresa su correo electrónico y presiona el botón: Siguiente.	Se direcciona al siguiente formulario, en este caso, confirmación.
	El usuario presiona el botón: ¿Ya tienes una cuenta?.	Se direcciona al LOGIN de correo electrónico.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha.	Se direcciona al formulario anterior: Registrar nombre y apellido.
	El usuario presiona el botón: Regístrate con tu número de celular.	Se direcciona al formulario : Registrar con un número de teléfono.

Cuadro 3.10: Evento, interacción y acción: Registro.

Nota. Elaboración propia.

Registrar con un número de teléfono.	El usuario ingresa su número de teléfono y presiona el botón: Siguiente.	Se direcciona al siguiente formulario, en este caso, confirmación.
	El usuario presiona el botón: ¿Ya tienes una cuenta?.	Se direcciona al LOGIN de número de teléfono.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha.	Se direcciona al formulario anterior: Registrar nombre y apellido.
	El usuario presiona el botón: Regístrate con tu correo electrónico.	Se direcciona al formulario : Registrar con un correo electrónico.

Cuadro 3.11: Evento, interacción y acción: Registro.

Nota. Elaboración propia.

Confirmar correo.	El usuario ingresa el código de verificación que recibió en su correo electrónico. Y pulsa el botón: Siguiente.	El usuario es direccionado al siguiente formulario: Crear una contraseña.
	El usuario no recibió el código, por ello pulsa el botón: Enviar código de nuevo.	Se le envía otro código de verificación al usuario.
	El usuario presiona el botón: ¿Ya tienes una cuenta?.	Se direcciona al LOGIN de correo electrónico.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha.	Se direcciona al formulario anterior: Registrar con correo electrónico.

Cuadro 3.12: Evento, interacción y acción: Registro.

Nota. Elaboración propia.

Confirmar número de celular.	El usuario ingresa el código de verificación que recibió en su número de celular. Y pulsa el botón: Siguiente.	El usuario es direccionado al siguiente formulario: Crear una contraseña.
	El usuario no recibió el código, por ello pulsa el botón: Enviar código de nuevo.	Se le envía otro código de verificación al usuario.
	El usuario presiona el botón: ¿Ya tienes una cuenta?.	Se direcciona al LOGIN de número de celular.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha.	Se direcciona al formulario anterior: Registrar con número de celular.

Cuadro 3.13: Evento, interacción y acción: Registro.

Nota. Elaboración propia.

Crear contraseña.	El usuario ingresa una contraseña y presiona el botón: Registrar.	Si la contraseña cumple con las condiciones necesarias se notificará: Registro Exitoso, y se direccionará al LOGIN. En caso contrario, se notificará que su contraseña no cumple con las condiciones necesarias.
	El usuario presiona el botón: ¿Ya tienes una cuenta?.	Se direcciona al LOGIN.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha.	Se direcciona al formulario anterior.

Cuadro 3.14: Evento, interacción y acción: Registro.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.3 Recuperar contraseña.

En la figura 3.9 se observa la interfaz asociada al proceso de recuperación de contraseña. Una vez que el usuario selecciona la opción de recuperar contraseña, tiene dos opciones: recuperar la contraseña utilizando su correo electrónico registrado (tabla 3.15) o su número telefónico (tabla 3.16). Dependiendo de la opción elegida, se deben rellenar los datos correspondientes: el número de celular (tabla 3.18) o el correo electrónico (tabla 3.17). Después de ingresar el código de confirmación recibido por correo electrónico (tabla 3.19) o celular (tabla 3.20), el usuario obtendrá una sección para ingresar la nueva contraseña (tablas 3.21 y 3.22).

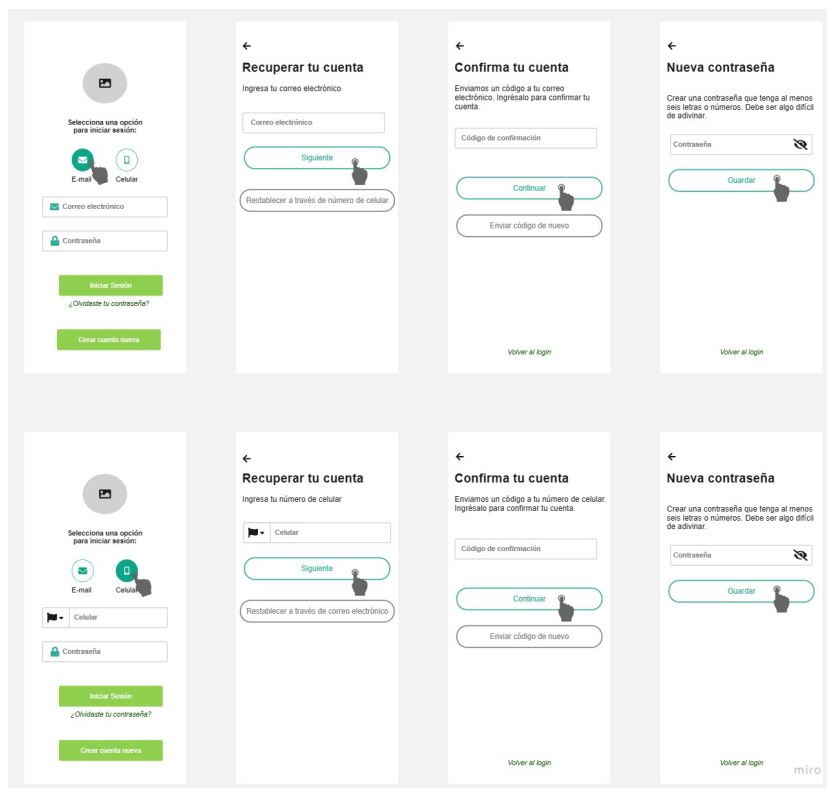


Figura 3.9: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Restablecer contraseña con correo electrónico.	En el Login de correo electrónico, el usuario presiona el botón: Restablecer contraseña.	Se direcciona a un formulario para solicitar su correo electrónico.

Cuadro 3.15: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Restablecer contraseña con número de celular.	En el Login de número de celular, el usuario presiona el botón: Restablecer contraseña.	Se direcciona a un formulario para solicitar su número de celular.

Cuadro 3.16: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Recuperar contraseña por correo electrónico.	El usuario ingresa su correo electrónico y presiona el botón: Siguiente.	Se direcciona al siguiente formulario.
	El usuario presiona el botón: Restablecer a través de número de celular.	Se direcciona a restablecer contraseña a través de número de celular.
	El usuario presiona el botón: flecha.	Se direcciona a la ventana anterior, para este caso al login de correo electrónico.

Cuadro 3.17: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Recuperar contraseña por número de celular.	El usuario ingresa su número de celular y presiona el botón: Siguiente.	Se direcciona al siguiente formulario.
	El usuario presiona el botón: Restablecer a través de correo electrónico.	Se direcciona a restablecer contraseña a través de correo electrónico.
	El usuario presiona el botón: flecha.	Se direcciona a la ventana anterior, para este caso al LOGIN de número de celular.

Cuadro 3.18: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Confirmar cuenta por correo electrónico.	El usuario ingresa el código de confirmación recibido y presiona el botón: Continuar.	Si el código es correcto. Entonces se direcciona al siguiente formulario. En caso contrario, se notifica que existe un error.
	El usuario presiona el botón : Enviar código de nuevo.	Se reenvía el código al correo electrónico del usuario.
	El usuario presiona el botón: Volver al login.	Se direcciona al LOGIN de correo electrónico.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha.	Se direcciona al formulario anterior, en otras palabras, la vista: Recuperar tu cuenta para correo electrónico.

Cuadro 3.19: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Confirmar cuenta por número de celular.	El usuario ingresa el código de confirmación recibido y presiona el botón <i>Continuar</i> .	Si el código es correcto. Entonces se direcciona al siguiente formulario. En caso contrario, se notifica que existe un error.
	El usuario presiona el botón : Enviar código de nuevo.	Se reenvía el código al número de celular del usuario.
	El usuario presiona el botón: Volver al login.	Se direcciona al LOGIN de número de celular.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha.	Se direcciona al formulario anterior, en otras palabras, la vista: Recuperar tu cuenta para número de celular.

Cuadro 3.20: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Nueva contraseña correo electrónico.	El usuario ingresa una nueva contraseña y presiona el botón : Guardar.	Si la contraseña cumple con las condiciones necesarias se notificará: Cambio de contraseña exitoso, y se direccionará al LOGIN de correo electrónico. En caso contrario, se notificará que su contraseña no cumple con las condiciones necesarias.
	El usuario presiona el botón: Volver al login.	Se direcciona al LOGIN de correo electrónico.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha	Se direcciona al formulario anterior, en este caso, la vista confirmar tu cuenta.

Cuadro 3.21: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Nueva contraseña número de celular.	El usuario ingresa una nueva contraseña y presiona el botón : Guardar.	Si la contraseña cumple con las condiciones necesarias se notificará: Cambio de contraseña exitoso, y se direccionará al LOGIN de número de celular. En caso contrario, se notificará que su contraseña no cumple con las condiciones necesarias.
	El usuario presiona el botón: Volver al login.	Se direcciona al LOGIN de número de celular.
	El usuario presiona el botón en forma de flecha	Se direcciona al formulario anterior, en este caso, la vista confirmar tu cuenta.

Cuadro 3.22: Evento, interacción y acción: Recuperar contraseña.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.4 Menú A.

En la figura 3.10 se observa la interfaz prototipo del menú para un usuario con mayores privilegios. Las opciones de menú disponibles son: inicio, perfil, información de residuos lumínicos, puntos de reciclaje, nivel de ocupación y cerrar sesión. La tabla 3.23 proporciona más detalles sobre la interacción y las acciones que un usuario puede realizar en esta interfaz.

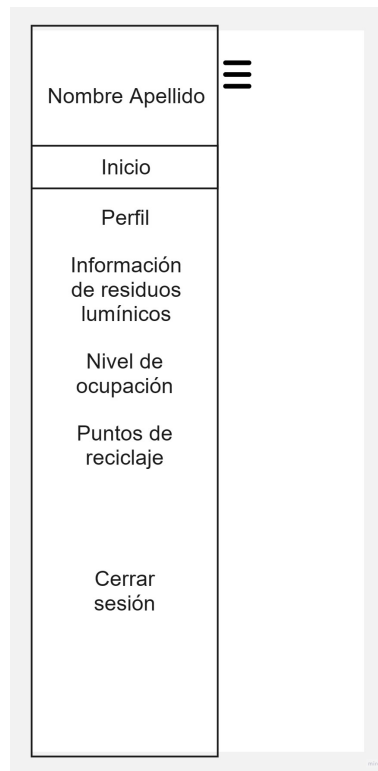


Figura 3.10: Menú A.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Iniciar sesión usuario <i>tipo A</i> .	El usuario ingresa sus credenciales y presiona el botón: Iniciar Sesión.	Si las credenciales son válidas, se direcciona a un menú <i>tipo A</i> . En caso contrario, se notifica: Credenciales incorrectas.
Menú <i>tipo A</i> : Inicio.	El usuario presiona el botón: Inicio.	Se direcciona a la ventana: Inicio.
Menú <i>tipo A</i> : Perfil.	El usuario presiona el botón: Perfil.	Se direcciona a la ventana: Perfil.
Menú <i>tipo A</i> : Información de residuos lumínicos.	El usuario presiona el botón: Información de residuos lumínicos.	Se direcciona a la ventana: Información de residuos lumínicos.
Menú <i>tipo A</i> : Puntos de reciclaje.	El usuario presiona el botón: Puntos de reciclaje.	Se direcciona a la ventana: Puntos de reciclaje.
Menú <i>tipo A</i> : Nivel de ocupación.	El usuario presiona el botón: Nivel de ocupación.	Se direcciona a la ventana: Nivel de ocupación.
Menú <i>tipo A</i> : Cerrar sesión.	El usuario presiona el botón: Cerrar sesión.	Se cierra la sesión del usuario y se direcciona a la ventana de inicio de sesión.

Cuadro 3.23: Evento, interacción y acción: Menú A.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.5 Menú B.

A continuación, la figura 3.11 muestra el prototipo del menú para un usuario con acceso limitado. Las opciones disponibles son: inicio, perfil, información de residuos lumínicos, puntos de reciclaje y cerrar sesión. Se observa la ausencia de la opción "nivel de ocupación", que está presente en el menú para usuarios con mayores privilegios. La tabla 3.24 detalla los eventos y acciones que el usuario puede realizar en esta interfaz.

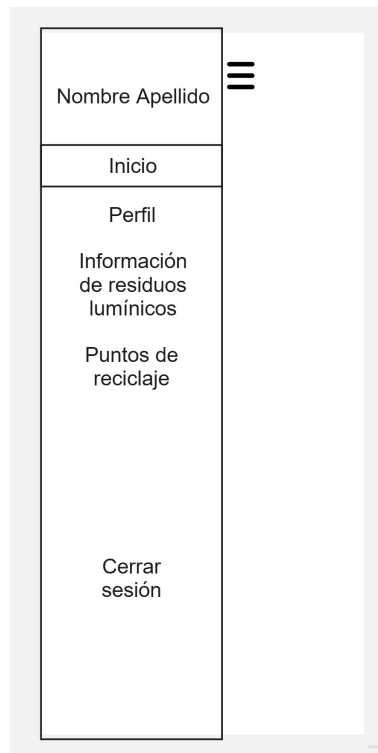


Figura 3.11: Menú B

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Iniciar sesión usuario <i>tipo B</i> .	El usuario ingresa sus credenciales y presiona el botón: Iniciar Sesión.	Si las credenciales son válidas, se direcciona a un menú <i>tipo B</i> . En caso contrario, se notifica: Credenciales incorrectas.
Menú <i>tipo B</i> : Inicio.	El usuario presiona el botón: Inicio	Se direcciona a la ventana: Inicio.
Menú <i>tipo B</i> : Perfil.	El usuario presiona el botón: Perfil.	Se direcciona a la ventana: Perfil.
Menú <i>tipo B</i> : Información de residuos lumínicos.	El usuario presiona el botón: Información de residuos lumínicos.	Se direcciona a la ventana: Información de residuos lumínicos.
Menú <i>tipo B</i> : Puntos de reciclaje.	El usuario presiona el botón: Puntos de reciclaje.	Se direcciona a la ventana: Puntos de reciclaje.
Menú <i>tipo B</i> : Cerrar sesión.	El usuario presiona el botón: Cerrar sesión.	Se cierra la sesión del usuario y se direcciona a la ventana de inicio de sesión.

Cuadro 3.24: Evento, interacción y acción: Menú 'B'.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.6 Inicio.

En la siguiente imagen (Figura 3.12), se observa el prototipo asociado a la sección del menú: inicio. Esta sección contendrá información relevante sobre la empresa y el proyecto. Asimismo, la tabla 3.25 presenta los posibles eventos, interacciones y acciones que se pueden realizar en esta sección.

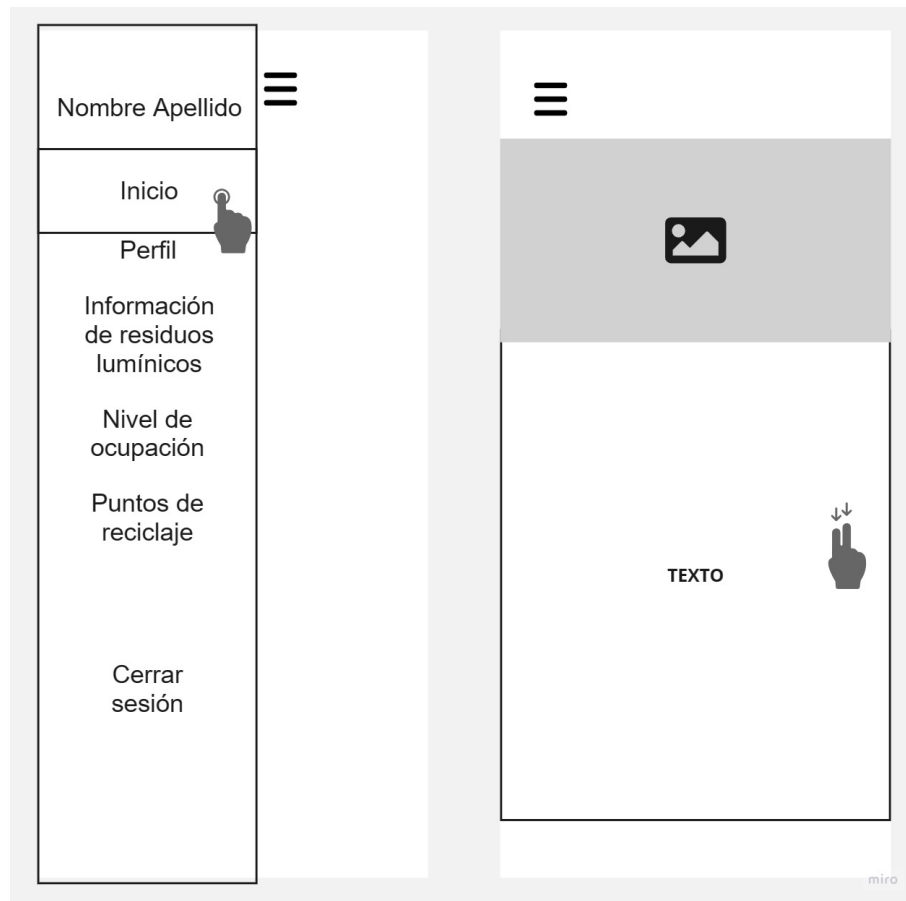


Figura 3.12: Inicio.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Menú	El usuario presiona el botón: Inicio.	Se direcciona a la ventana: Inicio.
Ventana: Inicio.	El usuario desliza sobre la pantalla.	Se muestra la información puesta en la vista.
Regresar al Menú	El usuario presiona el botón del menú.	Se abre el Menú.

Cuadro 3.25: Evento, interacción y acción: Inicio.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.7 Perfil

En seguida, se presenta el prototipo de la sección perfil (Figura 3.13), cuyo objetivo es ofrecer al usuario una opción para editar o actualizar sus datos de perfil registrados. Asimismo, como en las otras etapas de este capítulo, se presenta la tabla 3.26, que detalla la interacción del usuario con la interfaz y las acciones que estas interacciones desencadenan.

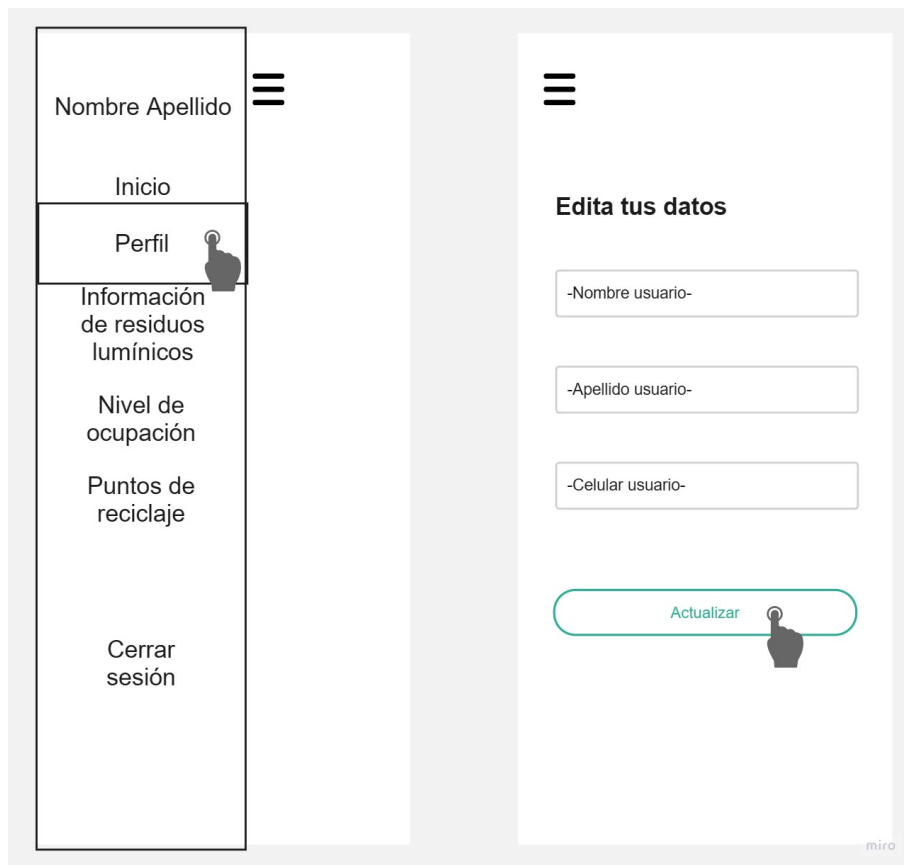


Figura 3.13: Perfil.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Menú.	El usuario presiona el botón: Perfil.	Se direcciona a la ventana: Perfil.
Ventana: Perfil.	El usuario ingresa los datos que desea actualizar y presiona el botón: Actualizar.	Se actualizan los datos.
Regresar al Menú.	El usuario presiona el botón del menú.	Se abre el Menú.

Cuadro 3.26: Evento, interacción y acción: Perfil.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.8 Información de residuos lumínicos.

A continuación, se presenta el prototipo de la sección "Información de residuos lumínicos" (Figura 3.14), cuyo objetivo es brindar al usuario detalles sobre los residuos lumínicos, incluyendo información de tipos de ampolletas, beneficios del reciclaje de residuos lumínicos y el método de reciclaje. La tabla 3.27 describe los eventos, interacciones y acciones posibles en esta sección.

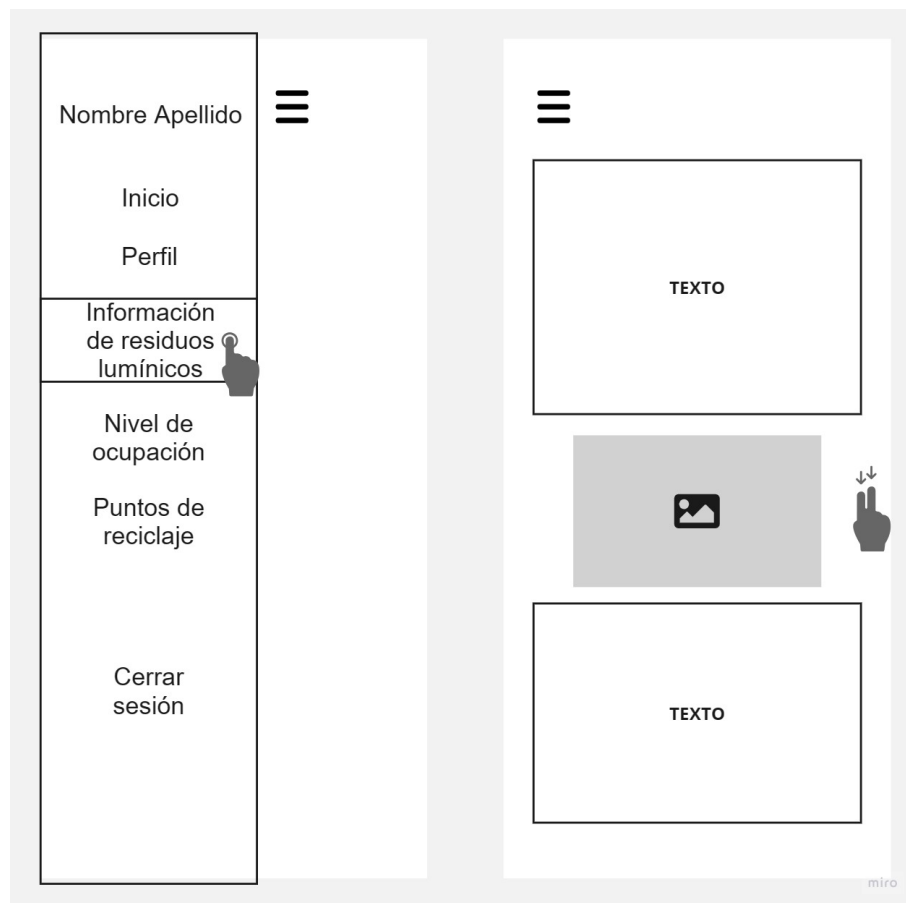


Figura 3.14: Información de residuos lumínicos.

Nota. Elaboración propia.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Menú.	El usuario presiona el botón: Información de residuos lumínicos.	Se direcciona a la ventana: Información de residuos lumínicos.
Ventana: Información de residuos lumínicos.	El usuario desliza sobre la pantalla.	Se muestra la información y las imágenes puestas en la vista.
Regresar al Menú	El usuario presiona el botón del menú.	Se abre el Menú.

Cuadro 3.27: Evento, interacción y acción: Información de residuos lumínicos.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.9 Nivel de ocupación.

En la figura 3.15, se presenta el prototipo de la sección "Nivel de ocupación", cuyo objetivo es proporcionar al usuario información sobre el nivel de ocupación de distintos sitios. La tabla 3.28 detalla los posibles eventos de esta sección. El usuario puede acceder a esta información presionando el botón "Nivel de ocupación" en el menú, lo cual lo redirige a la ventana correspondiente. Además, al seleccionar una tarjeta de un sitio, se abre una ventana emergente con información detallada del punto de reciclaje.

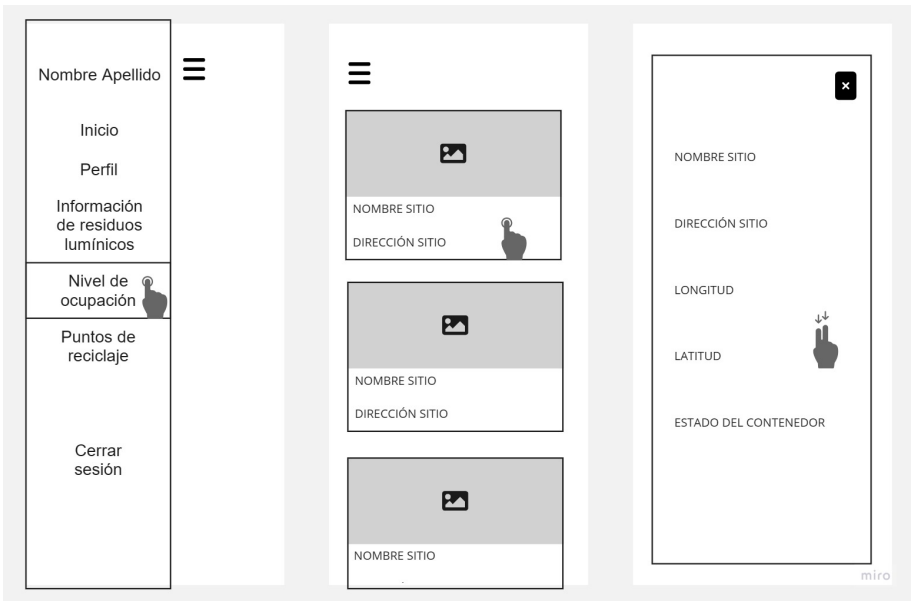


Figura 3.15: Nivel de ocupación.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Menú.	El usuario presiona el botón: Nivel de ocupación.	Se direcciona a la ventana: Nivel de ocupación.
Menú	El usuario presiona una tarjeta de un sitio.	Se abre una ventana emergente con información detallada del punto de reciclaje.
Regresar al Menú.	El usuario presiona el botón del menú.	Se abre el Menú.

Cuadro 3.28: Evento, interacción y acción: Nivel de ocupación.

Nota. Elaboración propia.

3.2.1.10 Puntos de reciclaje.

Se presenta el prototipo de la sección "Puntos de reciclaje" (Figura ??), cuyo objetivo es ofrecer al usuario información sobre los puntos de reciclaje disponibles. La tabla ?? describe los eventos, interacciones y acciones posibles en esta sección. Al presionar el botón "Puntos de reciclaje" en el menú, el usuario es redirigido a la ventana correspondiente, donde el mapa se posiciona en su ubicación actual. Además, el usuario puede deslizar sobre la pantalla para moverse por el mapa.

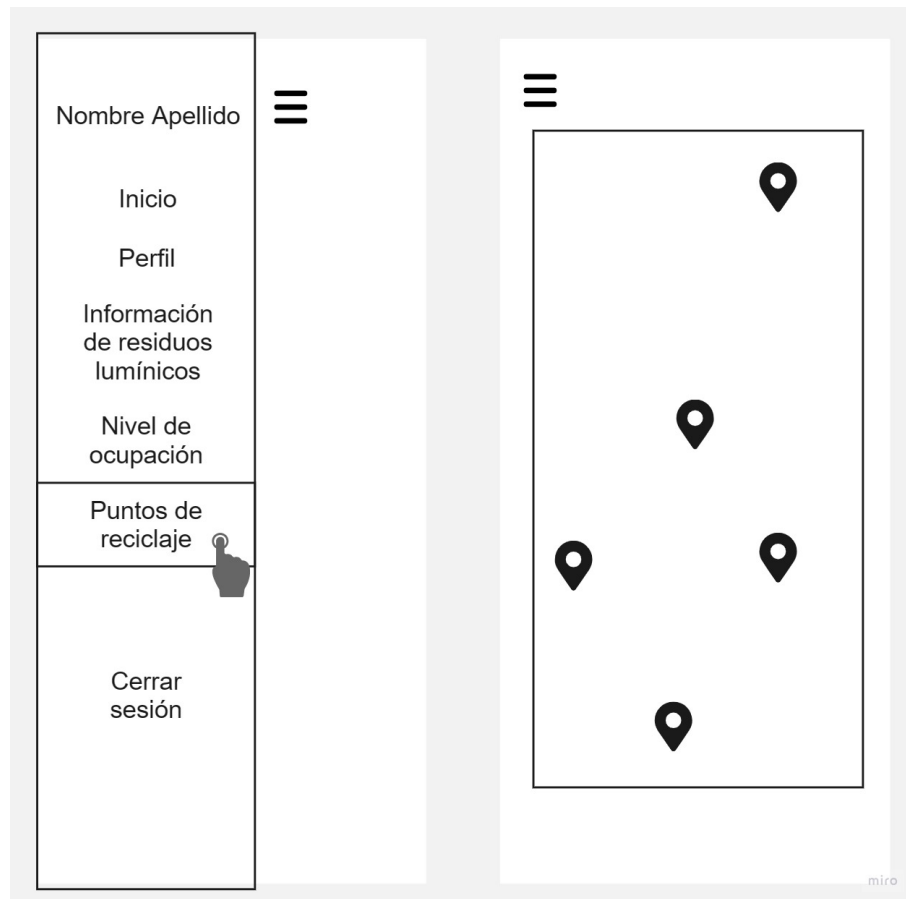


Figura 3.16: Puntos de reciclaje.

Nota. Elaboración propia.

Evento	Interacción	Acción
Menú.	El usuario presiona el botón: Puntos de reciclaje.	Se direcciona a la ventana: Puntos de reciclaje.
Ventana: Puntos de reciclaje.	El usuario es direccionado a la ventana: Puntos de reciclaje.	El mapa se ubica en la coordenada del usuario.
	El usuario desliza sobre la pantalla.	El usuario se mueve por el mapa.
Regresar al Menú.	El usuario presiona el botón del menú.	Se abre el Menú.

Cuadro 3.29: Evento, interacción y acción: Puntos de reciclaje.

Nota. Elaboración propia.

3.2.2 Modelo de Navegación

El siguiente modelo (figura 3.17) es una representación visual que muestra las interacciones entre los elementos de la interfaz de usuario de un sistema. Es importante recordar que este sistema cuenta con dos tipos de usuarios, los cuales difieren en su nivel de acceso a la información de los contenedores.

Al acceder a la página de inicio, se presentan varias opciones: registrar una nueva cuenta, recuperar contraseña o iniciar sesión con credenciales válidas. Dependiendo del tipo de usuario, se asignan diferentes privilegios. Aunque ambos usuarios pueden ver las mismas interfaces, como la pantalla de carga, inicio, perfil e información de residuos lumínicos, la diferencia esta radicada por el nivel de acceso que se entrega a través del menú.

El usuario tipo *A*, con el mayor nivel de privilegios, puede acceder a la vista de *nivel de ocupación*, portadora de datos sensibles, que por defecto no son disponibles para todos. Ambos usuarios tienen acceso a la vista de puntos de reciclaje, pero con variaciones según su nivel de acceso. Para finalizar, la opción de cerrar sesión redirige a la ventana de inicio de sesión.

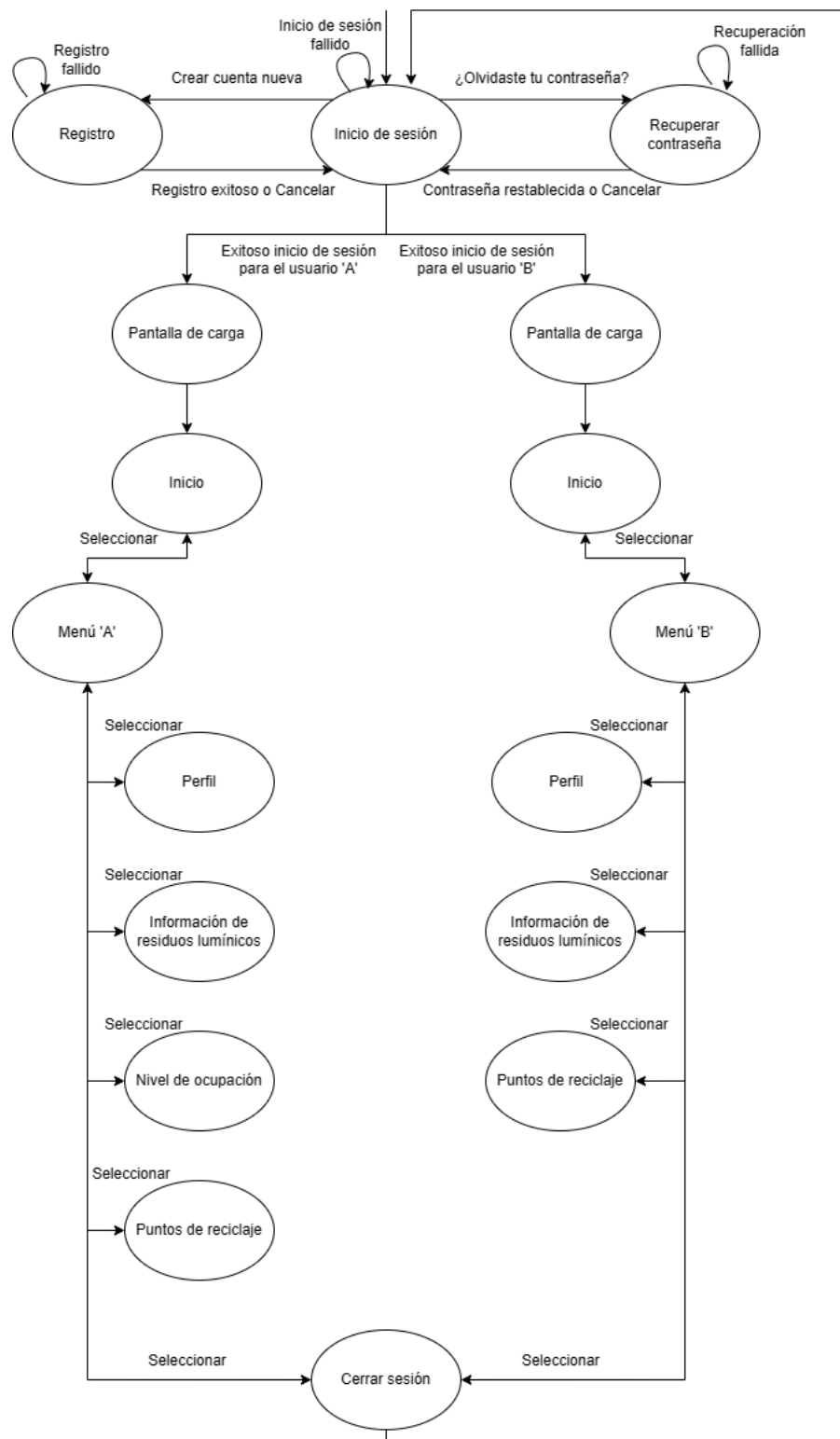


Figura 3.17: Modelo de navegación.

Nota. Elaboración propia.

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo, se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir del prototipo descrito en el capítulo anterior. Estos resultados son esenciales para validar y cumplir los objetivos específicos planteados en el primer capítulo.

La primera sección se dedicará a explorar las distintas interfaces desarrolladas, ofreciendo una breve descripción de cada una. En la segunda parte, se validará el correcto envío de datos entre la aplicación y los sistemas asociados, garantizando así la efectividad y precisión de la implementación.

4.1 Interfaces implementadas.

4.1.1 Inicio de sesión.

Esta es la interfaz gráfica para el inicio de sesión, donde el usuario tiene dos opciones: iniciar sesión mediante número de celular (figura 4.1) o correo electrónico (figura 4.2). El uso de tonalidades verdes busca simbolizar el reciclaje y fomentar prácticas sostenibles. Además, se destacan las opciones para la recuperación de contraseña y el registro para nuevos usuarios.

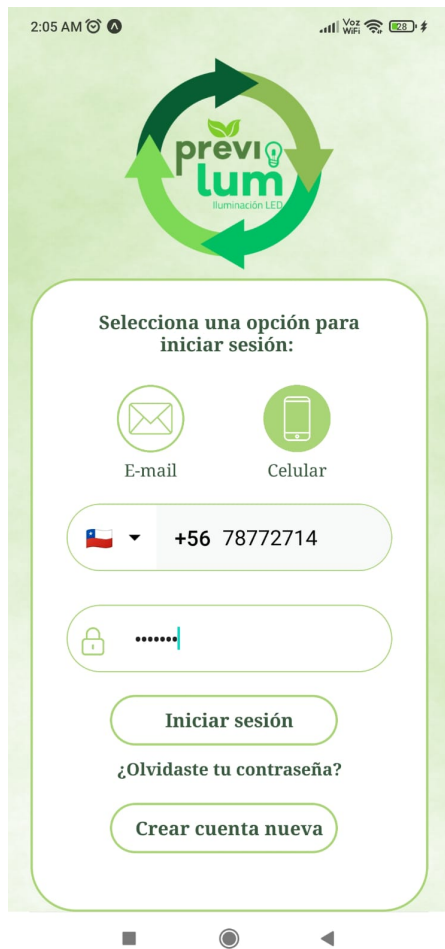


Figura 4.1: Inicio sesión con número de celular.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.2: Inicio sesión con correo electrónico.

Nota. Elaboración propia.

4.1.2 Registro de usuario.

Las siguientes figuras muestran la interfaz de registro de usuario de la aplicación móvil. Aquí, los usuarios pueden ingresar sus datos personales para crear una nueva cuenta. Los campos en las figuras 4.3 y 4.4 incluyen espacio para el nombre, apellido, dirección de correo electrónico, número de teléfono y la correspondiente contraseña. Finalmente, la figura 4.5 presenta una ventana emergente que notifica al usuario sobre el resultado de su solicitud.

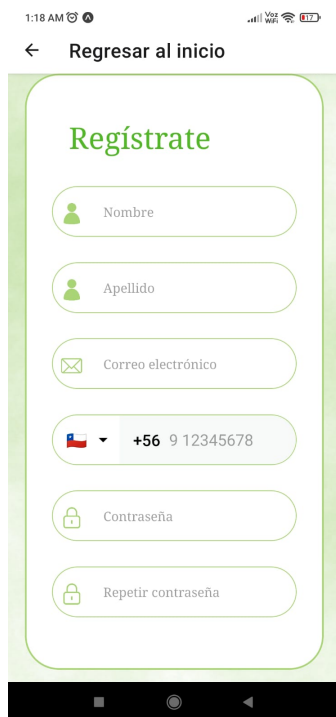


Figura 4.3: Registro de usuario.

Nota. Elaboración propia.

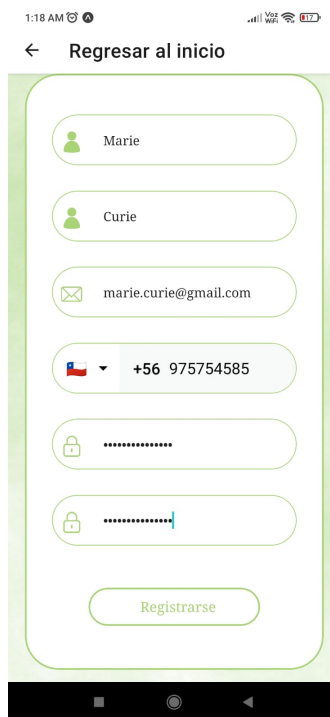


Figura 4.4: Registro de usuario.

Nota. Elaboración propia.

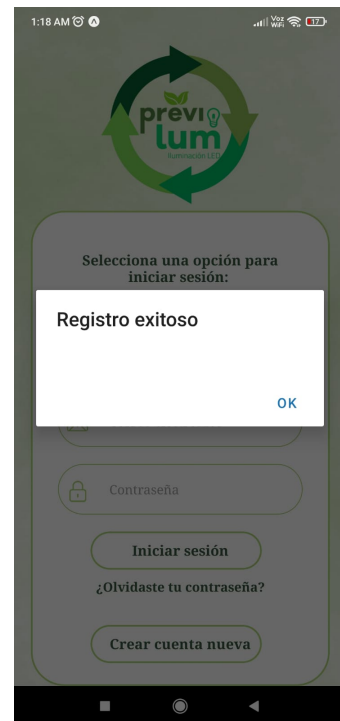


Figura 4.5: Registro exitoso.

Nota. Elaboración propia.

4.1.3 Recuperar contraseña.

Las interfaces desplegadas conforman el proceso de recuperación de contraseña. Al usuario se le brinda la posibilidad de restablecer su contraseña a través de dos opciones: el número telefónico (figura 4.6) o el correo electrónico vinculado a su cuenta (figura 4.7) vinculado a su cuenta. Posteriormente, se realiza una verificación de la titularidad de la cuenta para garantizar la seguridad del proceso. Finalmente, se permite al usuario ingresar su nueva contraseña de manera segura.



Figura 4.6: Recuperar contraseña:
Ingresar con número telefónico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.7: Recuperar contraseña:
Ingresar con correo electrónico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.8: Recuperar contraseña: Confirmar cuenta.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.9: Recuperar contraseña: Nueva contraseña.

Nota. Elaboración propia.

4.1.4 Pantalla de carga.

Después de que el usuario inicia sesión con sus credenciales, será redirigido a una pantalla de carga, como se muestra en la figura 4.10 diseñada para mejorar la experiencia visual de la aplicación y comunicar que los procesos están en curso. Esta pantalla no solo tiene un propósito funcional, sino que también busca hacer la experiencia más atractiva. Mientras los procesos avanzan, el logo distintivo de la empresa gira de manera elegante, añadiendo un toque dinámico y llamativo a la espera del usuario.



Figura 4.10: Pantalla de carga.

Nota. Elaboración propia.

4.1.5 Inicio.

La primera interfaz que aparece después de la pantalla de carga muestra la opción inicial en el menú. Las dos alternativas de menú se pueden ver en las figuras 4.11 y 4.12. Su propósito es orientar al usuario a través de la visión de la empresa Previlum, una destacada compañía familiar líder en tecnología de iluminación 4.13. En este contexto, se introduce el proyecto de reciclaje de residuos lumínicos que actualmente lleva a cabo la empresa, destacando la aspiración de promover la conciencia ambiental, como se muestra en la figura 4.14. Previlum se destaca como pionera, ya que actualmente no existe un sistema de reciclaje para esta categoría en Chile. Su misión principal es dar una segunda vida a los productos luminosos, contribuyendo significativamente a la economía circular, como se observa en la figura 4.15.



Figura 4.11: Primera opción del menú: Usuario tipo 'A'.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.12: Primera opción del menú: Usuario tipo 'B'.

Nota. Elaboración propia.

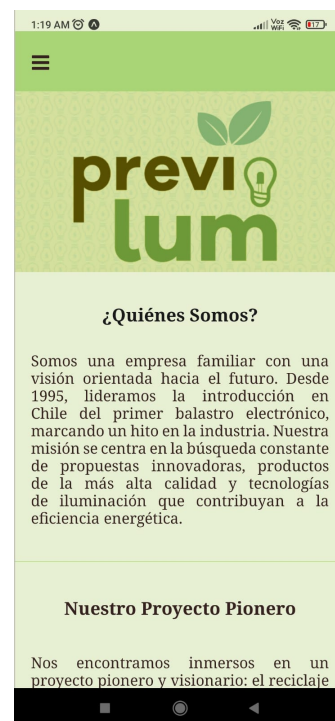


Figura 4.13: Inicio: ¿Quiénes somos?.

Nota. Elaboración propia.

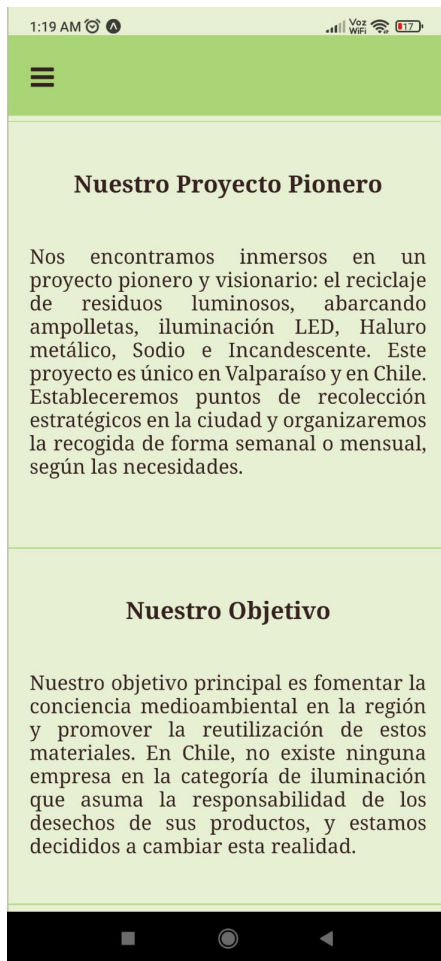


Figura 4.14: Inicio: Nuestro proyecto pionero y nuestro objetivo.

Nota. Elaboración propia.

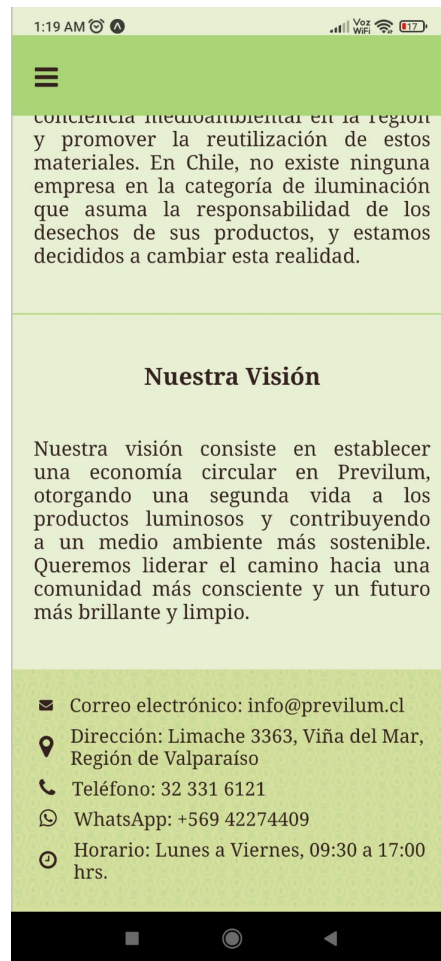


Figura 4.15: Inicio: Nuestra visión y contacto.

Nota. Elaboración propia.

4.1.6 Editar perfil.

La opción del menú 'Editar perfil' (figuras 4.16 y 4.17) permite al usuario la opción de modificar su perfil, permitiéndole ajustar su nombre, apellido y número telefónico, como se muestra en la figura 4.18. Cabe destacar que el correo electrónico se mantiene inmutable, sin posibilidad de modificación.



Figura 4.16: Perfil: Menú A.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.17: Perfil: Menú B.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.18: Perfil: Editar perfil.

Nota. Elaboración propia.

4.1.7 Información de residuos lumínicos.

La opción del menú "Información de Residuos Lumínicos", como se muestra en las figuras 4.19 y 4.20, se concibe como un recurso informativo que proporciona a los usuarios una comprensión más profunda del proceso de reciclaje de residuos luminosos. Esta interfaz ofrece detalles sobre los diversos tipos de bombillas disponibles (figuras 4.21, 4.22 y 4.23), justifica la importancia del reciclaje de bombillas (figura 4.26), y explica el proceso mismo de reciclaje (figuras 4.27, 4.24 y 4.25). Además, destaca las ventajas clave asociadas con la práctica del reciclaje de estos productos (figuras ?? y 4.29). Con el objetivo de hacer la experiencia más dinámica e interactiva, se han incorporado carruseles que permiten explorar de manera ágil y visual los distintos tipos de ampolletas.



Figura 4.19: Información: Menú A.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.20: Información: Menú B.

Nota. Elaboración propia.

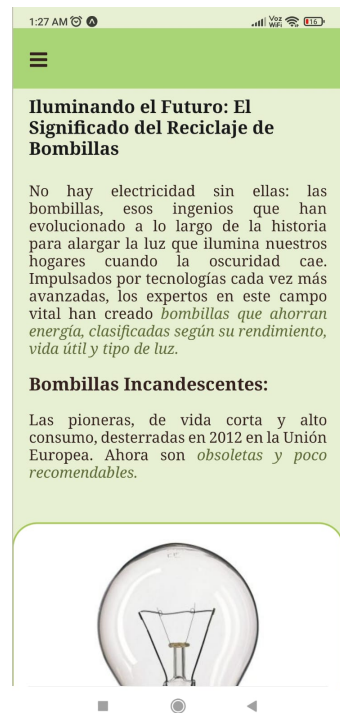


Figura 4.21: Información: Bombillas.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.22: Información: Bombillas.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.23: Información: Bombillas.

Nota. Elaboración propia.

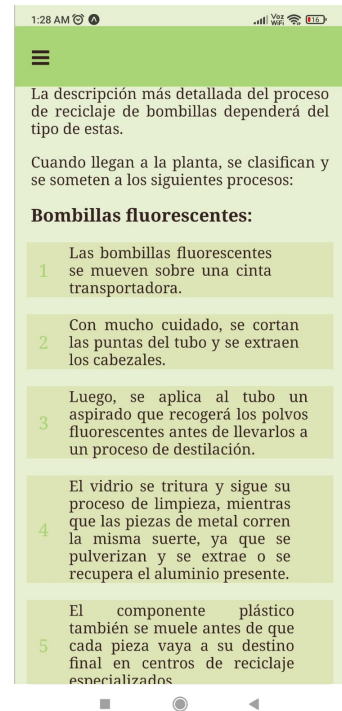


Figura 4.24: Información: ¿Cómo reciclar bombillas?.

Nota. Elaboración propia.

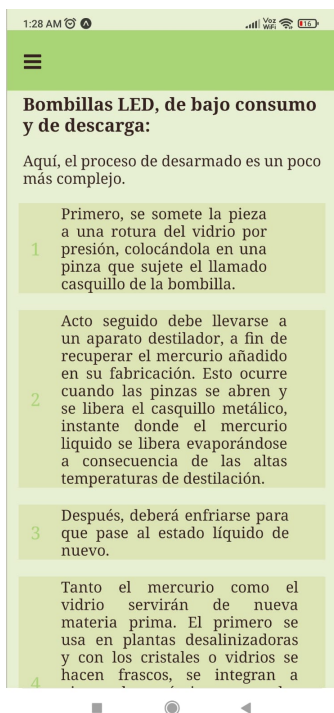


Figura 4.25: Información: ¿Cómo reciclar bombillas?.

Nota. Elaboración propia.

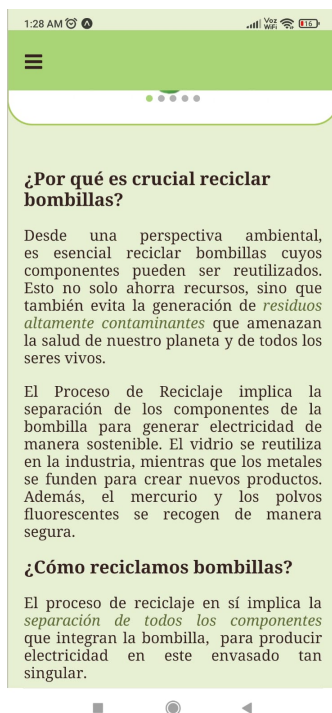


Figura 4.26: Información: ¿Por qué reciclar bombillas?.

Nota. Elaboración propia.

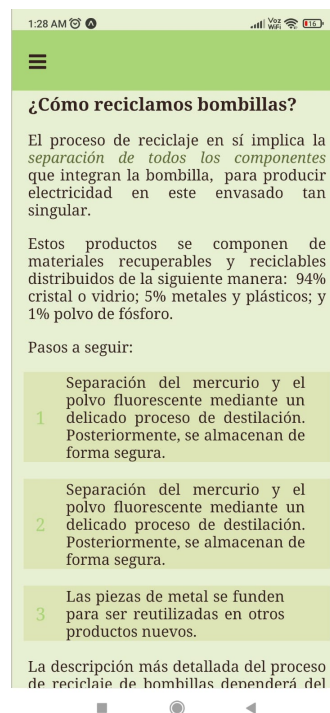


Figura 4.27: Información: ¿Cómo reciclar bombillas?.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.28: Información: ¿Ventajas de reciclar bombillas?.

Nota. Elaboración propia.

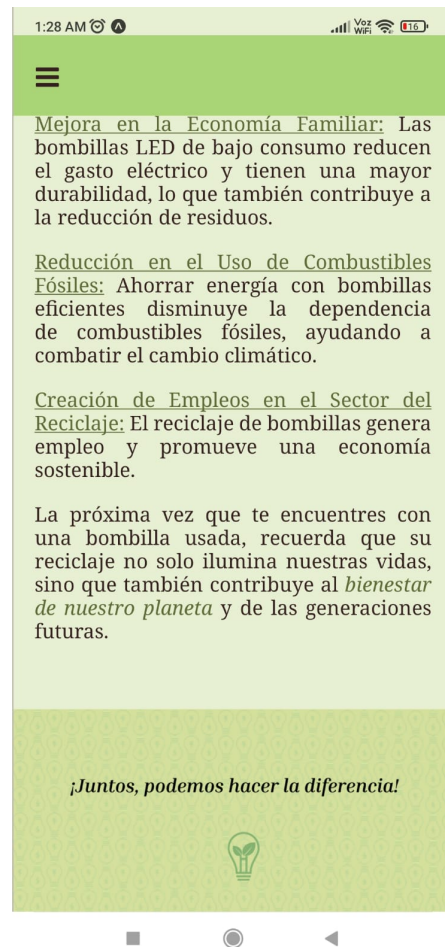


Figura 4.29: Información: ¿Ventajas de reciclar bombillas?.

Nota. Elaboración propia.

4.1.8 Puntos de reciclaje.

A continuación se presentan dos interfaces con formatos distintos para los puntos de reciclaje, diseñados para atender a diferentes tipos de usuarios. Para el usuario con mayores permisos (figura 4.30), se ha implementado una funcionalidad dinámica que le permite visualizar distintos colores en los marcadores del mapa, representando los diversos niveles de ocupación de los contenedores. En este sistema, el color rojo indica que el contenedor está lleno, el amarillo señala que está incompleto y el verde indica que está vacío (figura 4.32). Además, se utiliza el color azul para mostrar la ubicación actual del usuario (figura 4.31).

En contraste, el usuario con atribuciones más limitadas (figura 4.33) no puede visualizar el estado de los contenedores. En su interfaz, todos los marcadores, excepto el suyo en azul

(figura 4.34), se presentan en color rojo (figura 4.35), indicando un marcador general sin información específica sobre la capacidad del contenedor.

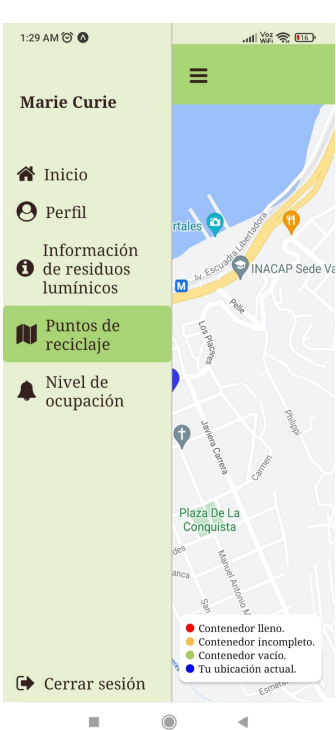


Figura 4.30: Puntos de reciclaje: Menú A.

Nota. Elaboración propia.

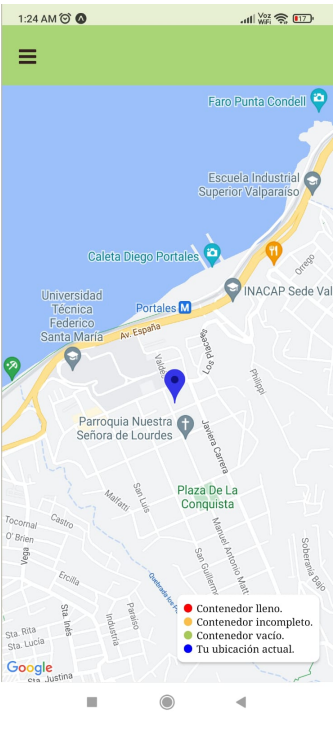


Figura 4.31: Puntos de reciclaje: Ubicación formato A.

Nota. Elaboración propia.

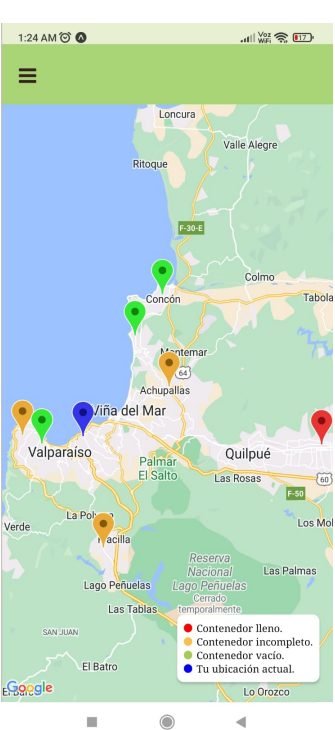


Figura 4.32: Puntos de reciclaje: Mapa formato A.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.33: Puntos de reciclaje: Menú B.

Nota. Elaboración propia.

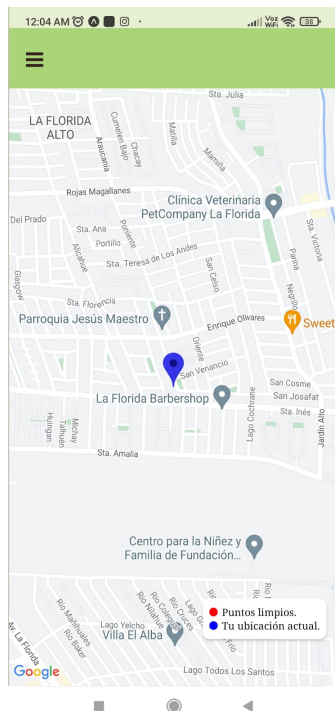


Figura 4.34: Puntos de reciclaje: Ubicación formato B.

Nota. Elaboración propia.

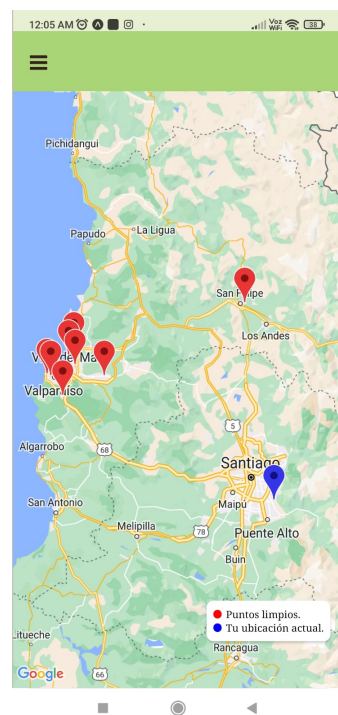


Figura 4.35: Puntos de reciclaje: Mapa formato B.

Nota. Elaboración propia.

4.1.9 Nivel de ocupación.

La opción del menú "Nivel de ocupación", disponible solo para usuarios privilegiados (figura 4.36), dirige a una interfaz con tarjetas informativas que presentan datos relevantes sobre cada punto de reciclaje, como el porcentaje de llenado y una imagen representativa (figuras 4.37, 4.39, 4.41, 4.43, 4.45, 4.47, 4.49, 4.51). Al hacer clic en una de estas tarjetas, se despliega una ventana emergente con información más detallada (figuras 4.38, 4.40, 4.42, 4.44, 4.46, 4.48, 4.50, 4.52), incluyendo el nombre del punto de reciclaje, la dirección, las coordenadas de latitud y longitud, el estado del contenedor (lleno, incompleto o vacío) y el estado individual de cada sensor asociado. Es fundamental resaltar que cada bombilla en el contenedor está vinculada a un sensor específico diseñado para detectar la presencia o ausencia de una bombilla en esa ubicación particular.



Figura 4.36: Nivel de ocupación: Menú.

Nota. Elaboración propia.

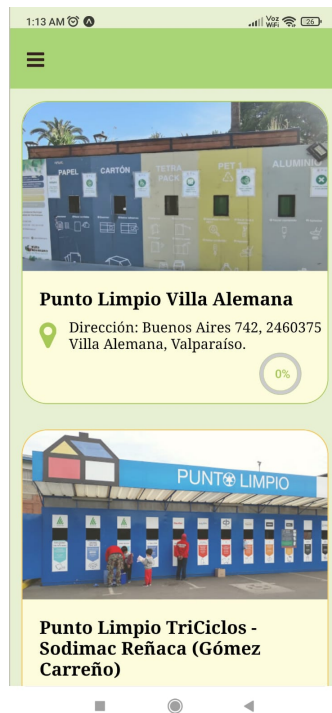


Figura 4.37: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.

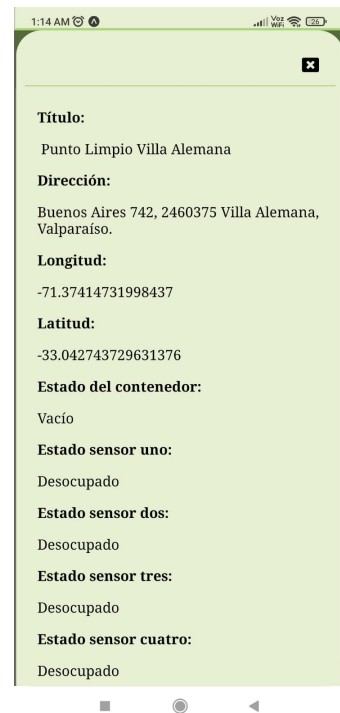


Figura 4.38: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.

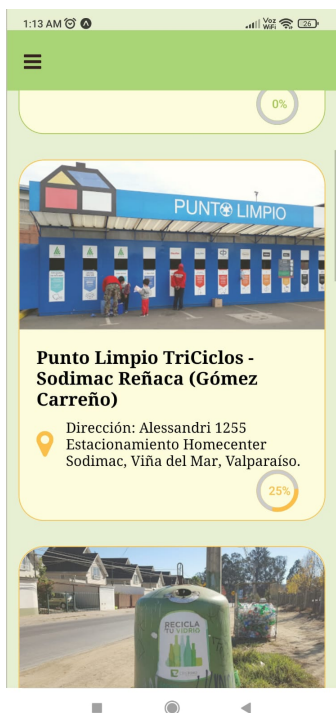


Figura 4.39: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.

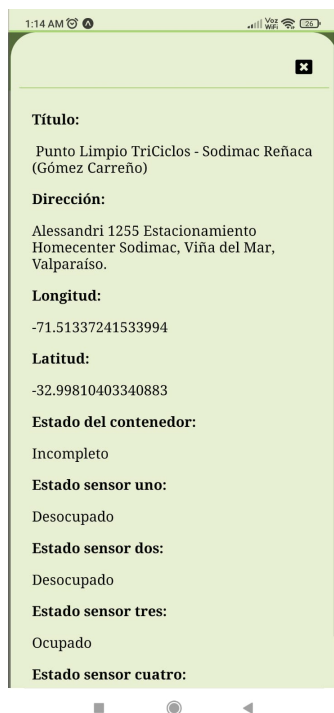


Figura 4.40: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.41: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.

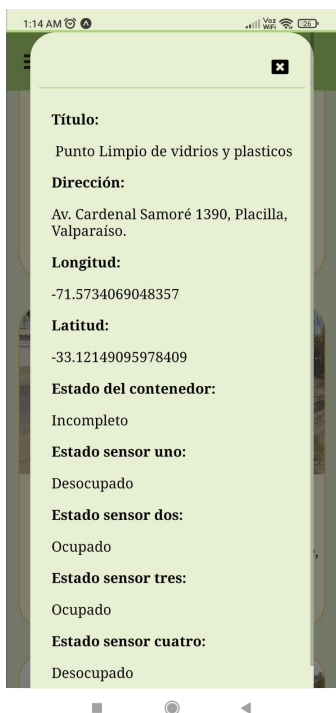


Figura 4.42: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.43: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.44: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.45: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.

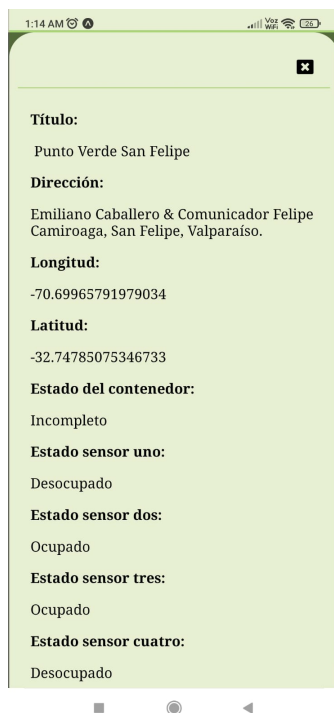


Figura 4.46: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.

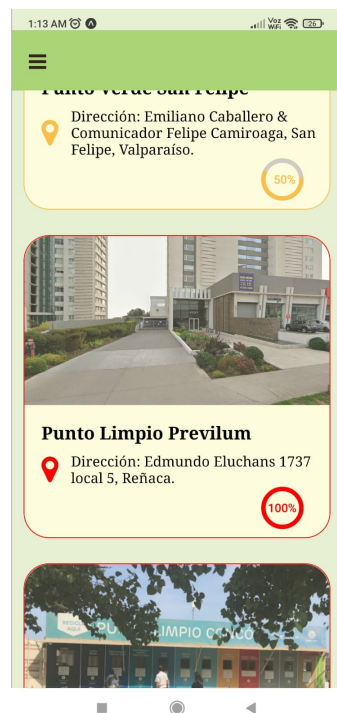


Figura 4.47: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.

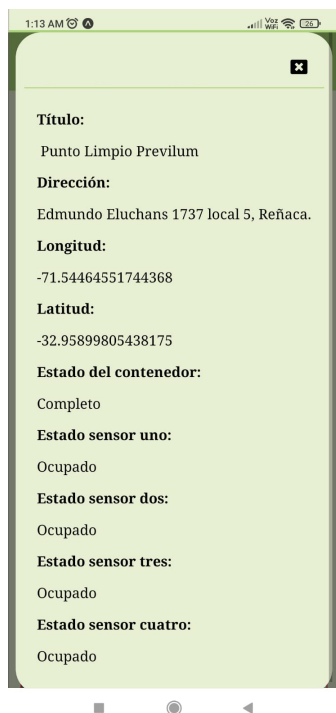


Figura 4.48: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.

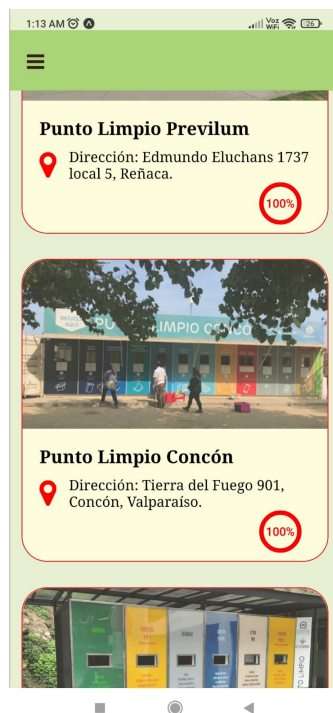


Figura 4.49: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.

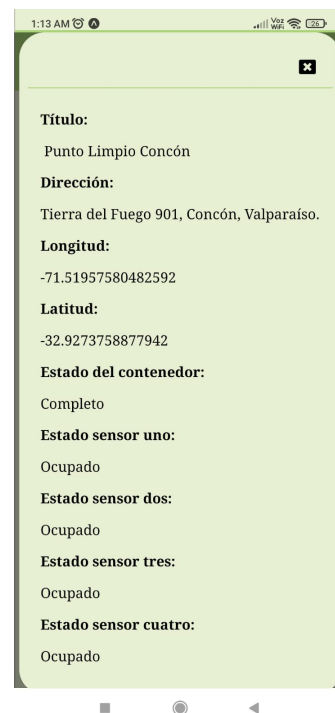


Figura 4.50: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.



Figura 4.51: Nivel de ocupación: Tarjeta.

Nota. Elaboración propia.

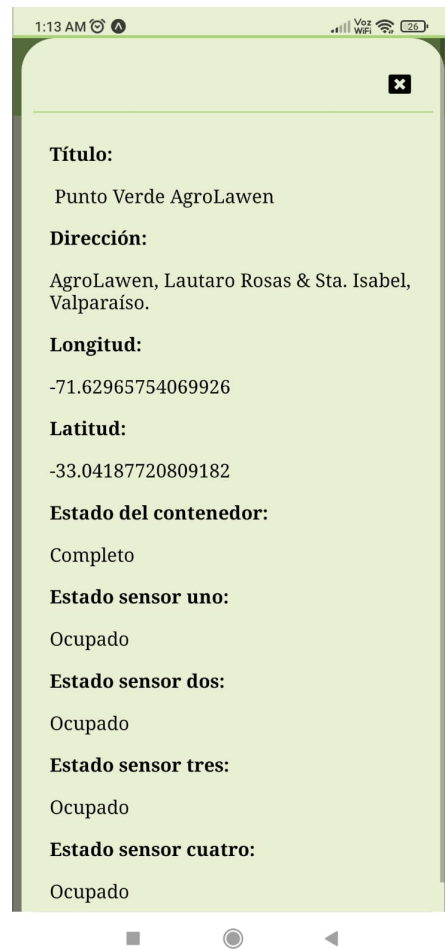


Figura 4.52: Nivel de ocupación: Detalles.

Nota. Elaboración propia.

4.2 Validación.

En esta sección del capítulo se expondrán las validaciones del proyecto. Primero, se realizarán las pruebas de funcionamiento del sistema, integrando todas sus partes para verificar su correcto desempeño: frontend, backend, API y hardware. Luego, en la última subsección, se analizarán las pruebas de usabilidad de la aplicación móvil, evaluando los resultados de una encuesta aplicada a usuarios.

4.2.1 Funcionamiento del sistema.

A continuación, se describen las pruebas realizadas al sistema. La implementación se compone de dos partes principales: hardware y software, que se detallan a continuación.

Hardware:

- Componentes: El sistema incluye un Arduino UNO, un sensor infrarrojo para medir proximidad, un módulo GSM para establecer la conexión, una batería que suministra energía, un soporte para la batería y una protoboard para realizar las conexiones del hardware.

Software:

- Frontend: Desarrollado con el framework React Native en TypeScript, el frontend es la interfaz de usuario de la aplicación, permitiendo la interacción con el sistema.
- Backend: Desarrollado con MySQL y alojado en una base de datos local. Se encarga de la lógica del sistema y el procesamiento de datos.
- API: Se utilizó la API proporcionada por ThinkSpeak. Actúa como intermediario entre el Arduino y el backend, permitiendo la transmisión de datos del hardware hacia la nube.

A continuación se describirá los componentes de la figura 4.2.1:

Parte Izquierda:

La imagen muestra la interfaz de una aplicación, específicamente en la sección titulada "Nivel de ocupación". La atención se centra en la tarjeta amarilla del centro, que corresponde al "Punto Limpio Previlum". En esta tarjeta, se muestra la dirección del punto limpio y un indicador de ocupación que marca un 75%. Esta tarjeta destaca la ocupación actual del punto limpio, visualizando cuán cerca está de su capacidad total.

Parte Superior Derecha:

La imagen presenta un gráfico lineal titulado "contenedor", que muestra la lectura del sensor infrarrojo a lo largo del tiempo. Este gráfico es generado por la plataforma ThingSpeak a través de la conexión con la API. Es importante destacar que en esta visualización, un valor de 1 indica que el sensor está en estado desocupado, mientras que un valor de 0 indica que está ocupado.

Parte Inferior Derecha:

La imagen muestra la implementación del hardware.

Conexiones para la energía: El Arduino se conecta a la corriente continua (CC) mediante un adaptador de voltaje, que convierte la corriente alterna (CA) de la red eléctrica al rango de

voltaje requerido. El sensor infrarrojo se conecta al Arduino para recibir el voltaje necesario, mientras que el módulo GSM, que requiere un voltaje diferente, se conecta a la batería para su alimentación.

Es importante destacar que el sensor infrarrojo, ubicado en el lado izquierdo de la protoboard, muestra una luz roja encendida. Esto indica que no está detectando ningún objeto en este momento. Cuando el sensor detecta un obstáculo, se encienden dos luces rojas, lo que señala la detección.

Consideraciones:

Es importante señalar que la validación se realizó con menos dispositivos que los planteados inicialmente, debido a la facilidad de adquisición de los elementos. Por lo tanto, esta implementación no es autónoma, ya que el Arduino debe estar conectado a la corriente para funcionar.

Debido a limitaciones en el hardware y la API, el sistema solo monitorea un sensor, que se muestra como "sensor_one" en la gráfica. En el sistema, el 100% de la ocupación se mediría con 4 sensores; si los 4 sensores están ocupados, el sistema estaría al 100% de su capacidad. Dado que estamos usando solo 1 sensor, los otros 3 sensores se han configurado con un valor fijo de 0, que indica que están ocupados. Por eso, en la tarjeta del punto limpio Previlum se muestra un 75% de ocupación. Esto nos permite simular el funcionamiento completo del sistema con los recursos disponibles.

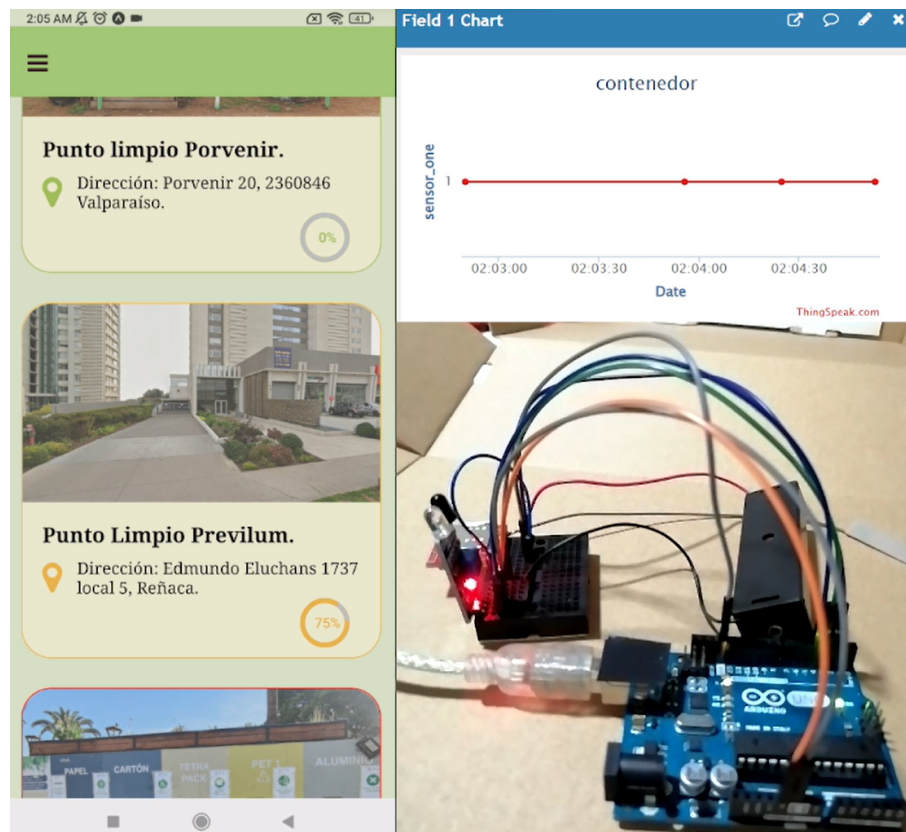


Figura 4.53: Nivel de ocupación en la tarjeta: 75%.

Nota. Elaboración propia.

Uno de los objetivos de la figura es mostrar cómo se coordina la sección "Nivel de ocupación" con la sección "Puntos de reciclaje". Es crucial que haya una sincronización entre los colores que representan cada sitio. Por eso, en la figura se cambia la vista de la aplicación móvil para demostrar que el marcador correspondiente al "Punto Limpio Previlum" tiene la misma clasificación (color amarillo, incompleto) que la tarjeta mostrada en la figura .

Además, es importante notar que en la parte inferior derecha, donde se muestra el hardware, se colocó un objeto para obstruir el sensor infrarrojo. Como resultado, se pueden ver dos luces rojas en el sensor, indicando que ha detectado un obstáculo.

Dado que nuestro sistema presenta un retraso de 2 minutos, cuando el gráfico en la parte superior derecha de la figura muestre un valor de 0, tanto la sección de nivel de ocupación como la de puntos de reciclaje deben actualizar su estado a "contenedor lleno". Esto debe indicarse reflejarse a través del color rojo y el valor del porcentaje en 100%.

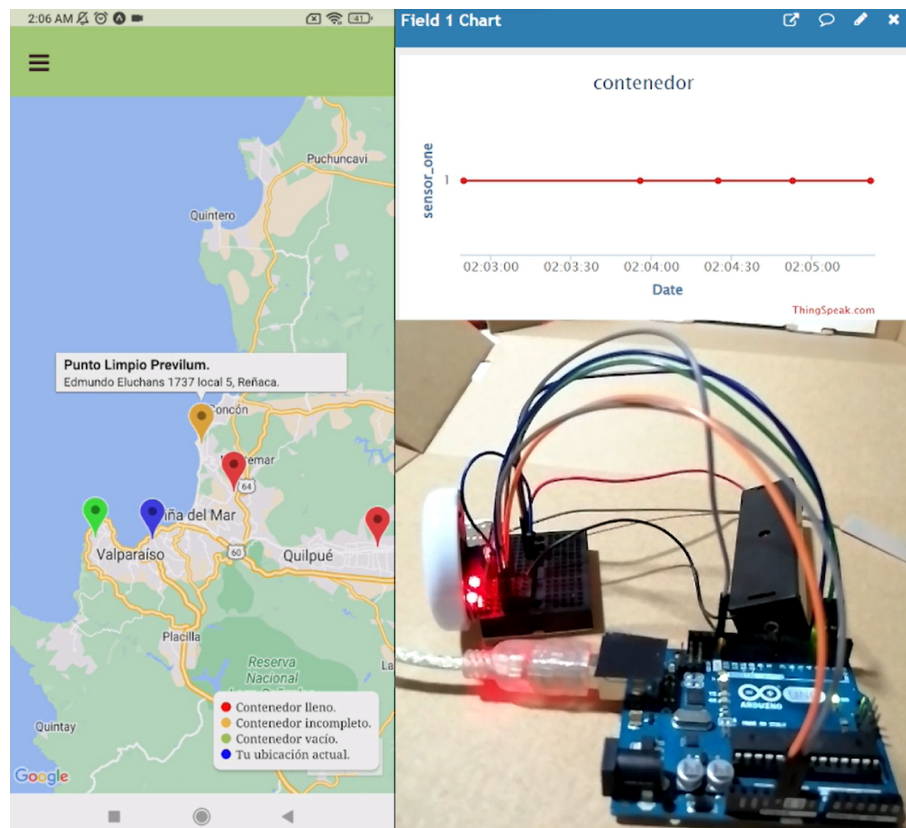


Figura 4.54: Nivel de ocupación en el mapa: 75%.

Nota. Elaboración propia.

En la figura , se observa que el gráfico en la parte superior derecha ha cambiado su valor de 1 a 0, debido a la detección del obstáculo. Como resultado, en la interfaz de usuario, la tarjeta de punto limpio de Previlium ha aumentado su valor del 75% al 100% y ha cambiado su color a rojo. Esto indica una correcta transmisión de datos y actualización del estado (completo).

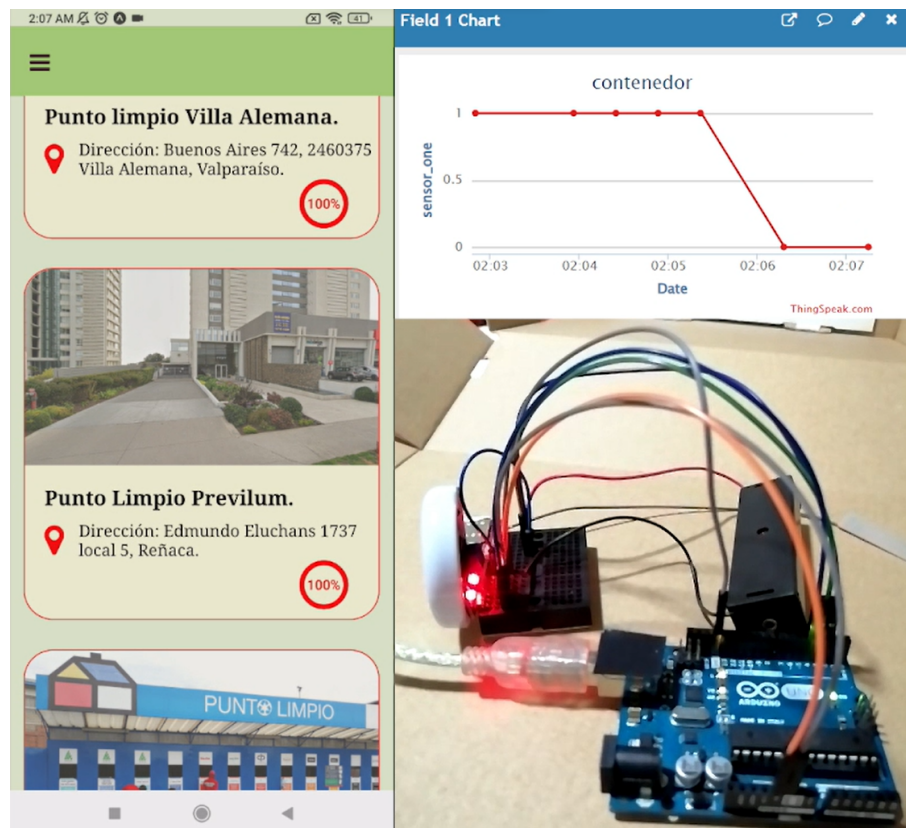


Figura 4.55: Nivel de ocupación en la tarjeta: 100%.

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, en la figura , se observa la sección "Puntos de reciclaje", donde el marcador del mapa del sitio "Punto Limpio Previlum" ha cambiado a color rojo. Esto muestra la sincronización con la sección "Nivel de ocupación" de la figura .

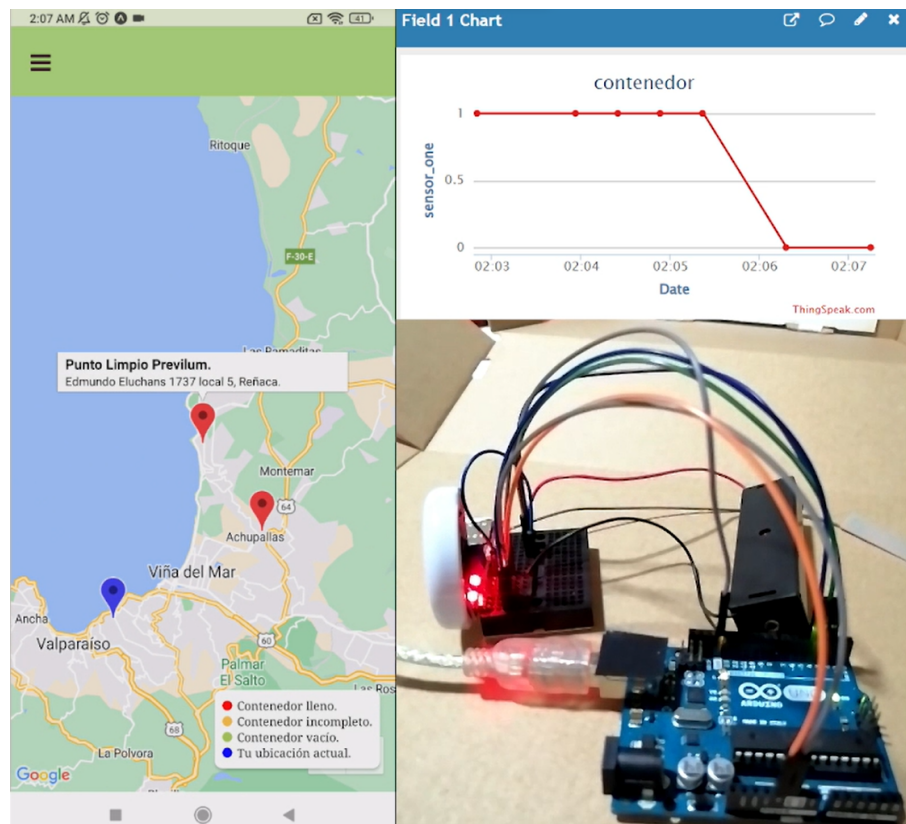


Figura 4.56: Nivel de ocupación en el mapa: 100%.

Nota. Elaboración propia.

En esta prueba de funcionalidad, se ha validado exhaustivamente el correcto funcionamiento de todas las partes del sistema, destacando la coherencia entre los datos proporcionados por la aplicación móvil, ThingSpeak y el sistema físico. Esta fase de validación establece las bases para la implementación exitosa del sistema en un entorno operativo real.

4.2.2 Resultados Usabilidad.

Se realizó una encuesta de usabilidad de la aplicación móvil con el objetivo de evaluar sus fortalezas y deficiencias. La encuesta constó de 21 preguntas que abarcaban diferentes aspectos de la aplicación. Cada pregunta se evaluó en una escala del 1 al 5, donde 1 representa la calificación más baja y 5 la más alta. El total de personas encuestadas son 18 personas.

¿Cómo evalúas la selección de colores de la aplicación? (1: Muy mala, 5: Excelente)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 9 personas calificaron con nota 5

- 8 personas calificaron con nota 4
- 1 persona califico con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.44**

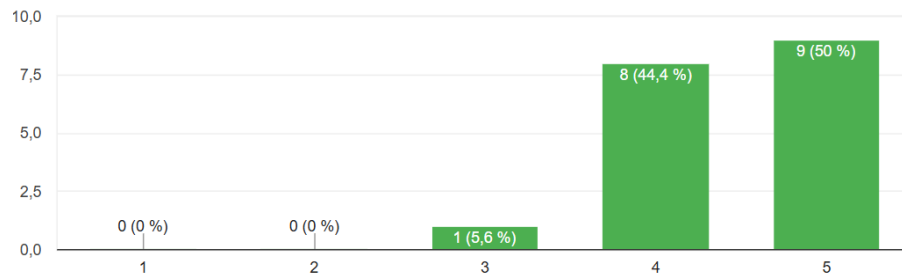


Figura 4.57: ¿Cómo evalúas la selección de colores de la aplicación?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan fácil te resultó navegar por la aplicación? (1: Muy difícil, 5: Muy fácil)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 11 personas calificaron con nota 5
- 7 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.61**

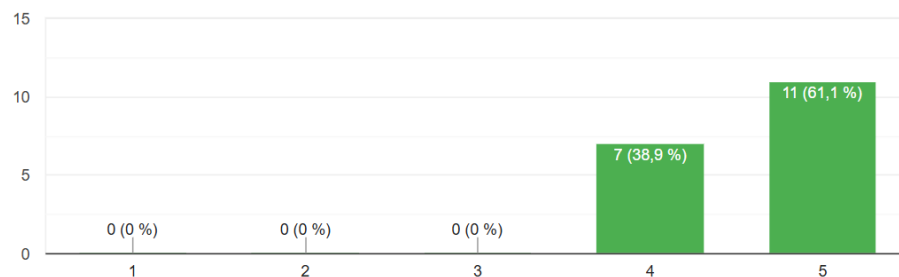


Figura 4.58: ¿Qué tan fácil te resultó navegar por la aplicación?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué te parece la idea de una aplicación que mide el nivel de ocupación de los contenedores de reciclaje de residuos lumínicos? (1: Muy mala, 5: Excelente)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 18 personas calificaron con nota 5

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **5**

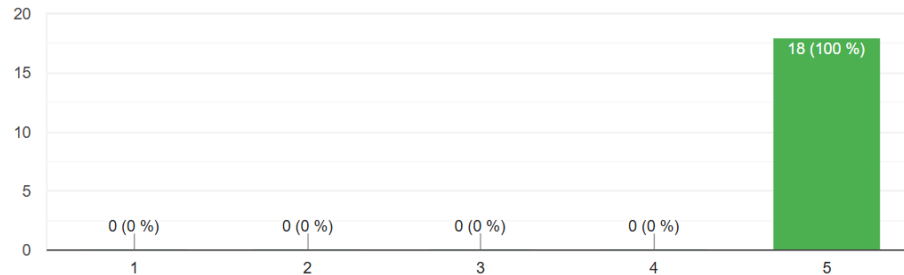


Figura 4.59: ¿Qué te parece la idea de una aplicación que mide el nivel de ocupación de los contenedores de reciclaje de residuos lumínicos?

Nota. Elaboración propia.

¿Cómo evalúas el nivel de innovación de la aplicación móvil? (1: Muy mala, 5: Excelente)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 12 personas calificaron con nota 5
- 5 personas calificaron con nota 4
- 1 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.61**

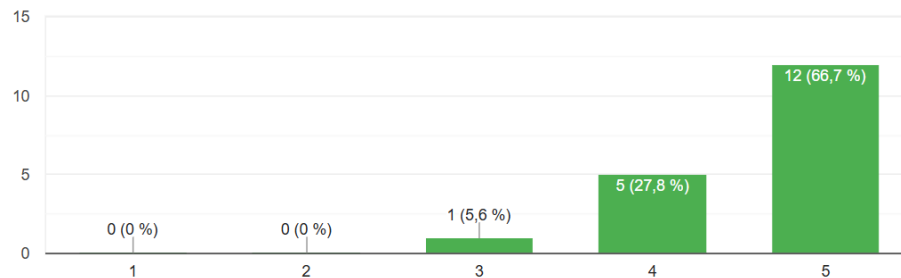


Figura 4.60: ¿Cómo evalúas el nivel de innovación de la aplicación móvil?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan fluida te pareció la interacción con los botones de la aplicación? (1: Muy lenta, 5: Muy fluida)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 10 personas calificaron con nota 5
- 6 personas calificaron con nota 4
- 2 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.44**

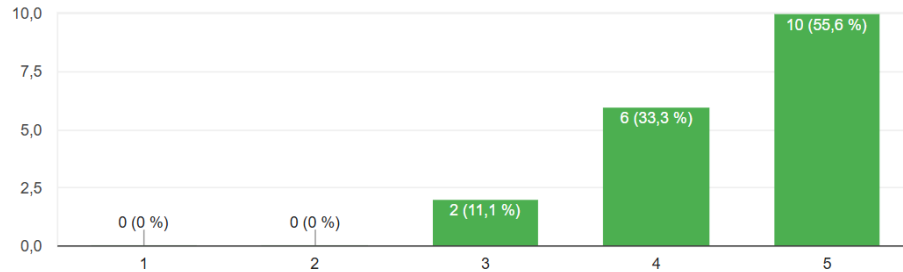


Figura 4.61: ¿Qué tan fluida te pareció la interacción con los botones de la aplicación?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan nítidas y claras son las imágenes dentro de la aplicación? (1: Muy borrosas, 5: Muy nítidas)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 15 personas calificaron con nota 5
- 2 personas calificaron con nota 4
- 1 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.78**

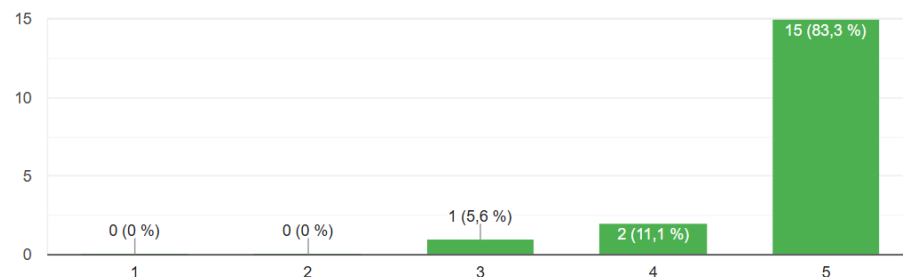


Figura 4.62: ¿Qué tan nítidas y claras son las imágenes dentro de la aplicación?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan adecuado es el contenido de la aplicación en general? (1: Muy inadecuado, 5: Muy adecuado)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 13 personas calificaron con nota 5
- 5 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.72**

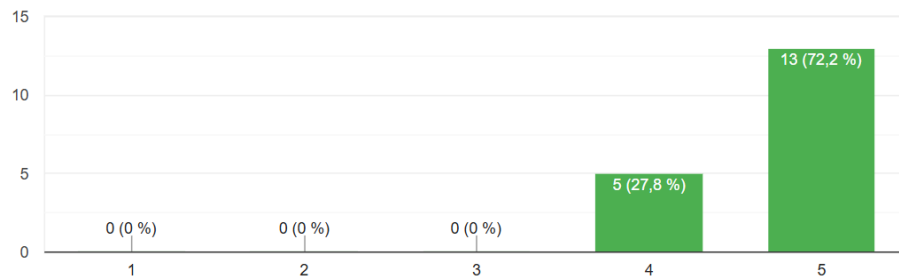


Figura 4.63: ¿Qué tan adecuado es el contenido de la aplicación en general?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan rápido es el cambio entre secciones del menú? (1: Muy lento, 5: Muy rápido)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 12 personas calificaron con nota 5
- 5 personas calificaron con nota 4
- 1 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.61**

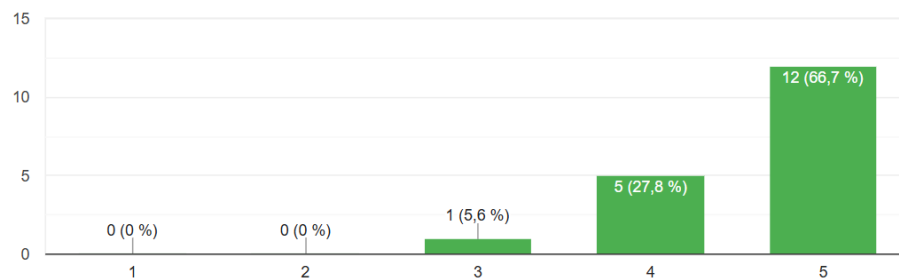


Figura 4.64: ¿Qué tan rápido es el cambio entre secciones del menú?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan claras son las notificaciones de la aplicación? (1: Nada claras, 5: Muy claras)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 11 personas calificaron con nota 5
- 5 personas calificaron con nota 4
- 2 personas calificaron con nota 2

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.38**

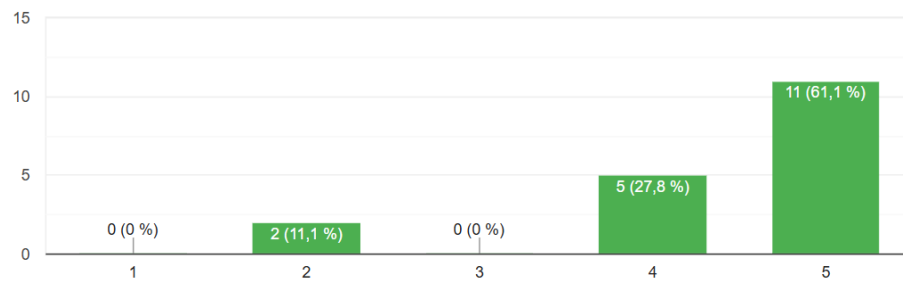


Figura 4.65: ¿Qué tan claras son las notificaciones de la aplicación?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan clara es la información de contacto proporcionada en el pie de página? (1: Nada clara, 5: Muy clara)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 13 personas calificaron con nota 5
- 5 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.72**

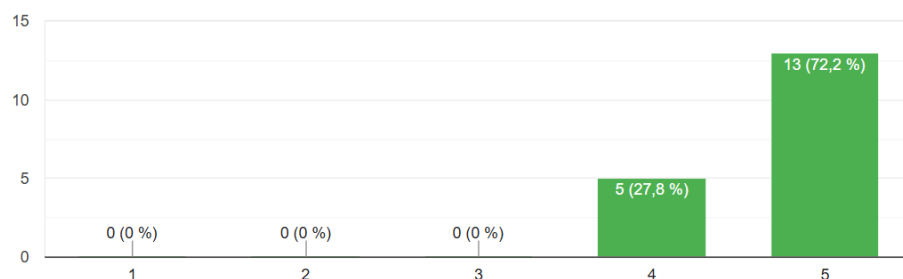


Figura 4.66: ¿Qué tan clara es la información de contacto proporcionada en el pie de página?

Nota. Elaboración propia.

El inicio de sesión ofrecía dos opciones: correo electrónico y número de celular. ¿Qué tan buena te pareció esta opción? (1: Muy mala, 5: Excelente)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 14 personas calificaron con nota 5
- 4 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.77**

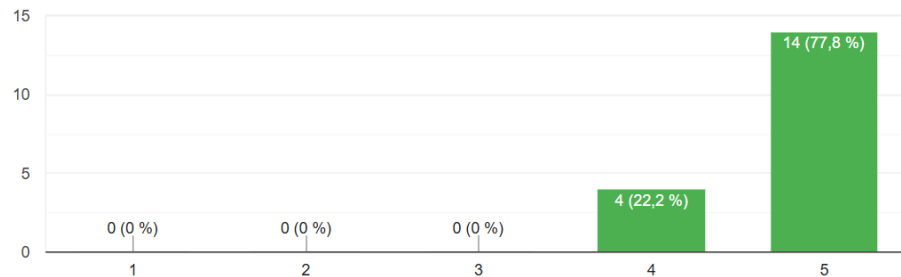


Figura 4.67: El inicio de sesión ofrecía dos opciones: correo electrónico y número de celular. ¿Qué tan buena te pareció esta opción?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan sencillo te resultó el proceso de registro de usuario? (1: Muy difícil, 5: Muy sencillo)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 15 personas calificaron con nota 5
- 1 personas calificaron con nota 4
- 2 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.72**

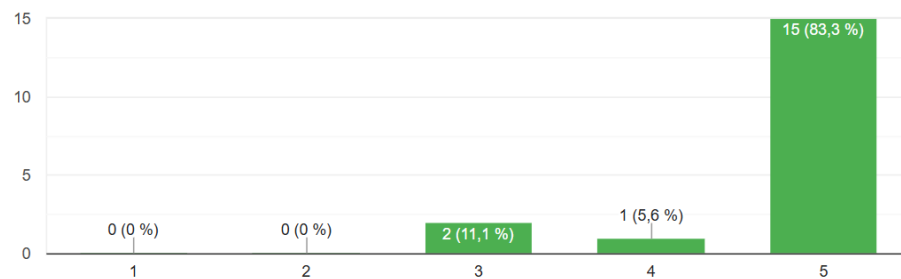


Figura 4.68: ¿Qué tan sencillo te resultó el proceso de registro de usuario?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan sencillo te resultó el proceso de recuperación de contraseña? (1: Muy difícil, 5: Muy sencillo)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 13 personas calificaron con nota 5
- 3 personas calificaron con nota 4
- 2 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.61**

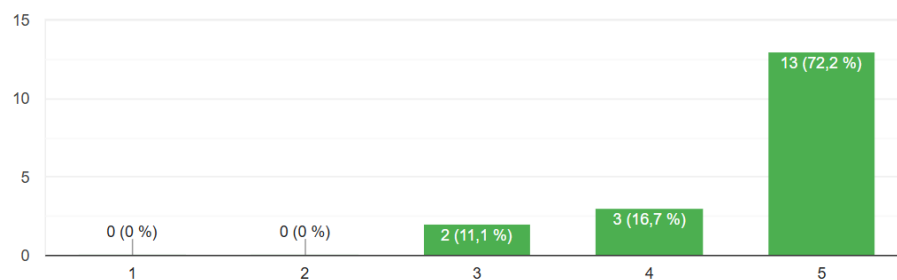


Figura 4.69: ¿Qué tan sencillo te resultó el proceso de recuperación de contraseña?

Nota. Elaboración propia.

En la sección "Inicio", ¿consideras que el contenido mostrado es completo? (1: Nada completo, 5: Muy completo)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 13 personas calificaron con nota 5
- 5 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.72**

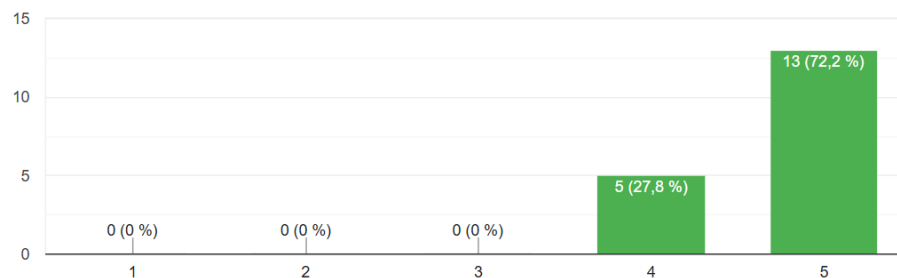


Figura 4.70: En la sección "Inicio", ¿consideras que el contenido mostrado es completo?

Nota. Elaboración propia.

¿Qué tan completa consideras la sección "Perfil"? (1: Nada completa, 5: Muy completa)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 10 personas calificaron con nota 5
- 7 personas calificaron con nota 4
- 1 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.50**

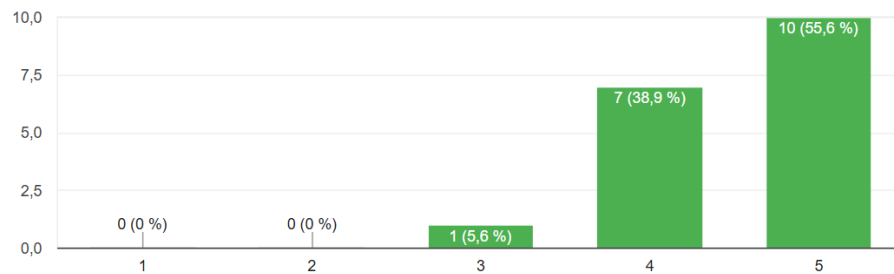


Figura 4.71: ¿Qué tan completa consideras la sección "Perfil"?

Nota. Elaboración propia.

En la sección "Información de residuos lumínicos", ¿consideras que el contenido mostrado es completo? (1: Nada completo, 5: Muy completo)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 15 personas calificaron con nota 5
- 3 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.83**

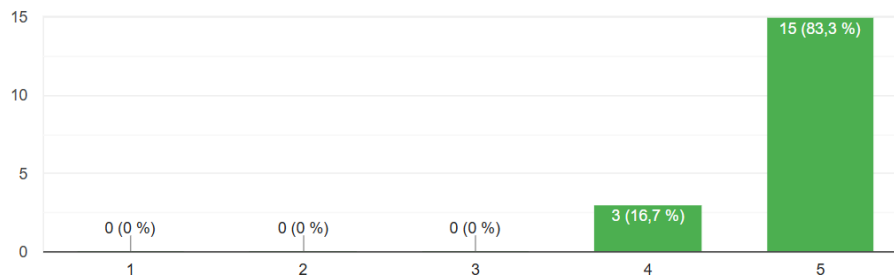


Figura 4.72: En la sección "Información de residuos lumínicos", ¿consideras que el contenido mostrado es completo?

Nota. Elaboración propia.

En la sección "Puntos de reciclaje", ¿qué tan claro y útil te parece el mapa en la sección de puntos de reciclaje? (1: Nada claro, 5: Muy claro)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 15 personas calificaron con nota 5
- 3 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.83**

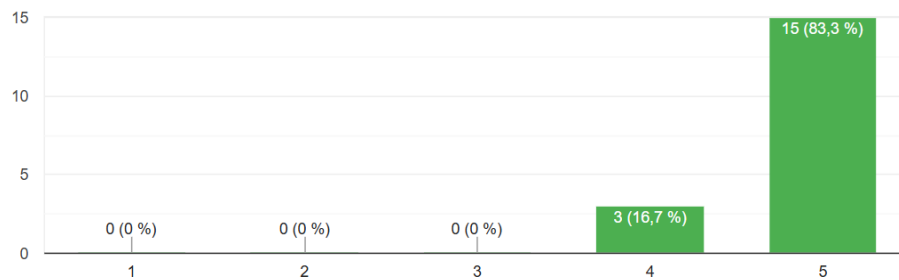


Figura 4.73: En la sección "Puntos de reciclaje", ¿qué tan claro y útil te parece el mapa en la sección de puntos de reciclaje?

Nota. Elaboración propia.

En la sección "Puntos de reciclaje", ¿los colores de los marcadores son intuitivos? (1: Nada intuitivos, 5: Muy intuitivos)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 16 personas calificaron con nota 5
- 2 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.88**

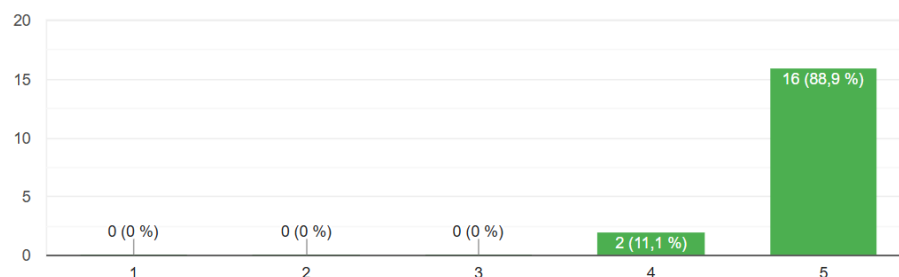


Figura 4.74: En la sección "Puntos de reciclaje", ¿los colores de los marcadores son intuitivos?

Nota. Elaboración propia.

En la sección "Nivel de ocupación", ¿qué tan intuitivo fue seleccionar las tarjetas? (1: Nada intuitivo, 5: Muy intuitivo)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 14 personas calificaron con nota 5
- 3 personas calificaron con nota 4
- 1 personas calificaron con nota 3

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.72**

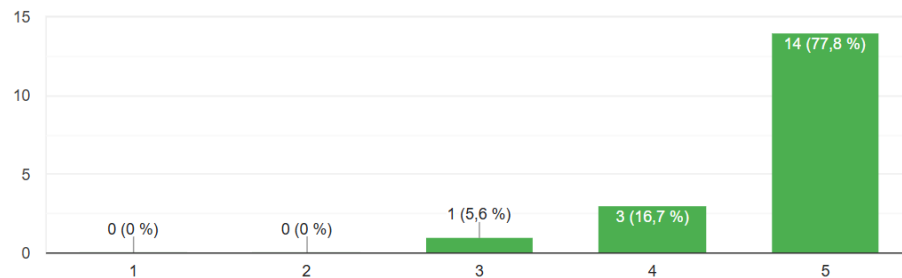


Figura 4.75: En la sección "Nivel de ocupación", ¿qué tan intuitivo fue seleccionar las tarjetas?

Nota. Elaboración propia.

En la sección "Nivel de ocupación", ¿es claro el porcentaje mostrado en las tarjetas? (1: Nada claro, 5: Muy claro)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 16 personas calificaron con nota 5
- 2 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.88**

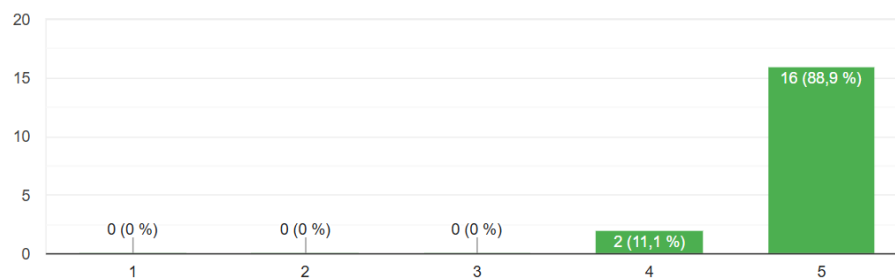


Figura 4.76: En la sección "Nivel de ocupación", ¿es claro el porcentaje mostrado en las tarjetas?

Nota. Elaboración propia.

En la sección "Nivel de ocupación", ¿consideras que la información emergente tras seleccionar una tarjeta es completa? (1: Nada completa, 5: Muy completa)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- 16 personas calificaron con nota 5
- 2 personas calificaron con nota 4

El promedio de las respuestas entrega una calificación de **4.88**

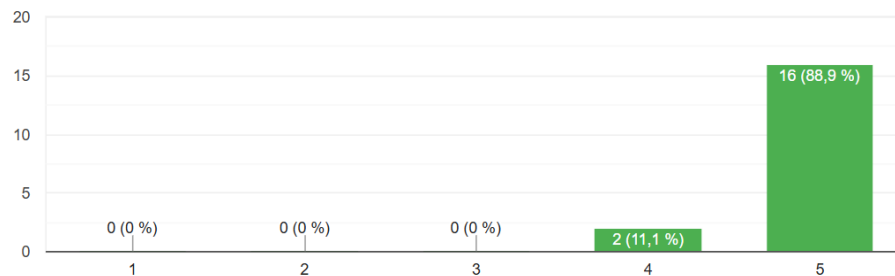


Figura 4.77: En la sección "Nivel de ocupación", ¿consideras que la información emergente tras seleccionar una tarjeta es completa?

Nota. Elaboración propia.

Análisis de la encuesta:

Se obtuvo un promedio final de 4,70 en la encuesta, la cual abarcó todas las secciones de la aplicación móvil. Dado que la calificación máxima es 5, se puede afirmar que la aplicación está bien valorada y que los resultados son representativos.

Deficiencias: Se analizarán las tres categorías con la calificación más baja.

La sección peor calificada, con un 4.38, corresponde a las notificaciones de la aplicación móvil. Este resultado es coherente, dado que las notificaciones son básicas, tienen un estilo estándar, carecen de color y presentan un mensaje demasiado simple. En el futuro, sería recomendable hacer que las notificaciones sean más amigables y atractivas.

Por otro lado, dos elementos obtuvieron una calificación de 4,44:

- Colores de la aplicación: En cuanto a los colores, fueron elegidos para representar la sustentabilidad y el reciclaje, utilizando diferentes tonos de verde. Sin embargo, al hacer una autocrítica, quizás hubiera sido mejor incluir una mayor variedad de colores o realizar un análisis más profundo para evitar la monotonía.
- Botones: Son estándar y su rendimiento es aceptable, pero en el futuro sería ideal diseñar botones más eficientes y visualmente atractivos, que ofrezcan una mejor experiencia de usuario.

Aunque estos son los puntos más débiles de la aplicación, todas las calificaciones siguen siendo superiores a 4, lo cual indica que, en general, la aplicación es bien recibida.

Fortalezas: Se analizarán las cuatro categorías con la calificación más alta.

Lo mejor calificado, con una nota perfecta de 5, fue la idea de crear una aplicación que mide el nivel de llenado de los contenedores de reciclaje de residuos lumínicos. Esta calificación refleja el reconocimiento de la innovación de la idea y su impacto positivo en la sustentabilidad.

Tres elementos obtuvieron una calificación de 4,88:

- Información detallada en la sección "Nivel de ocupación": Al seleccionar una tarjeta del sitio, la información emergente es extremadamente detallada, proporcionando todos los datos necesarios para ubicar el contenedor inteligente y analizar su estado.
- Porcentaje mostrado en las tarjetas de "Nivel de ocupación": El porcentaje que se muestra en las tarjetas es muy claro y utiliza colores que indican visualmente el nivel de ocupación, lo que facilita la comprensión del estado de los contenedores.
- Colores de los marcadores en la sección "Puntos de reciclaje": Los colores de los marcadores en el mapa están sincronizados con las tarjetas de "Nivel de ocupación", indicando el nivel de llenado de cada contenedor de manera coherente y fácil de entender.

Estas fortalezas subrayan el éxito de la aplicación en términos de innovación, claridad en la presentación de información y su enfoque en la sustentabilidad.

Capítulo 5

Conclusiones

A continuación, se realizará una reflexión sobre el trabajo realizado. Se expondrá el cumplimiento tanto de los objetivos específicos como del objetivo general. Además, se plantearán ideas para trabajos futuros.

El alcance de esta memoria contempló el desarrollo del frontend de la aplicación móvil, la comunicación de la API con el backend, el diseño del sistema de sensores y la implementación del mismo. El trabajo realizado fue fundamental para completar el proyecto multidisciplinario.

El enfoque de este proyecto fue subsanar una necesidad que observó la empresa Previlum: la "Falta de reciclaje de residuos lumínicos en la quinta región". A partir de esta idea, se generó la solución. Sin embargo, el resultado puede extrapolarse a más campos. Esto quiere decir que se puede rescatar la idea de generar un monitoreo de los contenedores de reciclaje y extrapolarla a más tipos de residuos y regiones. Además, se podría trabajar con más empresas e incluso con municipalidades.

La idea del monitoreo del nivel de reciclaje es bastante buena, ya que puede ayudar a los encargados de retirar los residuos lumínicos a optimizar sus rutas de recolección. Además, no es necesario que el contenedor esté completamente lleno para ir a retirarlo, sino que se puede adelantar la gestión de retiro cuando el contenedor esté semi lleno.

Realizando un análisis profundo del resultado, se podrían replantear algunas decisiones tomadas en la solución. Si bien el contenedor tiene un diseño que lo hace inteligente, la cantidad de ampolletas que puede llegar a almacenar se puede considerar poco funcional. La inversión que significa realizar estos diseños versus lo que se obtiene por reciclar es deficiente. Por otro lado, la decisión de tener dos opciones de perfiles para los usuarios considero que no fue acertada, dado que todos los usuarios deberían tener la opción de saber el nivel de ocupación que tiene el contenedor, lo cual facilitaría la decisión de un usuario común de dónde ir a reciclar.

Mirando en retrospectiva las gestiones realizadas con Previlum, si bien siempre se conversó sobre el trabajo que se iba realizando, no se realizaron pruebas de uso con el cliente para

que este pudiera identificar mejoras y deficiencias del producto.

A pesar de las críticas al trabajo, este proyecto se concretó exitosamente y es funcional, cumpliendo con las expectativas del cliente.

5.1 Cumplimiento de Objetivos.

5.1.1 Objetivos Específicos.

Diseñar una interfaz de usuario de la aplicación móvil que sea amigable y fácil de usar.

Este objetivo es importante, ya que la experiencia de usuario determina qué tan posible es que la aplicación móvil sea utilizada y elegida en caso de que exista competencia.

Se logró diseñar una interfaz de usuario funcional. Esto se comprobó a través de pruebas de usabilidad que se realizaron a un grupo reducido de personas, permitiendo así identificar los puntos débiles y fuertes de la aplicación. Identificar las falencias permite en un futuro mejorar las deficiencias.

Para intentar cumplir este objetivo se utilizaron métodos como la psicología del color; además, se generó un menú intuitivo y la información se redactó de forma sencilla.

Desarrollar una solución que sea compatible y funcional en los sistemas operativos Android e iOS.

El objetivo siempre ha sido que la aplicación pueda ser utilizada por la mayor cantidad de personas posibles, por lo que se decidió que la aplicación móvil debe ser compatible con los sistemas operativos de celulares más populares, tales como iOS y Android.

Al utilizar React Native, se desarrolló una solución compatible y funcional en los sistemas operativos Android e iOS. Esto se logra porque React Native permite que el código JavaScript se comunique con componentes nativos de iOS y Android.

Implementar una navegación intuitiva para acceder a las funciones de monitoreo y gestión del contenedor.

Este objetivo se correlaciona con la idea general del proyecto, que es monitorear el nivel de ocupación del contenedor inteligente. Si este objetivo no se cumple, entonces el fin del proyecto estaría incompleto. Lograr que el usuario pueda comprender el monitoreo del nivel de ocupación ayuda a optimizar el proceso de acopio de los contenedores.

En el formulario de usabilidad también se evaluó la navegación intuitiva, donde se obtuvo una buena evaluación, comprobando así que se cumplió el objetivo.

Seleccionar el hardware apropiado para medir el nivel de ocupación del contenedor.

Se necesita obtener una recolección de datos fidedigna. Por esto, el hardware seleccionado debe ser capaz de mantenerse operativo siempre y gestionar el envío de datos constantemente.

Se logró seleccionar un hardware funcional y se seleccionó un sistema de carga que lo hace autónomo. Los datos recolectados por los sensores son certeros y no generan falsos positivos.

Establecer un protocolo de comunicación efectivo entre los sensores y la aplicación móvil.

Es importante establecer un protocolo de comunicación para asegurar que la app pueda interactuar correctamente con la API. Adicionalmente, es importante elegir un buen protocolo para evitar brechas de seguridad.

El protocolo que se utiliza para la comunicación entre la aplicación móvil y los sensores es el que proporciona ThinkSpeak, HTTP. Si bien cumple con establecer una comunicación efectiva, este protocolo presenta una brecha de seguridad, ya que no cifra el tráfico.

Asegurar una transmisión de datos precisa y en tiempo real desde los sensores a la aplicación.

La experiencia de usuario es fundamental, por lo que es ideal tener los datos actualizados lo más rápido posible para evitar latencias.

Se estableció un envío de datos preciso pero con limitaciones por las licencias de ThinkSpeak. Actualmente, hay latencia, ya que se tiene un retraso de 2 minutos. Se podría mejorar creando una API propia, lo que permitiría controlar cómo se manejan los datos. Así también, a medida que crece la aplicación, se puede adaptar la infraestructura a las necesidades específicas de la misma.

Optimizar la gestión de la batería en el sistema de sensores.

Una gestión eficiente de la batería ayuda a prolongar la vida útil y reduce la necesidad de mantenimiento frecuente. Además, la gestión adecuada de la energía puede permitir que los sensores realicen sus tareas de manera más eficiente, con menos interrupciones y mejor calidad en la recopilación de datos.

Se seleccionaron baterías sostenibles y con capacidad de durabilidad. Además, se utilizaron paneles solares para hacer el sistema autónomo, sin necesidad de corriente eléctrica, solo utilizando energía solar para recargar las baterías.

La aplicación cumple con el objetivo de ayudar a optimizar el proceso de acopio y proporciona a los usuarios un monitoreo en tiempo real de la disponibilidad de contenedores inteligentes.

5.1.2 Objetivo General.

En esta memoria, se abordará el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de residuos lumínicos que hará uso de sensores para detectar la presencia de ampolletas en contenedores específicos. La información recopilada se transmitirá a través de una API a una aplicación móvil dedicada. El propósito fundamental de este sistema

es proporcionar a los usuarios una visión en tiempo real de la disponibilidad de los contenedores destinados al acopio de residuos lumínicos.

Este proyecto comprende dos componentes esenciales. Por un lado, se desarrollará un sistema de sensores avanzado que se integrará en los contenedores inteligentes. Por otro lado, se llevará a cabo la implementación del frontend de la aplicación móvil, que permitirá a los usuarios acceder de manera intuitiva a la información sobre el nivel de ocupación de los contenedores. Esta combinación de soluciones tecnológicas garantizará una experiencia eficaz y oportuna para los usuarios interesados en la gestión responsable de residuos lumínicos.

El objetivo general entregaba los aspectos más importantes a cumplir; sin estos, el proyecto se encontraría incompleto y no funcional. Plantea de forma amplia cómo funcionarán y se correlacionarán las diferentes partes del proyecto.

Se diseñó un sistema de sensores funcional. Por otro lado, se entregó un monitoreo del nivel de ocupación de los contenedores al usuario, aunque con un retraso de 2 minutos. También se diseñaron y desarrollaron exitosamente todas las vistas de la aplicación móvil, siendo bien evaluadas.

Además, todo se unificó, realizando un sistema completo.

5.1.3 Trabajo a Futuro.

Si bien el resultado del proyecto es funcional, hay detalles que se podrían mejorar. Si miramos la aplicación desde la perspectiva de la seguridad, se puede considerar que es una app vulnerable.

El login de la aplicación no cuenta con métodos para evitar inyección de código, ni con métodos para evitar ataques de denegación de servicio, entre otros tipos de ataque. Tampoco cuenta con un método de segundo factor de autenticación para el usuario. Por otro lado, el servidor en donde se aloja la información se encuentra en un computador local, donde no existen firewalls ni barreras para evitar accesos no deseados. Hay que considerar también que los dispositivos IoT suelen ser vulnerables.

Mantener la seguridad del sistema sería una tarea importante a futuro si se planea comercializar la aplicación, dado que la seguridad de la información es un pilar fundamental.

Continuando con la idea del servidor, sería un trabajo a futuro mejorar el sistema alojando el servidor en la nube, en plataformas como AWS o Azure, que ofrecen mayor almacenamiento y seguridad.

Si analizamos el sistema de sensores, sería importante lograr compactar el producto, de manera que el hardware ocupe el menor espacio posible. Además, es necesario actualizar las tecnologías a las más recientes, ya que existen tecnologías más eficientes, que eliminan

brechas de seguridad, aumentan la capacidad de dispositivos conectados, disminuyen la latencia, etc.

Por otro lado, para tener una retroalimentación más certera, sería un buen trabajo a futuro lograr ampliar el número de muestras de la encuesta de usabilidad.

Bibliografía

- [1] Alejandro Maurizio Onofri Salinas. Análisis del impacto en el consumo eléctrico de la implementación en Chile de la política pública de estándares mínimos de eficiencia energética para lámparas incandescentes. Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/178590/Analisis-del-impacto-en-el-consumo-electrico-de-la-implementacion-en-Chile-de-la-politica-publica-c.pdf?sequence=5> Nota: p. 27
- [2] Secretaría de Comunicaciones - MSGG. Reciclar es la cumbia. Recuperado en septiembre de 2023. Disponible en: <https://reciclareslacumbia.cl/>
- [3] ChileAtiende. Reciclaje en Chile. Recuperado el 8 de mayo de 2023. Disponible en: <https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/83124-reciclaje-en-chile>
- [4] Ministerio del Medio Ambiente. Ley N° 20.920. Recuperado el 17 de febrero de 2020, p.7. Disponible en: <https://economiacircular.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Preguntas-Frecuentes-Ley-REP.pdf>
- [5] Sernac. Diagnóstico: “Durabilidad o vida útil de productos”. Recuperado en agosto de 2022, p. 17. Disponible en: https://www.sernac.cl/portal/619/articles-69972_archivo_01.pdf
- [6] Ministerio del Medio Ambiente. #ElijoReciclar. Disponible en: <https://elijoreciclar.mma.gob.cl/>
- [7] Ecoing. EVALUACIÓN DE IMPACTOS ECONÓMICOS, AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR EN CHILE SECTOR LÁMPARAS. Recuperado en diciembre de 2013, p. 66. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/doc/Impactos-lamparas-2013.pdf>
- [8] GreenFacts. Mercurio. Disponible en: <http://www.greenfacts.org/es/mercurio/n-3/mercurio-3.htm>
- [9] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Evaluación mundial sobre el mercurio. Versión en español publicada en Junio 2005, p. iii, iv, 83

- y 84. Disponible en: https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1401/Evaluacion_Mundial_Mercurio.pdf
- [10] Fundación Terram. En Chile nadie se hace cargo del reciclaje de ampollitas de ahorro de energía. Octubre de 2012. Disponible en: https://www.terram.cl/2012/10/en_chile_nadie_se_hace_cargo_del_reciclaje_de_ampollitas_de_ahorro_de_energia/
- [11] Ecoembes. ¿Qué son los contenedores inteligentes?. Febrero de 2020. Disponible en: <https://ecoembesdudasreciclaje.es/contenedores-inteligentes/>
- [12] Amado Herrero, El Mundo. Un contenedor inteligente para incentivar el reciclaje. Noviembre de 2021. Disponible en: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2021/11/08/618526d621efa0b3258b45a8.html>
- [13] Portaltic. Estos contenedores amarillos inteligentes incorporan sensores para mejorar el reciclaje y premiar a los usuarios. Diciembre 2021. Disponible en: <https://www.europapress.es/portaltic/sector/noticia-contenedores-amarillos-inteligentes-incorporan-sensores-mejorar-reciclaje-premiar-usuarios-2021-12-01.html>
- [14] Arantxa Herranz, Tomorrow City. Caso de éxito: Los contenedores inteligentes de Seúl. Diciembre de 2021. Disponible en: <https://tomorrow.city/a/caso-de-exito-los-contenedores-inteligentes-de-seul>
- [15] Ecubelabs. Ecubelabs. Disponible en: <https://www.ecubelabs.com/es/>
- [16] emb. Contenedores Inteligentes: Tecnología Verde para el manejo de la basura urbana. Octubre de 2020. Disponible en: <https://www.revistalogistec.com/inicio/noticias-clientes-logistec/3057-contenedores-inteligentes-tecnologia-verde-para-el-manejo-de-la-basura-urbana>
- [17] Mechatronicstore. Arduino UNO. Disponible en: <https://www.mechatronicstore.cl/arduino-uno-r3/>
- [18] Mechatronicstore. HW-201 Sensor De Proximidad Detector Obstáculos Infrarrojo. Disponible en: <https://www.mechatronicstore.cl/sensor-de-proximidad-infrarrojo-detector-de-obstaculos/>
- [19] Mechatronicstore. Modulo SIM800L GPRS GSM. Disponible en: <https://www.mechatronicstore.cl/modulo-gsm-gprs-sim800l/>
- [20] Altronics. Módulo Booster Step Up XL6009. Disponible en: <https://altronics.cl/modulo-booster-xl6009>
- [21] Mechatronicstore. Diodo 1N4007. Disponible en: <https://www.mechatronicstore.cl/diodo-rectificador-in4007-1n4007-4007/>

- [22] Mechatronicstore. Breadboard / Protoboard 830 Puntos MB102. Disponible en: <https://www.mechatronicstore.cl/breadboard-830-puntos-mb102/>
- [23] Maxelectrónica. Módulo Cargador de Batería Li-ión LiPo Micro USB TP4056. Disponible en: <https://maxelectronica.cl/fuentes-de-alimentacion/164-modulo-cargador-de-bateria-li-ion-lipo-mini-usb-tp4056.html>
- [24] Hubot. Mini Panel Solar 12V. Disponible en: <https://hubot.cl/producto/panel-solar-3w-12v-145x145mm-sku-543-1g2/>
- [25] Novatronicec. Batería Recargable Ultrafire 18650 3.7V 6800mAh Li-Ion. Disponible en: <https://novatronicec.com/index.php/product/bateria-recargable-ultrafire-18650-3-7v-6800mah-li-ion/>
- [26] Altronics. Soporte de batería para una batería (Porta Batería 18650). Disponible en: <https://altronics.cl/porta-baterias-1x-18650>
- [27] Ecoembes. Reciclos: Ecoembes y el reciclaje del futuro. Febrero de 2020. Disponible en: <https://ecoembesdudasreciclaje.es/reciclos/>
- [28] 24Horas.cl Tvn. Reciclapp: La aplicación de reciclaje que llegará de forma gratuita a ocho comunas más del país. Agosto de 2021. Disponible en: <https://www.24horas.cl/tendencias/ciencia-tecnologia/reciclapp-la-aplicacion-de-reciclaje-que-llegara-de-forma-gratuita-a-och-comunas-mas-del-pais--493>
- [29] Génesis Méndez. Reciclapp, una opción para impulsar la base del reciclaje en las ciudades. 2020. Disponible en: <https://www.caracopolis.com/2020/01/26/reciclapp-reciclaje-en-las-ciudades/>
- [30] Esteban Ferreño. La aplicación que te ayuda a reciclar: así es Recycle Coach. Junio 2021. Disponible en: https://www.elespanol.com/elandroidelibre/aplicaciones/20210604/aplicacion-ayuda-reciclar-recycle-coach/580942990_0.html
- [31] Universidad Técnica Federico Santa María. Estudiantes USM crean novedosa aplicación de reciclaje: TúReciclaje. Diciembre 2020. Disponible en: <https://noticias.usm.cl/2020/12/15/estudiantes-usm-crean-novedosa-aplicacion-de-reciclaje/>
- [32] Vativosverdes. RECiCLA, La aplicación que te paga por reciclar. Agosto 2020. Disponible en: <https://www.vativosverdes.com/recicla-la-app-que-te-paga-por-reciclar/>
- [33] Daniel Alonso Rodrigo. Sistema de monitorización del estado de un contenedor de reciclaje. Master en Ingeniería en Telecomunicación. Universitat Oberta de Catalunya. Disponible en: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/117766/8/dalonsorodrTFM0620memoria.pdf>

- [34] Nicolás Salgado. Implementar Aplicación Móvil “EcoApp” Reciclaje. Tesis pregrado. Universidad de las Américas. Disponible en: <https://repositorio.udla.cl/xmlui/bitstream/handle/udla/247/a41709.pdf?sequence=1&isAllowed=y>