

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO
DE PERCHAS EN UNA CADENA MINORISTA DE
ECUADOR.”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GERENCIAL**

Presentado por:

Arianna Iannuzzelli Paz

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios y a mi familia por el apoyo recibido durante este camino.

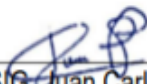
DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi
abuela Carlinita, mi abuelo
Carlos y mi familia.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



MGS. Lenin Freire Cobo
COORDINADOR DE MSIG



MSIG. Juan Carlos García
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



MGS. Lenin Freire Cobo
REVISOR MIEMBRO DE TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Arianna Iannuzzelli Paz*, doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.

Arianna Iannuzzelli.

Arianna Iannuzzelli

RESUMEN

El presente trabajo de titulación fue realizado en una cadena minorista, con más de 230 locales a nivel nacional, en un local piloto previamente seleccionado, ubicado en la ciudad de Guayaquil.

La cadena minorista desea incorporar un sistema autónomo de monitoreo de perchas para disminuir el impacto de “perchas vacías” y por ende la subjetividad que esto refleja en la satisfacción del cliente con respecto a la búsqueda del producto deseado.

El objetivo principal para el desarrollo de este proyecto es evaluar el prototipo del sistema autónomo, el cual permite medir en tiempo real, la disponibilidad de productos en percha, emitiendo alertas al personal si no se cumplen con los parámetros establecidos.

La evaluación del prototipo beneficia a la cadena minorista en varios aspectos, como: disminuir el trabajo operativo del abastecimiento de las perchas; brindando una herramienta que permite el control del stock en percha a través de sensores que monitorean las perchas y alerta el bajo nivel del producto en percha para tomar acciones en el tiempo correcto.

La evaluación del prototipo permitió conocer que la implementación del sistema autónomo en el local piloto se consiguió la disminución del 18.07% en el tiempo de reposición de productos en percha, además se ha logrado mejorar la percepción de cliente acerca de la disponibilidad de productos en el local, lo que se traduce en una reducción de venta perdida por falta de inventario, por lo que se permite validar la viabilidad del sistema autónomo en todos los locales de la cadena minorista.

Palabras Clave: Sistema Autónomo, IoT, Disponibilidad, Satisfacción al cliente.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Solución Propuesta	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Metodología	5
CAPÍTULO 2	10
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Sistemas autónomos	11
2.1.1 Sistemas Autónomos. ¿Por qué?	13

2.2	Internet de las Cosas IoT	14
2.3	Inteligencia artificial	15
2.4	Visión por computador	16
2.5	Gestión de inventario	19
2.5.1	Método de clasificación de productos	20
2.6	Metodologías Ágiles	22
CAPÍTULO 3		25
3.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA AUTÓNOMO	25
3.1	Definición de la situación actual	25
3.1.1	Participación de mercado	26
3.1.2	Locales	27
3.1.3	Productos	31
3.2	Datos iniciales	34
3.3	Descripción del sistema autónomo	38
3.4	Marco de trabajo para evaluación	40
3.5	Diseño de casos de prueba	48
CAPÍTULO 4		65
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
4.1	Resultados de Prueba Unitaria	66
4.2	Resultados de Casos de Prueba	71
4.2.1	Caso de Prueba 1 – Detectar obstáculos	71

4.2.2	Caso de Prueba 2 – Detectar producto o espacio vacío	78
4.2.3	Caso de Prueba 3 – Identificar productos	88
4.2.4	Caso de Prueba 4 – Recorrido circular	94
4.2.5	Caso de Prueba 5 – Envío de notificaciones	99
4.3	Resultados de pruebas con trabajador operativo	103
4.4	Análisis de Riesgo	108
4.4.1	Análisis FODA	109
4.4.2	Matriz de Riesgo	111
4.5	Plan de Implementación	117
4.6	Análisis Costo – Beneficio	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		123
BIBLIOGRAFÍA		128
APÉNDICES		131

ABREVIATURAS

BCG Boston Consulting Group

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

FODA Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas

SKU Store Keeping Unit - Unidad de Mantenimiento en Almacén

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Robot Zippedi	12
Figura 2.2. Render cámara 3D para recolección de datos	18
Figura 2.3. Clasificación de Productos	21
Figura 2.4. Historias de usuario, Formulación de escenarios y automatización	24
Figura 3.1. Participación de mercado	26
Figura 3.2. Disponibilidad de productos enero a septiembre 2021 local seleccionado	31
Figura 3.3. Matriz BCG	33
Figura 3.4. Participación de clientes que encontraron todos los productos buscados	35
Figura 3.5. Porcentaje de clientes que observa espacios vacíos	36
Figura 3.6. Porcentaje de clientes que observo tareas de reposición	37
Figura 3.7. Render Sistema autónomo	38
Figura 3.8. Marco de trabajo Agile Testing	41
Figura 3.9. Flujo de actividades	42
Figura 3.10. Fases de Testing exploratorio	48
Figura 3.11. Fleje de productos e ítems	52
Figura 3.13. Dimensiones de góndola empresa minorista	54

Figura 3.13. Matriz de Confusión y métricas	60
Figura 3.14. Flujo de proceso trabajador operativo	61
Figura 3.15. Flujo de proceso sistema autónomo	62
Figura 4.1. Captura de imágenes por secciones	67
Figura 4.2. Imágenes de flejes en las góndolas	70
Figura 4.3. Mapeo de ambiente controlado	71
Figura 4.4. Evolución diaria de Caso de Prueba 1 ambiente ontrolado	73
Figura 4.5. Mapeo de local	75
Figura 4.6. Evolución caso de prueba 1 local piloto – hora normal	76
Figura 4.7. Evolución caso de prueba 1 local piloto – hora pico	77
Figura 4.8. Evolución Caso de prueba 2 amiente controlado	80
Figura 4.9. Ejecución Caso de Prueba 2 en ambiente controlado	83
Figura 4.10. Evolución Caso de Prueba 2 local piloto - hora normal	85
Figura 4.11, Evolución Caso de Prueba 2 local piloto - hora pico	86
Figura 4.12. Espacio vacío en ubicaciones de flejes	89
Figura 4.13. Layout ambiente controlado	95
Figura 4.14. Layout local piloto	97
Figura 4.15. Reporte en Platadorma de BI	102
Figura 4.16. Recorrido de evaluación	104
Figura 4.17. Participación de clientes que encontraron todos los productos buscados - DF	106
Figura 4.18. Porcentaje de clientes que observan espacios vacíos - DF	108

Figura 4.19. Matriz de calificación y evaluación de riesgos 115

ÍNDICE DE TABLAS Tabla 1. Variables de medición**¡Error!**
Marcador no definido.

Tabla 2. Unidades por hora trabajada25

Tabla 3. Disponibilidad de productos de enero a septiembre 2021 local
 seleccionado.....26

Tabla 4. Categorías de productos.....28

Tabla 5. Mediciones a realizar39

Tabla 6. Marco de evaluación.....40

Tabla 7. Pruebas Unitarias43

Tabla 8. Caso de Prueba 1 - Detectar obstáculos46

Tabla 9. Caso de Prueba 2 - Detectar producto o espacio vacío48

Tabla 10. Caso de Prueba 3 – Identificar Productos49

Tabla 11. Caso de Prueba 4 – Recorrido circular51

Tabla 12. Caso de Prueba 5 – Envío de notificaciones52

Tabla 13. Horario de Evaluación en local piloto.....53

Tabla 14. Formato de recolección de datos.....58

Tabla 15. Actividades realizadas en prueba unitaria63

Tabla 16. Errores en la lectura de flejes63

Tabla 17. Resultados Caso de Prueba 1 ambiente controlado.....66

Tabla 18. Obstáculos colocados en ambiente controlado68

Tabla 19. Resultados Caso de Prueba 1 en local piloto69

Tabla 20. Obstáculos en local piloto71

Tabla 21. Resultados Caso de Prueba 2 en ambiente controlado.....	72
Tabla 22. Porcentaje de detección de productos.....	74
Tabla 23. Resultados Caso de Prueba 2 en local piloto	77
Tabla 24. Matriz de Confusión-Detección de productos o espacios vacíos..	79
Tabla 25. Matriz de confusión – Resultados Detección de productos o espacios vacíos	80
Tabla 26. Resultados Caso de Prueba 3 en ambiente controlado.....	82
Tabla 27. Resultados Caso de Prueba 3 en local piloto	83
Tabla 28. Matriz de Confusión - Identificación de productos	84
Tabla 29. Matriz de Confusión - Resultados Identificación de productos	84
Tabla 30. Tiempos recorrido circular ambiente controlado	86
Tabla 31. Tiempos recorrido circular local piloto – hora normal	88
Tabla 32. Tiempos recorrido circular local piloto – hora pico.....	88
Tabla 33. Resultados Caso de Prueba 5 en ambiente controlado.....	89
Tabla 34. Resultados Caso de Prueba 5 en local piloto	90
Tabla 35. Parámetros considerados en las mediciones	92
Tabla 36. Resumen de tiempos recolectados.....	93
Tabla 37. Análisis FODA	96
Tabla 38. Probabilidad de ocurrencia de riesgo	98
Tabla 39. Impacto de ocurrencia del riesgo	98
Tabla 40. Análisis de Riesgos.....	98
Tabla 41. Probabilidad, impacto y prioridad de riesgos	100

Tabla 42. Plan de acción	101
Tabla 43. Actividades del Plan de Implementación por local	102
Tabla 44. Costos del sistema autónomo.....	104
Tabla 45. Venta perdida mensual local piloto	105
Tabla 46. Tiempo de recuperación de inversión	105

INTRODUCCIÓN

En tiempos de crisis y recesión, la respuesta más inteligente de la empresa privada debe ser la innovación, sin perder de vista las necesidades del cliente.[1], [2]

Hoy en día la industria minorista pertenece a un mercado muy competitivo, lo que dificulta poder diferenciarse de sus competidores en aspectos tradicionales como precio, producto, ofertas, imagen, etc., lo que obliga a buscar agentes diferenciadores [3]–[6] que sean efectivos en las necesidades actuales del cliente. Gregory indica que los sistemas autónomos y su uso enfocado en cadenas minoristas, genera ventajas competitivas en tres áreas: canales y fuentes de ingresos; cadena de suministros; y experiencia del consumidor [3]. Conocer la experiencia del consumidor es relevante porque permite redefinir como lograr la satisfacción del cliente. Un cliente satisfecho, permite crear un vínculo de fidelidad con la empresa lo que se traduce en un incremento de rentabilidad.

El reto anual de las organizaciones en Ecuador es construir una experiencia diferente para el cliente y que esa conexión se refleje en su participación en el mercado, debido a esto una cadena minorista con más de 230 locales, en 106 ciudades del país y más de 300.000 clientes diarios decide en 2017 crear el departamento de *Data Science* dentro de la empresa, el cual no solo se

enfoca en temas de analítica de datos, sino también de innovación y desarrollo de soluciones tecnológicas digitales.

El análisis de grandes cantidades de datos nos permite explicar qué pasó, qué está pasando y qué pasará, con el objetivo de tomar decisiones basadas en información, la empresa minorista en la cual se basa el proyecto implementa un enfoque *Data Driven* que permite interpretar los datos para marcar el rumbo de la empresa y mejorar sus procesos.

Este enfoque permite a la empresa alcanzar sus metas, como, por ejemplo, mejorar el proceso de abastecimiento de las góndolas de los locales con el objetivo de incrementar el nivel de servicio al cliente y disminuir los costos de operación, implementando proyectos relacionados con el Internet de las Cosas (Internet of Thing - IoT), la inteligencia artificial y la robótica.

Para mejorar la productividad de este proceso se realizará la evaluación de un prototipo de un sistema autónomo de monitoreo de productos en percha que permita elevar el nivel de disponibilidad de productos ofertados e incrementar la satisfacción del cliente al momento de su visita al local.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En la actualidad el consumidor es cada vez más exigente al momento de realizar sus compras y además debido a la situación que vivimos hoy en día de la pandemia por COVID – 19, los clientes esperan encontrar todos los productos en un mismo lugar.

En este contexto, las empresas minoritas se vieron en la necesidad de evaluar alternativas que permitan incrementar el nivel de servicio ofrecido a sus clientes mejorando los procesos internos que se realizan en un punto de venta. Los dispositivos IoT presentan una gran oportunidad para mejorar la experiencia de compra de los clientes en los canales de venta físico y por esta razón se plantea la importancia de evaluar el uso de un sistema autónomo para

mejorar el control de productos en las perchas que reduzca los procesos manuales y permita incrementar la disponibilidad de productos.

1.2 Descripción del problema

La cadena minorista oferta al público más de 12.000 productos, en sus más de 230 locales a nivel nacional. La tarea de reabastecimiento de los productos en percha se realiza de manera manual y tradicional lo que ocasiona un bajo control de stock en perchas.

Se realizó un análisis de productividad y se obtuvo que el 30% del tiempo del trabajador operativo se emplea en actividades de reposición y no en actividades que agreguen valor, adicionalmente la cadena minorista realizó una encuesta enfocada en dos variables, el nivel de servicio al cliente, la misma que fue determinada evaluando la relación entre número de productos encontrados y número de productos buscados; y la variable disponibilidad de productos, que se refiere a la cantidad de productos introducidos en la tienda versus los productos que no están agotados, es decir, su stock es mayor a cero. Los resultados de la encuesta realizada a clientes de la cadena minorista indican que el nivel de servicio ofertado actualmente es del 82% de acuerdo con la disponibilidad de productos. Estos resultados afectan la imagen de los locales debido al fenómeno denominado “perchas vacías”, que se traduce en la disminución de

satisfacción del cliente al no encontrar el producto que busca en percha.

Para mejorar el nivel de servicio que ofrece la cadena minorista, elevando la satisfacción del cliente debido a una mayor disponibilidad de productos en las perchas y disminuir el tiempo invertido en reposición de productos, la alta directiva tomo la decisión de evaluar un sistema autónomo que permita en tiempo real identificar los productos que deben ser reabastecidos en las perchas antes de que el stock este por debajo del mínimo establecido por la empresa, los trabajadores recibirán una alerta temprana para evitar los posibles quiebres de inventario.

Este sistema autónomo consta de una base móvil, Robot *Jackal*, la cual está anclada a una estructura tipo torre y se le acopló un sistema de visión artificial, tiene dos tipos de cámara principales: cámaras de ultra alta definición (4K) y cámaras 3D capaces de medir la profundidad y es capaz de adquirir datos dentro de un entorno retail que permite determinar el producto específico que se está agotando para su correcto reabastecimiento.

1.3 Solución Propuesta

La empresa minorista tiene la necesidad de incrementar la disponibilidad de productos en percha y actualmente no cuenta con sistema que permita el monitoreo integral y constante de las mismas, por este motivo se propone la evaluación de un sistema

autónomo desarrollado por el equipo de Data Science de la empresa, el cual recorra los pasillos de los locales, analice las góndolas y emita alertas a los trabajadores operativos de los productos que es necesario reponer cuando el stock este por debajo de los parámetros definidos.

La evaluación del sistema, denominado *Jackal*, permitirá conocer la viabilidad del despliegue del proyecto, analizar los costos y beneficios implicados y proponer un plan de implementación para su despliegue en las tiendas de la cadena minorista.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar un prototipo de un sistema autónomo para medir la disponibilidad de productos en las perchas de una tienda minorista con la finalidad de mejorar el tiempo de reposición de productos empleando la metodología Agile Testing.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Definir plan de pruebas del prototipo *Jackal* en un local de la cadena minorista de la ciudad de Guayaquil.
2. Identificar y definir los riesgos de la implementación del prototipo.
3. Elaborar un plan de trabajo para la implementación y puesta en marcha del sistema autónomo.

4. Realizar un análisis costo beneficio de los resultados obtenidos en la evaluación del prototipo.

1.5 Metodología

La cadena minorista, desea comprobar y establecer de manera cuantitativa, el efecto que causaría el uso del sistema autónomo Jackal para el control y monitoreo con respecto a la satisfacción del consumidor, de los productos en los puntos de exhibición definidos, para lo cual, se evaluará el prototipo en la tienda que presente más problemas con la rentabilidad por metro cuadrado y niveles de stock, ubicada en la ciudad de Guayaquil debido a la cercanía para poder monitorear la implementación de la solución de primera mano.

Esto permite plantear como hipótesis que el incremento del nivel de disponibilidad de productos en los puntos de exhibición incidirá en el nivel de servicio al cliente, aumentando su satisfacción, al momento de la compra.

Esta hipótesis podrá ser comprobada en tanto que las variables definidas demuestren cuantitativamente el efecto positivo o no del uso del sistema autónomo para mejorar la satisfacción del consumidor, es decir, el nivel de servicio al cliente, debido al aumento de la disponibilidad de los productos buscados durante la compra.

Esto nos conlleva a evaluar las diferentes variables definidas y parametrizadas para el presente proyecto, en la encuesta inicial para su contraste y comparación:

Tabla 1. Variables de medición

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Nivel de servicio al cliente	El nivel de servicio puede definirse como la probabilidad de poder satisfacer la demanda de los clientes. [1]	El nivel de servicio en la cadena minorista se mide con: $NS = \frac{\text{Cantidad de productos encontrados}}{\text{Cantidad de productos ofrecidos}} * 100\%$ <p>Ecuación 1.1 Nivel de Servicio</p>
Disponibilidad de productos	Cuando una tienda tiene un artículo en stock, es decir, lo tiene en la tienda y está disponible para su compra ahora. [2]	La disponibilidad de productos o In Stock en la cadena minorista se mide con la cantidad de productos introducidos en la tienda vs los productos que no están agotados, es decir, su stock es mayor a 0. $InStock = \left(1 - \frac{\text{Productos Agotados}}{\text{Productos Introducidos}}\right) * 100\%$ <p>Ecuación 1.2 InStock</p>

Fuente: Elaboración propia

Se realizarán encuestas de satisfacción al cliente, antes y después de la puesta en marcha del sistema autónomo en un local de la cadena minorista, adicionalmente se analizarán datos de consumo y rotación de productos, lo que permitirá evaluar la efectividad del sistema autónomo en el control de stock.

Las encuestas son procedimientos dentro del diseño de una investigación descriptiva que permite recopilar datos a partir de cuestionarios previamente diseñados. [3]

Se propone trabajar con una clasificación de productos o Matriz BCG, también conocida como Modelo Boston Consulting Group, que se emplea para analizar productos que son más rentables para la empresa y a partir de ahí implementar soluciones. La clasificación ideal para implementar esta tecnología son los productos “estrella” que son aquellos que generan mayor liquidez y tienen un gran potencial de crecimiento, es decir, los que generan más margen para la compañía, sin dejar de lado los productos de alta rotación. No se recomienda trabajar con productos de bajo margen debido al costo de implementación.

Con esta puesta en marcha se busca monitorear y controlar el stock de productos y la eficiencia de las reposiciones en la percha, mediante alarmas en tiempo real dirigidas a los responsables de la operación cada vez que se detecte que los niveles de stock bajan de un mínimo establecido por la compañía.

Así mismo, se empleará el marco de trabajo SCRUM para el diseño y puesta en marcha del plan de pruebas del sistema autónomo.

En el análisis de la mejora, por parte del cliente, de la disponibilidad de los productos buscados se realizarán pruebas utilizando el marco de

trabajo Testing exploratorio, que permitirá analizar los resultados continuamente durante toda la etapa de pruebas del prototipo, además se realiza encuestas para evaluar el comportamiento del usuario final con respecto a la disponibilidad de los productos

buscados en iteraciones que permitirán establecer el nivel porcentual esperado por la alta gerencia.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

El avance tecnológico ha permitido la implementación de sistemas autónomos, interconectando sistemas físicos y digitales, para una mejor y mayor gestión de los sistemas de información de las empresas. Al ser autónomos, es decir, no necesitan la intervención humana más que en la fase inicial, permiten la obtención de datos en tiempo real, para transformarlos en valiosa información que al ser correctamente analizada permiten la toma de decisiones que brindan soluciones a problemáticas tradicionales y/o manuales.

Este capítulo describe un marco referencial de los temas relacionados a la evaluación del prototipo en la cadena minorista y se especifica la metodología a utilizar en el desarrollo del proyecto.

Las secciones de investigación son: Sistemas autónomos, Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial, Visión por computador, Gestión de inventarios y Metodologías Ágiles.

2.1 Sistemas autónomos

Gestionar de manera manual el abastecimiento de los productos en percha de una cadena minorista puede llegar a ser un gran problema cuando se tiene más de 12.000 productos diferentes, los cuales deben ser ubicados en 160 góndolas. En promedio por local trabajan 25 operativos, encargados de cumplir diferentes funciones además de un continuo monitoreo a las perchas para controlar los niveles de stock.

Los sistemas autónomos se definen como aquellos que requieren de poca o ninguna intervención humana salvo para la definición de las reglas iniciales. Estos sistemas tienen por objetivo, brindar la capacidad de tomar decisiones proactivas y facilitar las tareas cotidianas de los seres humanos. IBM acuñó el término

Computación Autónoma en el 2001, para referirse a sistemas que se administran a sí mismos, con el fin de auto configurarse, auto repararse, auto optimizarse o auto protegerse. [4]

En 2017, en Chile nace Zippedi un sistema autónomo robótico desarrollado por ingenieros de la Universidad Católica con el objetivo de mejorar la ejecución de tareas en la industria minorista, este robot escanea las góndolas para notificar que el stock está agotado, verifica si el precio de la etiqueta es consistente con la base de datos, o si el cliente coloca el producto en el estante equivocado.



Figura 2.1. Robot Zippedi

Fuente: Documentación Zippedi

La aparición de Zippedi significa un verdadero cambio de paradigma en la industria minorista. El Chief Scientist Álvaro Soto comentó: “Este robot, desarrollado por ingenieros de la Universidad Católica, tiene una serie de funciones que pueden digitalizar el inventario de productos y los precios en las grandes tiendas para optimizar el tiempo y los recursos”. De hecho, este robot puede

escanear 10.000 SKU por hora, y los humanos pueden revisar hasta 200 SKU por hora. [5]

Debido a este desarrollo realizado en Chile, la empresa ecuatoriana decidió probarlo en 2019, sin embargo, dados los altos costos de importación del robot y sus elevados costos de mantenimiento, se crea un Laboratorio de Data Science en el cual se desarrolla un sistema autónomo que ofrezca bondades similares que el robot chileno que permita optimizar el tiempo de los trabajadores e incremente la disponibilidad de productos en las perchas.

2.1.1 Sistemas Autónomos. ¿Por qué?

Las empresas en general hoy en día son generadores constantes de datos, si a esto le sumamos las hiper conexiones a las que nos enfrentamos día a día, es imprescindible contar con una capacidad de respuesta o toma de decisiones ágil, en tiempo real, asertiva y constantemente adaptable. Los sistemas autónomos nos acercan a ese enfoque [4], debido a que:

- Mejora la captación de los datos.
- Ahorra tiempo.
- Minimiza errores.
- Proporciona valiosa data.

2.2 Internet de las Cosas IoT

IoT hace referencia al término Internet de las Cosas (por sus siglas en ingles Internet of Things). Se trata de la agrupación e

interconexión de dispositivos y objetos a través de una red dónde todos ellos podrían ser visibles e interactuar. [6]

Internet de las cosas puede verse como la combinación de sensores y actuadores con capacidad para proporcionar y recibir información digital y colocarla en la red para ser usada por usuarios que lo requieran. [7]

Los dispositivos del sistema autónomo se usando una red interna en el sistema mediante el framework ROS y mediante un enlace de salida configurado en los ordenadores del sistema pueden enviar alertas a una red externa al sistema, para que los operativos del local piloto puedan atenderlas de manera rápida y efectiva.

Además, se pueden almacenar los datos en Bases privadas de la empresa para análisis posteriores de productividad.

2.3 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) se refiere a sistemas o máquinas que imitan la inteligencia humana para realizar tareas y mejorar de forma iterativa la información que recopilan. [8]

La inteligencia artificial es un campo de estudio que se enfoca en imitar las habilidades innatas del ser humano. Actualmente la inteligencia artificial se encuentra en un estado de comercialización, donde el conocimiento desarrollado en los años anteriores se integra a las empresas para mejorar procesos y ayudar a la toma de decisiones.

Harvard Business Review recomienda que las funciones de la IA se apliquen a las actividades que tienen el mayor y más directo impacto en los ingresos y los costos, utilizar la IA para aumentar la productividad con la misma cantidad de personas, en lugar de reducir o aumentar los empleados. [9]

La inteligencia artificial es un campo que esta siendo explorado por varias cadenas minoristas, en 2017 Wal-Mart empezó por utilizar nuevas tecnologías para mejorar sus tiendas, donde "contrataron" 40 robots para escanear productos en los estantes y así poder controlar con mayor precisión el inventario de la tienda [10]., además, a finales de 2018, anunció la implementación de robots de limpieza [11].

En Chile, los robots Zippedi comenzaron a operar en el supermercado Jumbo en San Diego, recorren los pasillos de los establecimientos comerciales durante la noche, identifican miles de productos, digitalizan información clave y permiten a los minoristas y a sus proveedores verificar precios, reabastecer productos a tiempo e incluso mejorar el uso de los espacios en percha. [5]

Alineada a esta iniciativa, la empresa minorista ecuatoriana que se ha caracterizado por su ideología innovadora ha optado por la incursión en sistemas autónomos aplicables en la industria, los cuales permitan el monitoreo de stock en perchas de los locales y notifiquen a los trabajadores operativos que ha disminuido el inventario y es momento de reabastecer para evitar los quiebres y espacios vacíos en las perchas.

2.4 Visión por computador

La visión por computadora o visión artificial es el campo de la inteligencia artificial relacionado con el análisis de imágenes y video e incluye un conjunto de tecnologías que permiten a las computadoras "ver" y extraer información de lo que observan.

Para enseñar a la computadora a "ver", se recopila una gran cantidad de datos para resaltar características y sus combinaciones para identificar objetos más similares para luego usar un algoritmo de aprendizaje automático.

Las cámaras empleadas en el desarrollo del prototipo permitirán emular la visión humana, identificando los espacios vacíos en las perchas del local y los flejes para determinar que producto debe ser reabastecido.

El sistema para evaluar en este proyecto consta de ordenadores agregados a un sistema distribuido de tipo maestro-esclavo; estos ordenadores se los denomina colectores y poseen una cámara 3D y una cámara UHD. La cámara 3D tiene la capacidad de presentar imágenes con resolución 640x480 de tipo RGB, las más apropiadas para utilizarse en ambientes como el interior de un supermercado, gracias a su rango de detección que va desde los 0.4 hasta los 8 metros permite adaptarse favorablemente a los diferentes anchos de los pasillos y una cámara 4k, la cual realiza vídeos Full HD detallados (1920 x 1080) con una frecuencia de imagen de 90 fps.

Su sensor de color proporciona una resolución extremadamente alta y su avanzada tecnología de píxeles BSI es muy sensible a la luz, por lo que es muy adecuado para leer códigos de barras en flejes de productos. [12]



Figura 2.2. Render cámara 3D para recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Estas cámaras son también usadas por Zippedi, robot autónomo en supermercados chilenos, que emplea inteligencia artificial para el control de inventario en perchas y ayuda a prevenir pérdidas de ventas.

La tecnología de este robot es un sistema de percepción visual basado en software y cámaras que permite tener visión 3D dentro de un supermercado. Esto determina cuándo la cantidad restante del producto es baja en las perchas, si el precio de la etiqueta no coincide con la base de datos o si el cliente coloca el producto en

el estante incorrecto, que lo convierte en un asistente digital de ejecución en góndola. [13]

2.5 Gestión de inventario

El propósito de la gestión de inventarios es verificar las existencias que se posee mediante el recuento físico de las unidades, es necesario realizar esta operación para garantizar la disponibilidad de productos en las perchas de la tienda. [14]

Según (Von Hausen, 2014) para los clientes y las empresas, la falta de productos en las perchas genera costos innecesarios muy altos.

En la mayoría de los casos, estos espacios vacíos se deben a errores de pronóstico de ventas y problemas del sistema de reposición de productos. Para las empresas minoristas, dada la feroz competencia, es necesario brindar una buena experiencia de compra brindando productos y servicios que satisfagan las necesidades de los consumidores, por lo tanto, es de vital importancia mejorar los procesos de reposición. [15]

El prototipo para evaluar permitirá mitigar los problemas en el proceso de reposición en perchas debido a la emisión de alertas tempranas de los productos que han disminuido su inventario y así evitar que existan faltantes en las estanterías.

Debido a la cantidad de productos que mantiene en su surtido la cadena minorista se emplea un método de clasificación de productos para generar las alertas con un rango de prioridades.

2.5.1 Método de clasificación de productos

En este proyecto se emplea la matriz BCG, Modelo Boston Consulting Group, la cual es una herramienta de análisis estratégico de los productos. [16]

Se ubican los productos en cuatro cuadrantes en función de la ganancia unitaria y la rotación (unidades vendidas) generada en un periodo determinado de tiempo. Se clasifican los productos en las siguientes categorías:

- Estrellas: Productos de alta ganancia unitaria y rotación.
- Gancho: Productos de baja ganancia unitaria y alta rotación.
- Lento: Productos de alta ganancia unitaria y baja rotación.
- Incógnitas: Productos de baja ganancia unitaria y rotación.

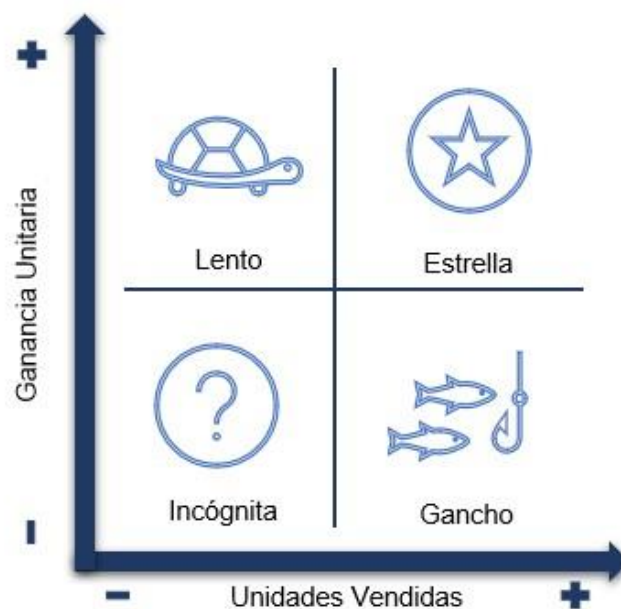


Figura 2.3. Clasificación de Productos

Fuente: Elaboración propia

La clasificación ideal para implementar esta tecnología es en los productos “estrella” que son aquellos que generan mayor liquidez y tienen un gran potencial de crecimiento, es decir, los que generan más margen para la compañía, sin dejar de lado los productos de alta rotación, es decir, productos “gancho”.

No se consideran productos de bajo margen debido al costo de implementación y productos textiles debido a la naturaleza de sus características.

2.6 Metodologías Ágiles

Los métodos ágiles son flexibles y pueden modificarse para adaptarse a la situación real de cada equipo y proyecto. Los proyectos ágiles utilizan una lista ordenada de características para subdividirse en proyectos más pequeños. Cada proyecto se maneja de forma independiente y se desarrolla un subconjunto de funciones en un corto período de tiempo. [17]

Estas metodologías permiten mejorar la calidad del producto, reducir costos y brindar mayor satisfacción del cliente.

En el presente proyecto se empleará la metodología Agile Testing, la cual sigue los principios del desarrollo ágil. La estrategia se basa en involucrar a todos los miembros de un equipo ágil multifuncional, donde el rol del "tester" será que el equipo entregue el valor de negocio requerido por el cliente a una velocidad sostenible y

continua. [18]. El presente proyecto implicará el Testing exploratorio que es una práctica de Agile Testing.

Las pruebas exploratorias son un método de prueba de software en el que puede comprender el diseño y la ejecución de aplicaciones y casos de prueba al mismo tiempo.

Se empleará este método debido a que es necesario aprender rápidamente sobre el prototipo, además al ser una técnica ágil permite encontrar bugs y desarrollar nuevos flujos no considerados inicialmente para mejorar las pruebas obsoletas.

Además, con el uso de esta metodología no es necesario finalizar todo el proceso de pruebas para poder entregar una retroalimentación a la alta dirección de la empresa y es posible proponer mejoras al prototipo diariamente.

El testing exploratorio fomenta las pruebas del prototipo dividiendo los problemas de usuario en pequeñas partes que permitan su desarrollo más rápido y ágil [19] [20], permite desarrollar historias de usuario con respecto a sistema autónomo que se evalúa empleando un lenguaje común para crear el escenario de pruebas del prototipo, el ciclo a seguir es el siguiente:

- Desarrollo de historias de usuario, se especifican ejemplos concretos de las nuevas funcionalidades a explorar con el sistema autónomo y se acuerdan los detalles esperados de las pruebas.

- Desarrollo de escenarios, se especifica el lugar y forma de desarrollar las pruebas en el local piloto.
- Automatización de pruebas de aceptación, finalmente se implementa el desarrollo descrito en las fases anteriores iniciando con una prueba automatizada en sesiones.

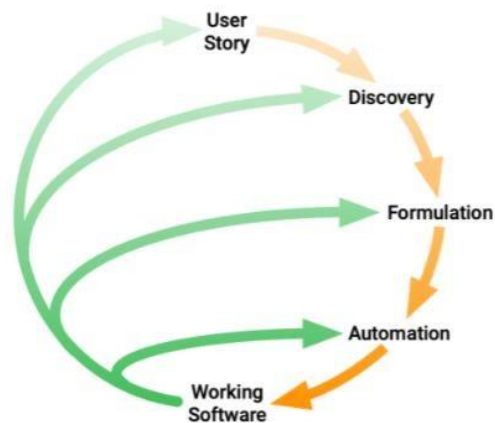


Figura 2.4. Historias de usuario, Formulación de escenarios y automatización

Fuente: Cucumber.io

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA AUTÓNOMO

El presente capítulo está compuesto por el levantamiento de información inicial en la empresa minorista, la selección del local piloto y productos a evaluar, así mismo se presenta la descripción del sistema autónomo, casos de prueba, análisis de riesgo y sus resultados.

3.1 Definición de la situación actual

El proyecto se realiza en una cadena minorista de Ecuador, la cual tiene más de 235 locales a nivel nacional, ubicados en 22 provincias y 106 ciudades. La empresa emite 62 millones de facturas anualmente que representan alrededor de 650 millones de ingresos y ofrece a sus clientes alrededor de 12,000 productos

diferentes en el surtido de cada punto de venta, lo que dificulta el control de stock óptimo e implica una baja disponibilidad de productos en percha.

3.1.1 Participación de mercado

La participación de mercado representa el porcentaje de las ventas de bienes o servicios de la empresa sobre la venta total del mercado en el cual se desenvuelve.

En base al concepto anterior, la empresa minorista en la que se efectúa el proyecto es la # 3 y está ubicada en el tercer lugar a nivel nacional con una participación del 15.62%. [21]

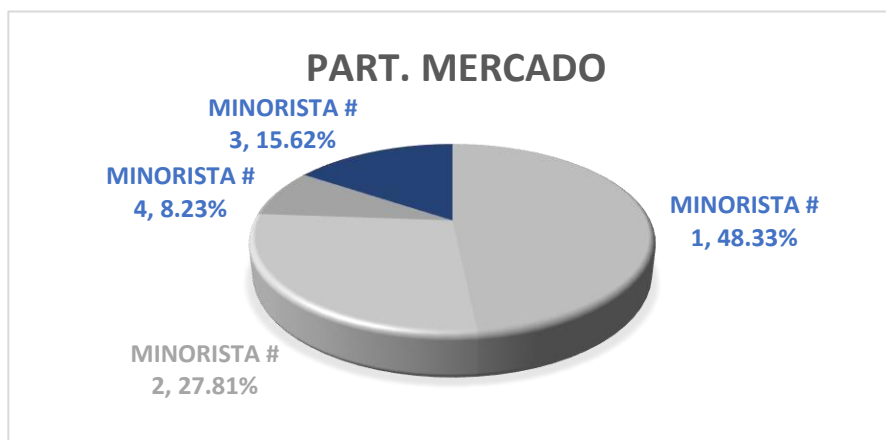


Figura 3.1. Participación de mercado

Fuente: Elaboración propia

La empresa tiene como objetivo ser la primera en el país y por este motivo analiza alternativas que permitan incrementar el nivel de servicio al cliente con la finalidad de fidelizarlo a la marca, con métodos permitan mejorar la productividad en los locales sin incurrir en gastos elevados.

3.1.2 Locales

Para la evaluación del prototipo se analizan los 235 locales para determinar el tipo de sucursal en la cual se debe desarrollar, el proyecto.

Los puntos de venta de la cadena minorista están catalogados en cuatro tipos de locales, dependiendo su tamaño y surtido.

- **Locales tipo A**

Son puntos de venta de 500m² hasta 1.200m² en promedio y su surtido es en promedio de 13,000 artículos.

- **Locales tipo B**

Son puntos de venta de 200m² hasta 500m² en promedio y su surtido es en promedio de 11,500 artículos.

- **Locales tipo C – Plus**

Son espacios comerciales con distintos locales de productos y servicios anclados con un local tipo A.

- **Locales tipo D**

Son unidades de negocio con tiendas de barrio, con un tamaño promedio de 80m² y un surtido promedio de 1,600 artículos

El sistema autónomo para evaluar tiene una altura de 1.70 metros y 80 cm de ancho, y necesita un área de al menos 2m² para realizar los recorridos en los pasillos, por este motivo se descartan los locales tipo C y D.

El proyecto se desarrollará en la ciudad de Guayaquil, donde existen 35 locales de las categorías A y B.

Para seleccionar la sucursal piloto, se utiliza un indicador de productividad que calcula las unidades vendidas por horas trabajadas, con base en los datos de la empresa minorista la productividad mínima debe ser de 47 unidades por hora trabajada; revisando los datos de enero a julio de 2021 de los 35 locales analizados, 17 de ellos se encuentran por debajo del mínimo.

En la Tabla 2. se presentan los locales cuya productividad se encuentra por debajo del límite inferior.

Tabla 2. Unidades por hora trabajada

Local	P.O.S	Área de venta (m ²)	Facturas (Ene-Jul)	Unidades Vendidas (Ene-Jul)	Horas trabajadas	Unidades por HT
350	6	869.75	128,444	937,762	21,047	45
365	7	861.55	217,637	1,368,362	30,788	44
104	7	849.5	245,899	1,325,162	29,913	44
327	9	848.9	293,551	1,730,846	39,090	44
246	4	846.49	170,337	1,024,677	23,265	44
321	9	842.82	176,521	1,139,936	26,758	43
351	4	838.88	109,296	518,006	12,208	42
168	6	837.58	226,607	997,607	23,536	42
176	5	830.87	130,748	707,398	16,787	42
315	6	828.2	137,807	590,529	14,051	42
364	9	811.18	120,030	898,113	22,172	41
323	3	808.51	124,803	598,772	14,809	40
165	6	798.73	140,438	764,877	18,942	40
113	5	790.25	160,220	766,389	18,995	40
101	4	783.83	103,183	675,872	16,851	40
194	6	779.62	190,017	1,134,798	28,347	40
181	6	775.8	217,734	1,166,719	25,138	46

Fuente: Elaboración propia

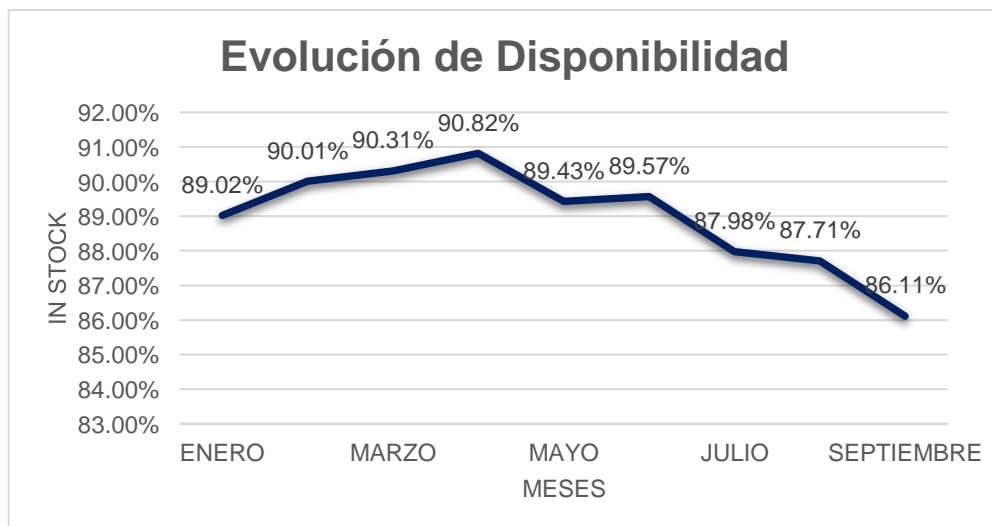
De estos locales se analiza la Disponibilidad de productos o *In - Stock* de enero a septiembre con la ecuación 1.2. detallada en capítulo 1, para conocer el nivel de disponibilidad de productos ofertado a los clientes y se escoge el local con el menor resultado en este periodo de tiempo, en promedio en los nueve meses mantiene una disponibilidad de productos del 88.84%.

Tabla 3. Disponibilidad de productos de enero a septiembre 2021 local seleccionado

Mes	Disponibilidad
Enero	89.02%
Febrero	90.01%
Marzo	90.31%
Abril	90.82%
Mayo	89.43%
Junio	89.57%
Julio	87.98%
Agosto	87.71%
Septiembre	86.11%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.2. se puede observar la línea de evolución de la métrica de Disponibilidad de productos, en la cual se aprecia una disminución en este indicador, en enero la disponibilidad de productos era del 89.02%, mientras que en septiembre fue de 86.11%, es decir, el nivel de disponibilidad de productos en el local ha disminuido en un 2.91% y se encuentra a 8.89 puntos porcentuales del objetivo de la empresa que es de 95%.



**Figura 3.2. Disponibilidad de productos enero a septiembre 2021
local seleccionado**

Fuente: Elaboración propia

El local seleccionado se ubica en el centro de la ciudad de Guayaquil, tiene un surtido de 12,100 productos, la productividad de la sucursal es de 40 unidades vendidas por hora trabajada y la disponibilidad de productos es en promedio de 86.11%

3.1.3 Productos

En el local seleccionado previamente, se comercializan productos de primera necesidad como: comestibles, perfumería, productos para bebés, textiles, calzado, plásticos, electrodomésticos, cuidado personal, bebidas, golosinas, y productos de temporada como juguetes, artículos escolares y navideños.

A continuación, se presenta la participación de cada categoría de productos en la sucursal y su clasificación si aplican no para la evaluación del prototipo:

Tabla 4. Categorías de productos

Principales líneas de productos:	Part.	Aplica
Comestibles	40.85%	Si
Perfumería	25.06%	Si
Lácteos y Embutidos	12.38%	No
Perecederos	6.66%	No
Hogar	8.50%	No
Textiles	3.52%	No
Servicios	1.31%	No
Temporadas	1.71%	No

Fuente: Elaboración propia

Los productos comestibles y perfumería representan el 65.91% del total de las ventas y son los elegidos para la evaluación del prototipo, se descartan los productos: perecederos, lácteos y embutidos debido a que su exhibición se realiza en refrigeradores lo que dificulta el análisis del sistema robótico, se descartan también los productos de hogar y textiles debido a su baja rotación y forma de exhibir, además se excluyen las categorías de servicios porque son intangibles y los productos de temporadas porque permanecen en el local por un periodo de tiempo determinado.

Sobre los 7.975 productos de las categorías seleccionadas, se realiza el método de clasificación de productos empleando la matriz BCG, se consideran las variables de ganancia y consumo en unidades de los productos en un periodo de 2 años y se establece un parámetro para la división de los cuadrantes en un $p = 0.8$.

Los productos seleccionados para la evaluación del prototipo se concentran en los cuadrantes A y B, representando a las categorías “estrella” y “gancho” respectivamente.

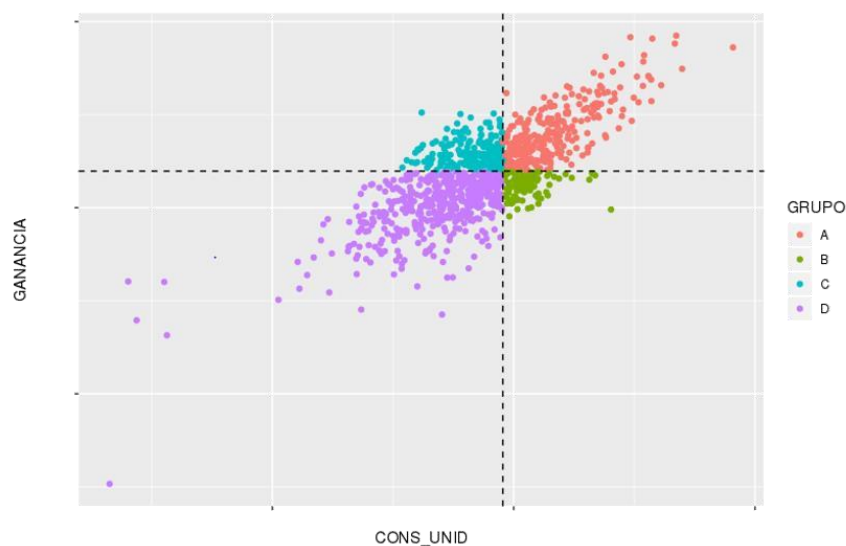


Figura 3.3. Matriz BCG

Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis realizado, se obtiene un total de 3,190 productos de las categorías de comestibles y perfumería para la evaluación del prototipo.

3.2 Datos iniciales

Para conocer la situación inicial de la empresa minoristas realiza una encuesta de satisfacción a los clientes durante ocho días a los clientes, para conocer de primera mano su experiencia de acuerdo con la disponibilidad de productos en el local.

Para obtener datos realmente valiosos, confiables y representativos es necesario definir el tipo de muestreo a realizar y el tamaño de la muestra; se empleará un tipo de muestreo no

probabilístico y por conveniencia, debido a que el análisis se enfoca en el local seleccionado; en promedio la sucursal analizada recibe a una población de 10,000 clientes semanalmente, con un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95% el tamaño de muestra para ejecución de la encuesta es de 370 personas.

De las personas encuestadas, se obtuvo que el 57% de los clientes no encontró todos los productos que buscaba para su compra, es decir, 210 clientes.

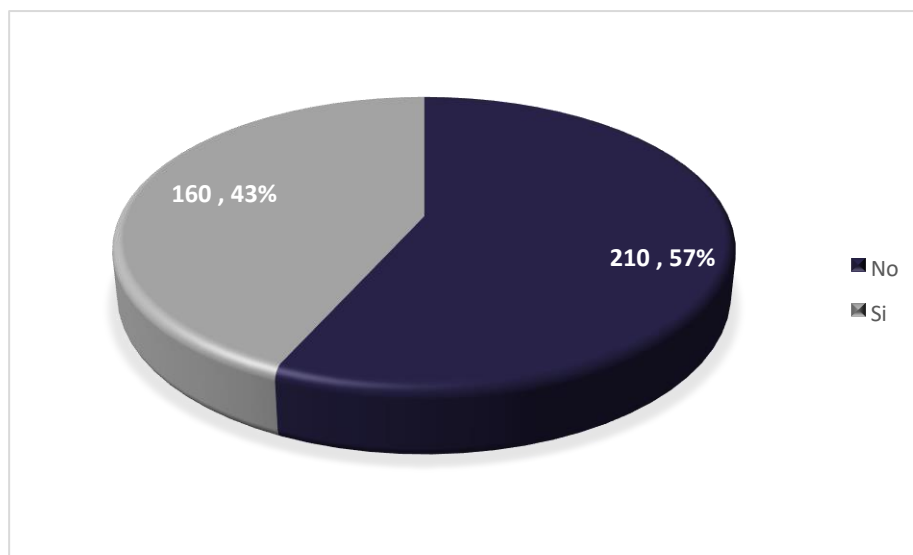


Figura 3.4. Participación de clientes que encontraron todos los productos buscados

Fuente: Elaboración propia

Estos 210 clientes, indicaron que no encontraron 487 productos en total, en promedio cada persona no encontró 2.32 productos, es decir, 3 productos. Con este dato y el dato de la cantidad de productos comprados por cada uno de estos clientes (dato confidencial obtenido de las bases de datos de la empresa), se

calcula el nivel de servicio con la ecuación 1.1. detallada en el capítulo 1 y se obtiene que es del 82.33%.

Además, el 60% de los clientes manifestó que pudo observar espacios vacíos en las perchas del local mientras realizaba su recorrido por los pasillos.

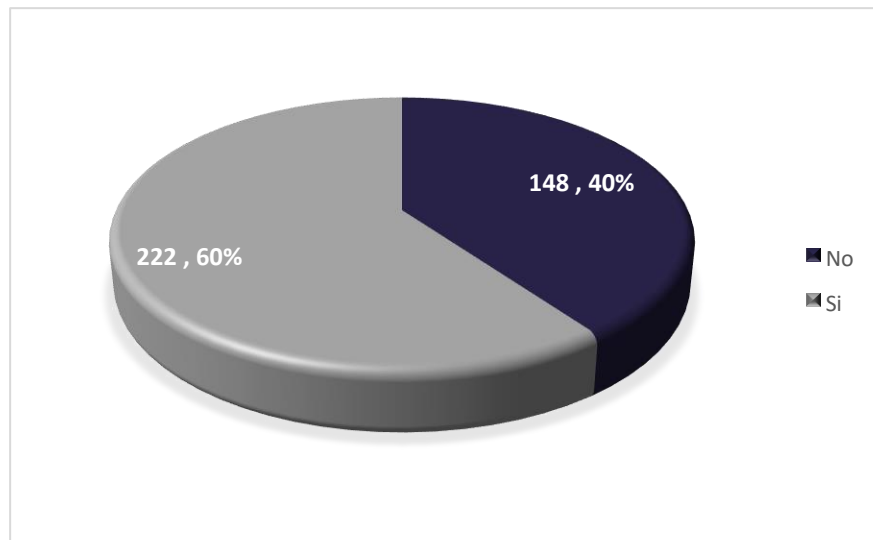


Figura 3.5. Porcentaje de clientes que observa espacios vacíos

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.6., se observa otro dato relevante a conocer de la encuesta realizada, el 97% de los clientes observó que había trabajadores operativos realizando el reabastecimiento de productos en las perchas.

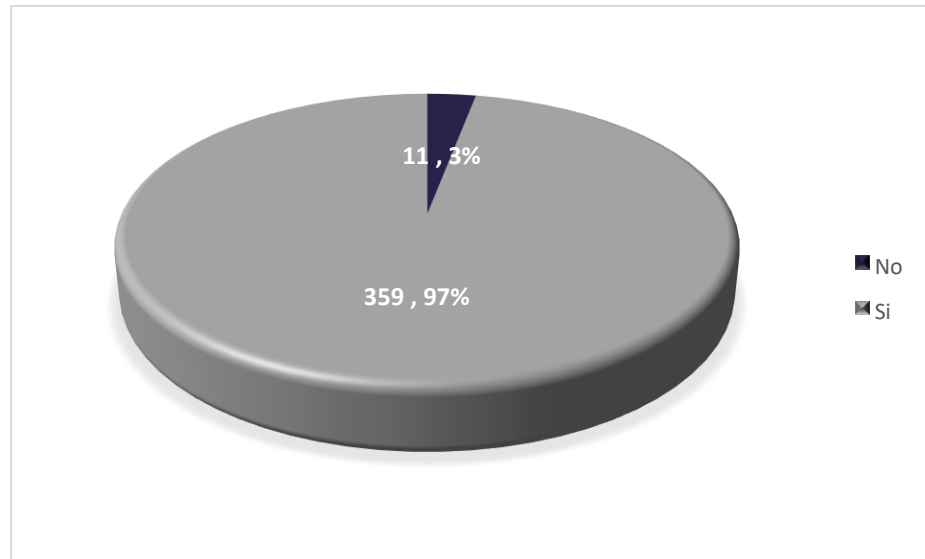


Figura 3.6. Porcentaje de clientes que observo tareas de reposición

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las encuestas indican que a pesar de que los trabajadores del local piloto realicen tareas de reabastecimiento en las perchas constantemente, la mayoría de los clientes encuentran una gran cantidad de productos sin inventario, lo que ocasiona molestia y un bajo nivel de servicio al cliente.

Con los resultados obtenidos de las encuestas y el análisis inicial realizado, se establecen las mediciones a realizar durante la evaluación del prototipo.

3.3 Descripción del sistema autónomo

El sistema autónomo para evaluar en este proyecto consta de una base móvil comercial para investigación y desarrollo denominada Jackal, la cual lleva anclada una estructura de aluminio en forma

de torre (forma seleccionada para alcanzar el tamaño de las góndolas, aproximadamente 1.70 metros). El sistema internamente funciona de manera distribuida a modo de MASTER-SLAVE o Maestro-Escravo, para recorrer los pasillos autónomamente y recolectar datos en los lugares necesarios.



Figura 3.7. Render Sistema autónomo

Fuente: Elaboración propia

El sistema de recolección de datos se basa en un miniordenador denominado Raspberry Pi en su versión número 4 con capacidad de 8GB de Memoria RAM (necesarios para los procesos de recolección), este ordenador puede adaptarse a la estructura de aluminio fácilmente gracias a su tamaño y versatilidad. A este ordenador se le agregan dos tipos de cámaras; una de tipo UHD (Ultra High Definition) con resolución de 4k y una cámara 3D del fabricante Orbbec.

Estas cámaras serán las generadoras de datos, obteniéndolos directamente de las góndolas del local.

Para intercomunicar todo el sistema se utiliza el framework ROS (Robot Operating System), usado de manera mundial para el desarrollo de sistemas robóticos, el cual permite la comunicación entre varios ordenadores entre sí mediante una red interna.

El sistema robótico, realiza recorridos previamente identificados por el equipo de desarrollo del sistema para pasar por cada pasillo. Durante su recorrido, ejecuta un algoritmo de seguimiento de paredes (Transformada de Hough y Ramsac) el cual tiene como entrada una imagen de la cámara 3D para identificar el ángulo de inclinación del pasillo y evita que se colisione con cualquier objeto.

Mientras se ejecuta el seguimiento de paredes, el sistema robótico se detiene cada 30cm y realiza la captura de imágenes de manera paralela en cada colector, con esto se obtiene información tanto con la cámara UHD (foto de parte de la góndola en 4k) y la cámara 3D, matriz que hace referencia a cada píxel de la imagen tomada, pero en lugar de entregar un arreglo RGB (de color real), presenta un valor decimal que representa la distancia del sensor en milímetros hacia un objeto. Gracias a esto, se pueden inferir locaciones que están vacías dentro de la estantería

3.4 Marco de trabajo para evaluación

Se emplean metodologías ágiles debido a su flexibilidad de adaptarse a la realidad de cada proyecto, se establece inicialmente

un equipo de trabajo; las personas encargadas de ejecutar la evaluación del prototipo fueron el líder del proyecto, el responsable de la empresa minorista y el equipo de Data Science quienes brindaron su ayuda para lograr recolectar los datos necesarios; el responsable de la empresa es quien determina la aceptación de los casos de prueba.

Para llevar a cabo el marco de evaluación del prototipo es necesario diseñar casos de prueba para especificar las funcionalidades a testear y los resultados esperados, se define que las sesiones de prueba del proyecto tendrán una extensión de 120 minutos, las cuales se llevarán a cabo en dos jornadas diarias durante 45 días en el local piloto, se establecen reuniones diarias de 20 minutos para evaluar los avances y resultados de las pruebas del sistema autónomo.

En la Figura 3.8. se describe el marco de trabajo empleando la metodología Agile Testing, se describen los participantes y el flujo de trabajo del proyecto.

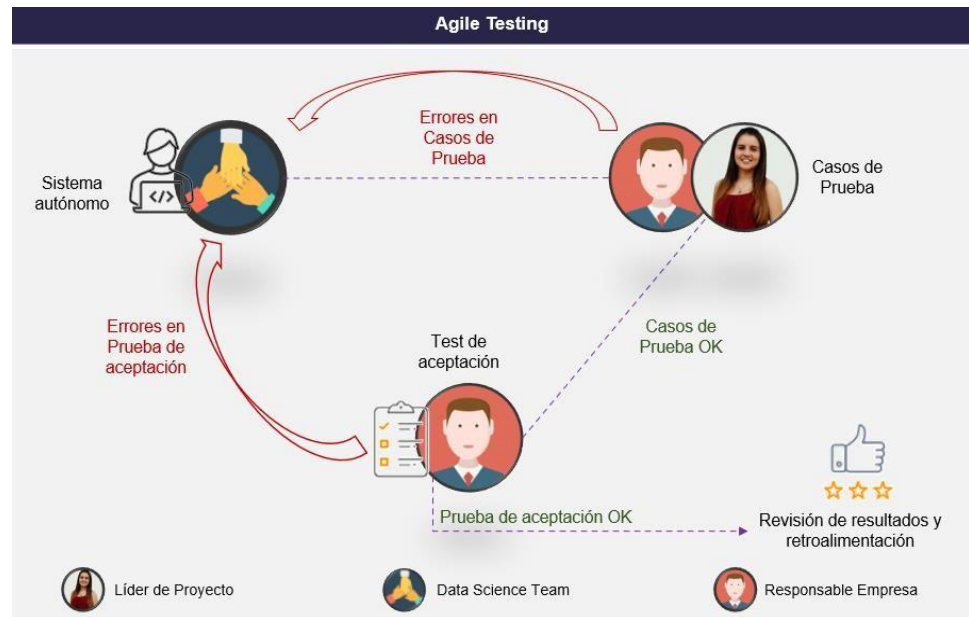


Figura 3.8. Marco de trabajo Agile Testing

Fuente: Elaboración propia

Una vez definido el marco de trabajo, se genera un flujo de actividades a realizar en el periodo de evaluación.

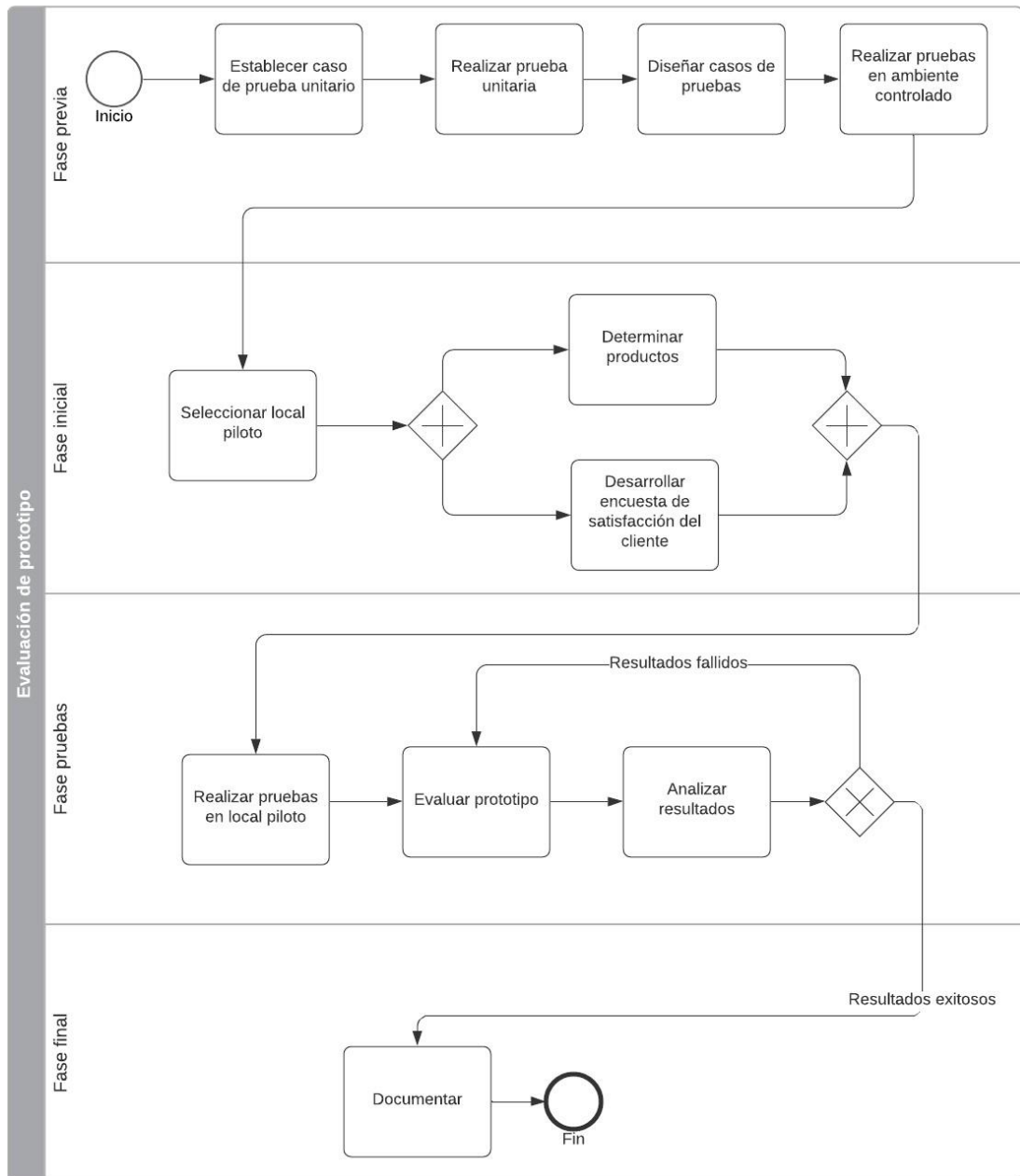


Figura 3.9. Flujo de actividades

Fuente: Elaboración propia

El flujo de actividades inicia con la fase previa, en la cual se diseñan los casos de prueba para evaluar el prototipo en un ambiente controlado, el cual se realiza en las instalaciones del departamento de Data Science de la empresa con la finalidad de minimizar los errores o novedades que se pueden presentar durante la fase de estabilización del sistema autónomo. Una vez finalizadas las

pruebas en el ambiente controlado, inicia la fase inicial del proyecto, en la cual se realiza un diagnóstico inicial de la empresa para seleccionar el local piloto y con esta información se establece el surtido objetivo de la sucursal y al mismo tiempo se desarrolla la encuesta de satisfacción de los clientes, para medir el nivel de servicio ofertado por el local.

Con la fase inicial concluida, da paso a la fase de pruebas, donde se procede al diseño de los casos de prueba a ser evaluados; junto con el responsable de la empresa se ejecuta la evaluación del prototipo para lograr recolectar los datos necesarios. Al realizar esta evaluación en un marco de trabajo ágil, permite ir analizando los resultados obtenidos diariamente e ir ajustando el prototipo de ser necesario; finalizando la de pruebas se documentan los resultados y se evalúan los riesgos de implementación.

Para la elaboración de los casos de prueba, se determinan las mediciones necesarias para evaluar el sistema, las cuales se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Mediciones a realizar

Categoría de prueba	Medición	Unidad	Instrumento	¿Dónde?	¿Por qué?
Recorrido y colisión	Tiempo de recorrido	Segundos	Cronómetro	Local – Ambiente Prueba	Determinar el tiempo que tarda el sistema autónomo en recorrer los pasillos del local piloto
	Colisiones	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambiente Prueba	Determinar la capacidad del sistema autónomo de detectar obstáculos en su recorrido
Detección	Imágenes recolectadas	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambiente Prueba	Determinar la cantidad de imágenes que captura el sistema autónomo
	Vacíos detectados	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambiente Prueba	Determinar la capacidad del sistema autónomo de detectar espacios vacíos en las perchas
	Vacíos reales	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambiente Prueba	Determinar la eficiencia del sistema autónomo de detectar espacios vacíos en las perchas
	Productos detectados	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambiente Prueba	Determinar la capacidad del sistema autónomo de detectar productos en las perchas

	Productos reales	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambient e Prueba	Determinar la eficiencia del sistema autónomo de detectar productos en las perchas
Identificación	Flejes	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambient e Prueba	Determinar la capacidad del sistema de leer los flejes de los productos
Notificación	Mensajes enviados	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambient e Prueba	Determinar la capacidad del sistema autónomo de enviar las notificaciones de alerta
	Mensajes enviados correctos	Unidades	Sistema archivos	Local – Ambient e Prueba	Determinar la efectividad del sistema autónomo de enviar las notificaciones de alerta en tiempo y forma correcto.

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las mediciones a realizar, se establecen las métricas a considerar en el marco de evaluación del proyecto en la Tabla 6.

Tabla 6. Marco de evaluación

Métrica	Ecuación	Interpretación
Tasa de recolección de imágenes	$Tasa = \frac{\text{Imágenes recolectadas}}{\text{Tiempo de recorrido}}$	Velocidad a la cual se recolectan las imágenes
Precisión de espacios vacíos	$Precisión = \frac{\text{Vacías reales}}{\text{Vacíos detectados}}$	Efectividad de detección de espacios vacíos
Precisión de productos	$Precisión = \frac{\text{Productos reales}}{\text{Productos detectados}}$	Efectividad de detección de productos

	<i>Productos detectados</i>	
Exactitud	$\text{Exactitud} = \frac{\text{Productos correctos}}{\text{Productos detectados}}$	Cantidad de productos identificados correctamente

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidas las métricas, el prototipo se evalúa la efectividad del sistema autónomo para detectar espacios vacíos en las perchas y enviar notificaciones en tiempo y forma correcto, además se evalúa contra un trabajador, es decir, se medirá la efectividad del sistema autónomo versus la del trabajador, para determinar si incrementa la precisión, exactitud y disminuye la tasa de recolección; es necesario conocer si se disminuyen los tiempos de reabastecimiento de productos e incrementa la disponibilidad de estos.

3.5 Diseño de casos de prueba

La metodología de Agile Testing abarca principios que se aplican al desarrollo ágil de software que permite ejecutar pruebas durante el desarrollo con la finalidad de reducir el tiempo en recibir retroalimentación del sistema a evaluar y realizar correcciones preventivas antes de la puesta en producción de un producto.

Para llevar a cabo las pruebas del prototipo, utilizamos la pirámide del testing con la finalidad de reducir al mínimo las pruebas funcionales manuales.

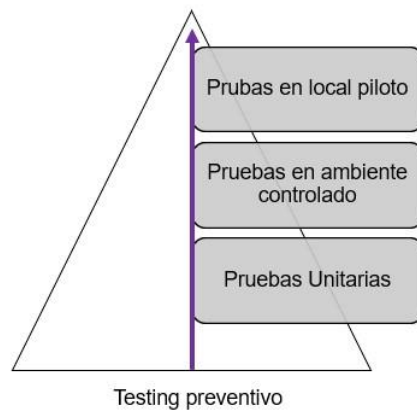


Figura 3.10. Fases de Testing exploratorio

Fuente: Elaboración propia

Se inicia con las pruebas unitarias desarrolladas para entrenar el sistema autónomo, seguido de las pruebas en el ambiente controlado para posteriormente realizar las pruebas en el local piloto.

Las pruebas unitarias permiten detectar inconvenientes en el desarrollo del sistema autónomo para poder solventarlos antes de las pruebas de calidad; dentro de estas pruebas se evalúa la capacidad del sistema de detectar productos en percha e identificarlo, se utiliza un algoritmo de redes neuronales convolucionales profunda para detección de objetos, el cual, dada una imagen, identifica los objetos que la componen y realiza un contraste con la Base de Datos y los asocia al producto correspondiente, esta red es entrenada con los datos de la empresa, una vez realizado este proceso, se contrastan los resultados obtenidos en las pruebas versus la realidad.

Tabla 7. Pruebas Unitarias

#	Input	Algoritmo	Output
1.	Captura de imagen de percha	Recortar productos	Recorta n productos de imagen
2.	Transporte de Datos	Transporte de datos	Imágenes en ordenados
3.	Detección de flejes	Detección de objetos	Imágenes de flejes
4.	Detección de ítems	Red neuronal de detección	Ítems
5.	Reconocimiento de textos	OCR precio, texto, código	Textos
6.	Emparejamiento de productos	Text Matching	Textos similares

Fuente: Elaboración propia

La prueba unitaria evalúa la parte fundamental del sistema autónomo, es decir, el flujo de inferencias.

1. Se realiza la captura de las imágenes de las perchas, la cual se realiza de manera síncrona durante el recorrido por los pasillos, es decir, el robot se detiene para capturar las imágenes. Y de manera asíncrona y distribuida se almacenan en los colectores de las cámaras UHD y 3D.
2. Se transportan los datos de los colectores al robot, cada imagen es almacenada localmente en los colectores y otro nodo se encarga de enviarlas por red hacia el ordenador, el cual posee un procesador gráfico más potente para realizar las inferencias.
3. Se realiza inferencias para detectar los flejes de cada imagen, el resultado son los datos para hacer boxing de cada fleje en la imagen.
4. Se ejecuta la detección de los ítems que componen el fleje, los cuales son precio, código y descripción. Se entrena una red

neuronal para detectar estos ítems en cada fleje, este proceso también entrega como resultado boxing de los ítems en cada imagen. Previamente se pasan por un filtro para eliminar ítems que hayan sido detectados dos veces en la misma imagen (considerando que en cada fleje es imposible tener dos o más precios, códigos o descripciones).

5. Los ítems son recortados de la imagen del fleje y luego son leídos con ayuda del OCR.
6. Para realizar la identificación de los productos o espacios vacíos, se emplea un algoritmo de text matching, se utiliza el texto leído de la descripción de fleje, el código y el precio para encontrar la mejor coincidencia posible de productos.
7. Finalmente se obtiene la reportaría, encontrado el producto y los datos con ayuda del emparejamiento, se usa otro dato (pvp) y se válida el precio leído en el fleje. En caso de ser el mismo, el producto ha sido validado. Si el precio es diferente se etiqueta como fallo y se almacena para reportarlo.

A continuación, se presenta el fleje de los productos con los respectivos ítems que lo componen y sobre los cuales se realiza la identificación.



Figura 3.11. Fleje de productos e ítems

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la precisión del sistema robótico autónomo sobre la tarea de encontrar espacios vacíos en las góndolas, identificar el producto y notificar a los trabajadores del local se diseñan casos de prueba, los cuales especifican las condiciones y variables bajo las cuales se determinará la efectividad del sistema autónomo a evaluar.

Se elaboran casos de prueba para evaluar tanto en un ambiente controlado con la finalidad de conocer las funcionalidades del sistema autónomo con el objetivo de realizar ajustes como en el local piloto para conocer el comportamiento del sistema autónomo en un ambiente real.

Se detallan a continuación los casos de prueba:

- **Caso de Prueba 1**

Para la ejecución de este caso se inicia con el mapeo del lugar en el cual se realizarán las pruebas, se definen los pasillos a recorrer en función de las categorías de producto de interés, se importante

señalar que los productos se ubican en las góndolas de acuerdo con la categoría a la que pertenecen para evitar la contaminación cruzada y tener un mejor control sobre los mismos.

Tabla 8. Caso de Prueba 1 - Detectar obstáculos

Título	1. Detectar obstáculos
Categoría	Recorrido y colisión
Actores	Perchas, Sistema autónomo Obstáculos
Descripción	Sistema autónomo recorre los pasillos, detecta obstáculos y los evade.
Evento	Detectar y evadir obstáculos (personas, columnas, material publicitario)
Escenario Principal	Acciones
	1.1. Recorrer pasillos
	1.2. Detectar obstáculos en el camino.
	1.3. Evadir obstáculos.
1.4. Determinar nueva ruta.	
Requerimiento especial	Conexión inalámbrica para los ordenadores del sistema autónomo
Asunciones	Se asume que el robot posee batería a su máxima carga
Pre-condiciones	Pasillos con obstáculos (se realiza pruebas con: personas, columnas y material publicitario)
Poscondiciones	
Interfaz de usuario	Informe de colisiones recibido a correo electrónico.

Fuente: Elaboración propia

Caso de Prueba 2

Para la ejecución de este caso de prueba inicialmente se define lo que significa un espacio vacío; las góndolas de la empresa minorista constan de 9 bandejas, en la parte inferior se encuentra la bandeja base con una profundidad de 40 cm y 8 bandejas superiores de 30 cm.

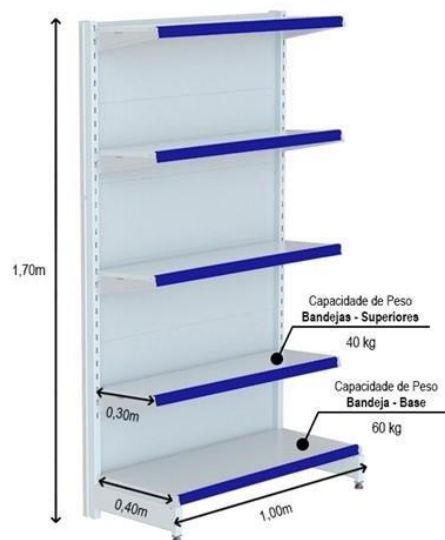


Figura 3.12. Dimensiones de góndola empresa minorista

Fuente: fgsequipamento.com.br

El sistema autónomo se coloca a una distancia de 15 cm de la góndola y se definen parámetros para determinar un espacio vacío o falta de stock; en las bandejas superiores se define 30 cm la distancia mínima que debe existir entre el producto y el sistema

• autónomo para considerarlo no considerarlo faltante, mientras que en la bandeja base se define 40 cm.

Se capturan las imágenes de las góndolas mediante las cámaras del sistema autónomo y se procede a la medición de distancias que existe hacia cada producto ubicado en las bandejas.

Tabla 9. Caso de Prueba 2 - Detectar producto o espacio vacío

Título	1. Detectar el producto o espacio vacío
Categoría	Detección
Actores	Productos Perchas Sistema autónomo
Descripción	Sistema autónomo recorre los pasillos, captura imágenes de las góndolas e identifica el producto asociado a la imagen, permite inferir si la imagen corresponde a un espacio vacío o un producto.
Evento	Inspeccionar góndolas
Escenario Principal	Acciones
	1.1. Recorrer pasillo
	1.2. Capturar imágenes de las góndolas.
	1.3. Detectar productos o espacios vacíos
Flujos Alternativos	Acciones
Requerimiento especial	Conexión inalámbrica para los ordenadores del sistema autónomo
Asunciones	Se asume que el robot posee batería a su máxima carga
Precondiciones	Cámara siempre orientada hacia el objetivo, para capturar buenas imágenes.
Poscondiciones	

Interfaz de usuario	Archivo de contraste de imágenes recibido a correo electrónico.
----------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

Caso de Prueba 3

Tabla 10. Caso de Prueba 3 – Identificar Productos

Título	Identificación de productos
Categoría	Identificación
Actores	Productos Perchas Sistema autónomo
Descripción	Sistema autónomo recorre los pasillos del local, captura imágenes de las góndolas e identifica el producto de la imagen en contraste con los flejes de las góndolas.
Evento	Identificación de productos OCR
Escenario Principal	Acciones
	Recolectar imágenes de las góndolas.
	Identifica los productos exhibidos en función de los flejes situados en la parte inferior izquierda del mismo. (OCR etiqueta)
	Calificar la identificación del producto
	Producto identificado vs no identificado
Flujos Alternativos	Acciones
Requerimiento especial	Previo entrenamiento de redes neurales para identificación de flejes (etiquetas) empleadas en la cadena minorista.
Asunciones	Algoritmo funcional
Pre-condiciones	
Poscondiciones	

•

Interfaz usuario	de	Reportería de coincidencias
-----------------------------	-----------	-----------------------------

Fuente: Elaboración propia

•
Caso de Prueba 4

Tabla 11. Caso de Prueba 4 – Recorrido circular

Título	Recorrido y detección
Categoría	Detección
Actores	Productos Perchas Sistema autónomo
Descripción	Sistema autónomo recorre los pasillos, captura imágenes de las góndolas e identifica el producto asociado a la imagen, permite inferir si la imagen corresponde a un espacio vacío o un producto, se modifican ubicaciones de productos y se repite el recorrido.
Evento	Determinar tiempo que tarda el sistema autónomo en realizar un recorrido circular
Escenario Principal	Acciones
	Inicia ruta de recorrido
	Recorre pasillos
	Finaliza ruta de recorrido
Flujos Alternativos	Acciones
Requerimiento especial	Conexión inalámbrica para los ordenadores del sistema autónomo
Asunciones	Se asume que el robot posee batería a su máxima carga
Precondiciones	Se vacían perchas y se modifican ubicaciones de productos para recorrido número 2
Poscondiciones	
Interfaz de usuario	Archivo de contraste de imágenes recibido a e-mail.

Fuente: Elaboración propia

•

Caso de Prueba 5

Tabla 12. Caso de Prueba 5 – Envío de notificaciones

Título	Envío de notificaciones
Categoría	Notificación
Actores	Productos Perchas Sistema autónomo
Descripción	Sistema autónomo recorre los pasillos del local, captura imágenes de las góndolas, detecta espacios vacíos, identifica producto y envía notificación de reabastecimiento.
Evento	Envío de notificaciones
Escenario Principal	Acciones
	Procesar imágenes y datos
	Creación de reporte
	Envío de notificación
Flujos Alternativos	Acciones
Requerimiento especial	Tener conexión a internet
Asunciones	
Precondiciones	Usuario destino del correo exista

Poscondiciones	
Interfaz de usuario	Reportaría de alertas en plataforma de BI de la cadena minorista

Fuente: Elaboración propia

Los casos de prueba que se evalúan en el local piloto se ejecutan en dos rangos horarios, el primera en horario normal, es decir, sin mucha afluencia de clientes y el segundo en horas pico, horario con alto número de afluencia de clientes, con el objetivo de probar el rendimiento y comportamiento del sistema autónomo bajo distintas condiciones, en la Tabla 13. se detalla el horario de evaluación.

Tabla 13. Horario de Evaluación en local piloto

Horario	Rango Horario
Normal	2pm – 3:30pm
Pico	6pm – 7:30pm

Fuente: Elaboración propia

Además, para determinar la precisión, exactitud y sensibilidad del sistema autónomo, se emplea la matriz de confusión en los casos de prueba 2 y 3, la cual es una herramienta que permite visualizar el desempeño de los algoritmos de aprendizaje supervisado. Cada columna de la matriz representa el número de predicciones para cada categoría, y cada fila representa una instancia en la categoría

- real, es decir, nos permite ver qué tipos de aciertos y errores tiene nuestro modelo para completar el proceso de aprendizaje con datos. [22]

En la Figura 3.13. se presenta la matriz de confusión y sus métricas.

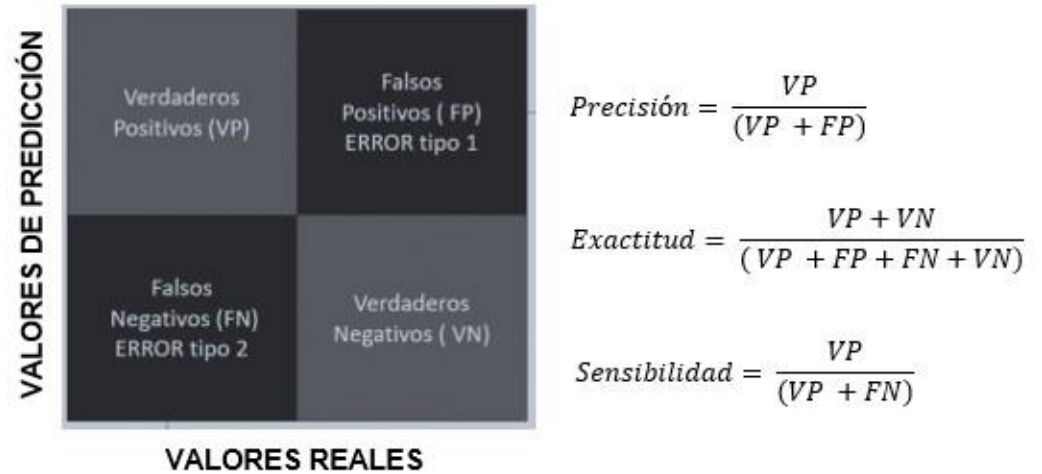


Figura 3.13. Matriz de Confusión y métricas

Fuente: Elaboración propia

También, se realiza una evaluación del sistema autónomo versus un trabajador operativo del local para contrarrestar la efectividad de este, para realizarlo, se definen los flujos de proceso del colaborador y del sistema autónomo.

El flujo de proceso de reposición de productos del trabajador operativo inicia con el recorrido de pasillos, revisa los espacios vacíos e identifica faltantes, se dirige al computador del local para verificar stock disponible, localiza el stock en la bodega y repone en las perchas.

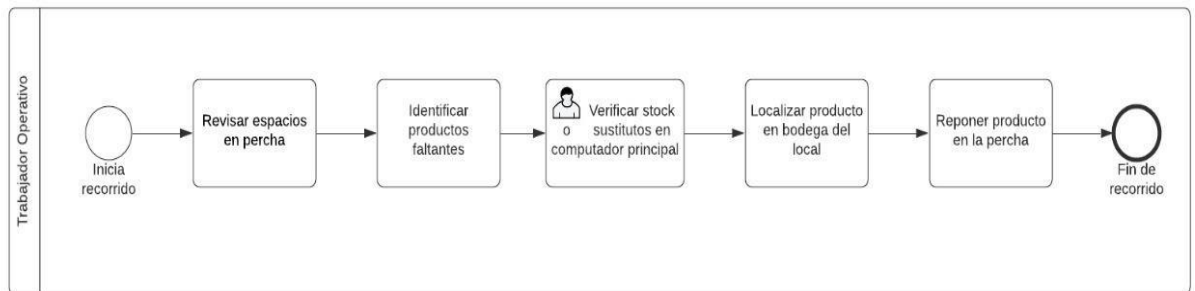


Figura 3.14. Flujo de proceso trabajador operativo

Fuente: Elaboración propia

El flujo detallado en la Figura 3.18. es repetitivo, es decir, el trabajador operativo continuamente se encuentra realizando el proceso de reposición detallado, además de cumplir con sus demás actividades.

En la Figura 3.19. se detalla el flujo de proceso del sistema autónomo, el cual inicia con el recorrido por los pasillos, revisión de perchas, identificación faltantes y notificación al trabajador para la reposición, luego el trabajador recibe esa notificación y continúa con la reposición de productos.

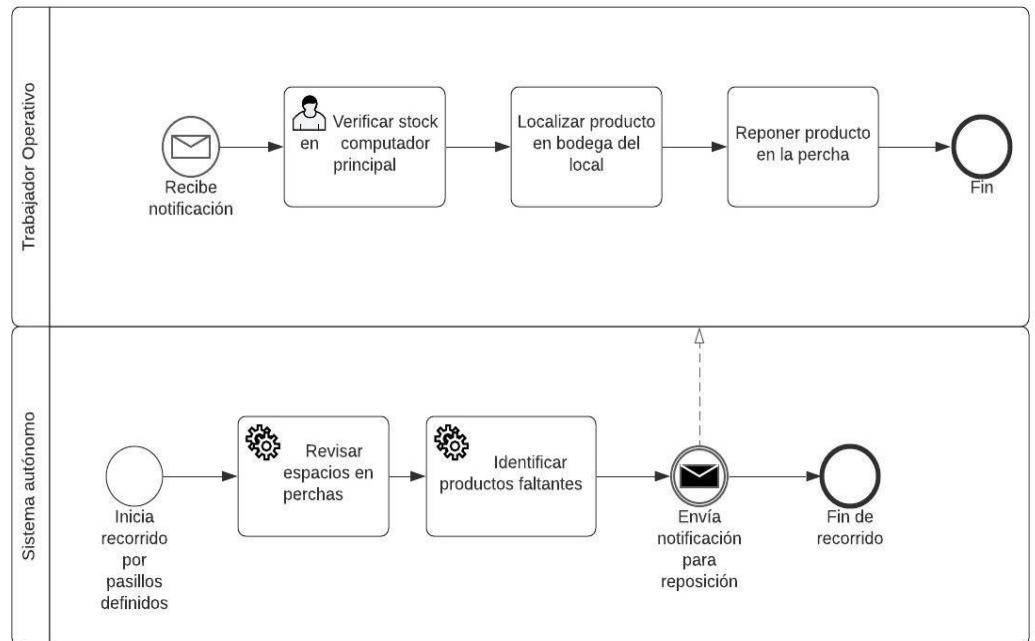


Figura 3.15. Flujo de proceso sistema autónomo

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo la evaluación del sistema autónomo versus el trabajador operativo, se realiza un formato de recolección de datos para evaluar el sistema autónomo en comparación con la eficiencia de un trabajador operativo; la evaluación se realiza con un mismo trabajador ejecutando de manera independiente los dos flujos definidos anteriormente. En la Tabla 14. se puede apreciar el formato de recolección de datos.

Tabla 14. Formato de recolección de datos

	Tiempo de recolección de datos de productos sin stock	Identificación de productos	Tiempo de envío de notificación	Revisión de stock en computador	Reposición de productos en percha	Tiempo Total de ejecución
Sistema autónomo						
Trabajador Operativo						
Diferencia						
Desviación (%)						

Fuente: Elaboración propia

Mediante el uso de este formulario se procede a levantar información acerca de los resultados que se obtienen en la evaluación del prototipo.

Además, se realizan toma de fotos y se generan los resultados de manera manual para estas tomas, para luego procesar los mismos resultados por el algoritmo incluido en el robot y contrastar los resultados.

Una vez desarrollados y documentados los casos de prueba se convierten en un activo que permite al equipo de pruebas continuar realizando cambios y mejoras al prototipo en el futuro de una manera rápida y eficiente.

Se efectuará un informe con los riesgos, defectos, inconvenientes y ventajas encontradas durante el testing exploratorio.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en las pruebas unitarias y en los casos de prueba del sistema autónomo, además del contraste en comparación con un colaborador del local piloto. Se detalla el análisis de riesgo realizado y el plan de implementación.

4.1 Resultados de Prueba Unitaria

Las pruebas unitarias son parte de la metodología ágil para la evaluación del prototipo, las cuales implican aislar un fragmento de código y verificar que funcione perfectamente, estas pequeñas pruebas verifican el comportamiento y la lógica del objeto y generalmente se llevan a cabo durante la fase de desarrollo con la finalidad de ahorrar tiempo y dinero antes de iniciar las pruebas en un piloto.

En la Figura 4.1. se muestra como el sistema autónomo captura las imágenes de las góndolas; la percha es dividida en tres secciones para lograr una mejor lectura de los flejes.



Figura 4.1. Captura de imágenes por secciones

La prueba se realizó en un ambiente de laboratorio, donde realizó 68 fotos de las góndolas, las cuales representan a 204 capturas de las secciones; de estas imágenes se detectan 1,372 flejes y se descartan 600 por estar repetidos. De los 772 flejes detectados realmente, 770 son posibles de leer por el algoritmo, es decir, el 99.74%.

Tabla 15. Actividades realizadas en prueba unitaria

Actividad	Cantidad
Capturas de imágenes	68
Tiempo de recorrido	57min
Imágenes de secciones	204
Flejes detectados	1,372
Descartados	600
Flejes a analizar	772
Posibles de leer	770
Desvío	99.74%
Tasa de recolección	14 imágenes /min

Fuente: Elaboración propia

De los 770 flejes, en 751 es posible leer correctamente el precio, en 733 la descripción y en 769 el código del producto, de los flejes leídos, 597 fueron detectados correctamente en precio descripción y código, es decir, el 85.32%.

Tabla 16. Errores en la lectura de flejes

ítems	Cantidad	Error
Flejes	770	--
Precio	751	2.47%
Descripción	733	4.81%
Código	769	0.13%
Precio, Descripción, Código	657	14.68%

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos, se emplea el Algoritmo Levenshtein para cada uno de los ítems del fleje, el cual es una métrica de cadena que permite medir la similitud entre dos textos para realizar el contraste con la Base de Datos de la empresa e identificar el producto correspondiente a cada fleje.

El cual presenta un error de solo el 7.63% por lo que la prueba es aceptada por el equipo de desarrollo de la empresa y se da paso a la fase de pruebas en el ambiente controlado.

En la Figura 4.2. se puede observar la identificación de los flejes en las góndolas, así como la detección de los ítems.



Figura 4.2. Imágenes de flejes en las góndolas

Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que los productos empleados para las pruebas son los de las categorías de interés, comestibles y perfumería, por lo que la Base de Datos utilizada esta segmentada.

4.2 Resultados de Casos de Prueba

Para la evaluación del sistema autónomo se realizan cinco casos de prueba tanto en un ambiente controlado como en el local piloto,

las cuales determinen si su comportamiento y resultados es aceptable o no para la cadena minorista.

4.2.1 Caso de Prueba 1 – Detectar obstáculos

Para realizar este caso de prueba, se inicia con el mapeo del espacio físico tanto del ambiente controlado como del local piloto con el objetivo de que el sistema autónomo identifique los pasillos a recorrer.

En la Figura 4.3. se visualiza el sistema autónomo realizando el mapeo del ambiente controlado.

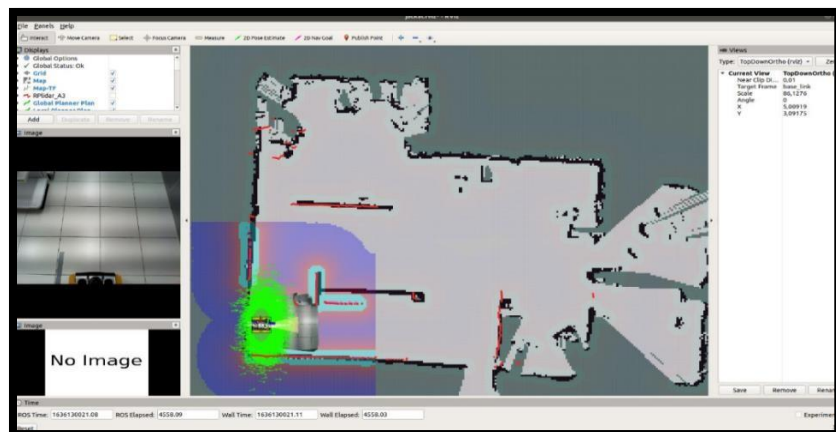


Figura 4.3. Mapeo de ambiente controlado

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el mapeo, se procede con la inserción de obstáculos para realizar las pruebas correspondientes, las cuales se realizan durante 20 días; se registran 40 pruebas durante el periodo de tiempo y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 17. Resultados Caso de Prueba 1 ambiente controlado

Actividad	Cantidad
Cantidad de Pruebas	40

Cantidad de pasillos recorridos	280
Cantidad de obstáculos	210
Cantidad de detecciones	192
Cantidad de colisiones	18
Porcentaje de detección	91.43%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.4. se aprecia la evolución diaria de los resultados de las pruebas, se colocan un total de 210 obstáculos en los pasillos durante el periodo de pruebas, de los cuales 192 de ellos se detectaron correctamente, es decir, el 91.43% de los obstáculos.

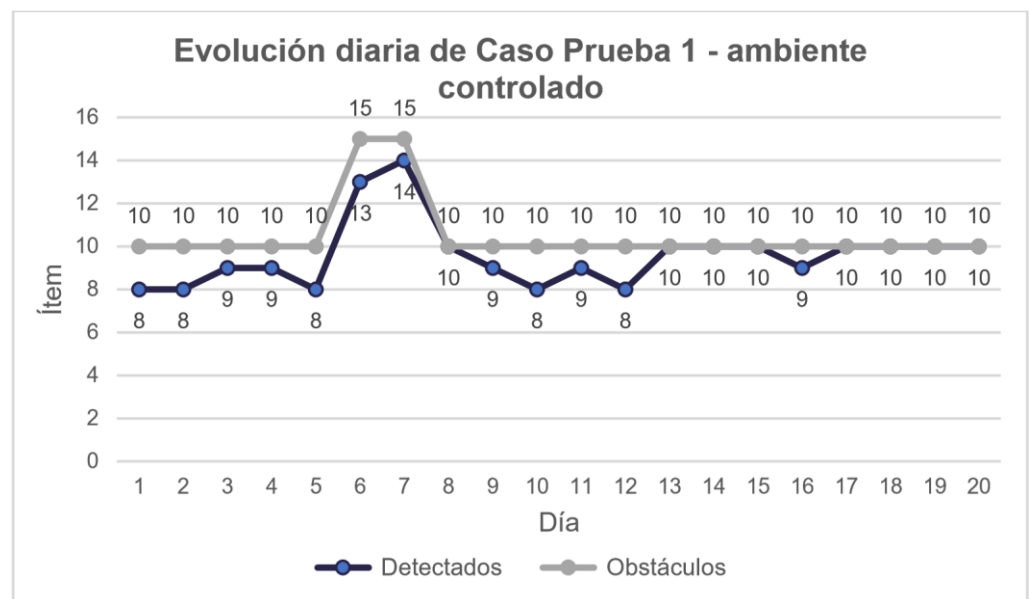


Figura 4.4. Evolución diaria de Caso de Prueba 1 ambiente controlado

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18. se visualiza el detalle de los obstáculos colocados, donde se aprecia que los obstáculos tipo personas es el porcentaje de detección más bajo, esto se debe al movimiento, las columnas se detectaron en un 94.44% y el

material publicitario de marketing que se coloca en las góndolas se detectó en un 91.54%. Con estos resultados, el caso de prueba 1 en el ambiente controlado se da por aceptado.

Tabla 18. Obstáculos colocados en ambiente controlado

Obstáculos	Cantidad	Detectados	Porcentaje de detección
Personas	44	39	88.64%
Columnas	36	34	94.44%
Material Publicitario	130	119	91.54%
Total	210	192	91.43%

Fuente: Elaboración propia

Se realiza de manera similar la evaluación del sistema autónomo en el local, en los dos rangos de horarios establecidos para comprobar la eficiencia del sistema autónomo en distintas condiciones. En la Figura 4.5. se aprecia el sistema autónomo en el local piloto listo para iniciar el mapeo de este, se identifica los pasillos que debe recorrer el sistema autónomo de acuerdo con la ubicación de las categorías de productos definidas anteriormente, esto permite una mayor velocidad en el recorrido por áreas que no son de interés para el estudio.

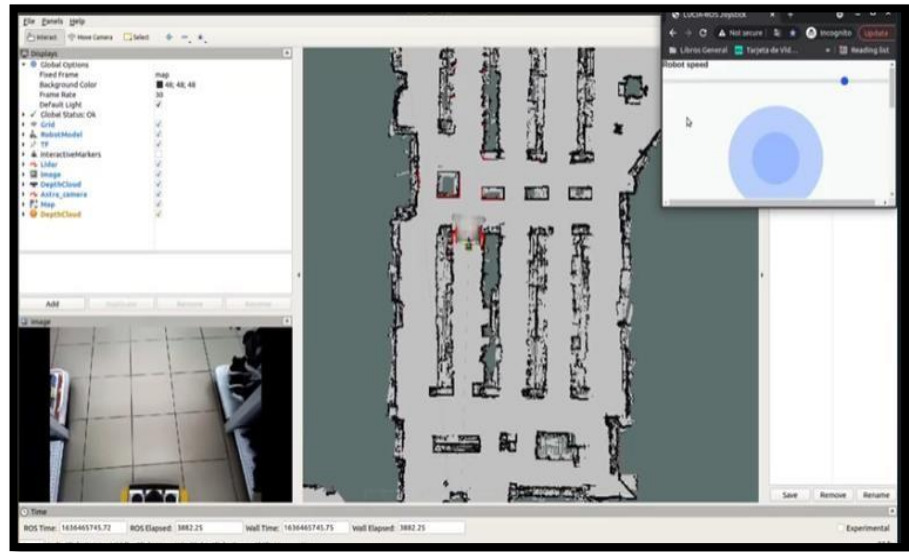


Figura 4.5. Mapeo de local

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas se realizan durante 45 días en los dos horarios, es decir, se ejecutan 90 pruebas para este caso, en las cuales se obtiene que en el horario normal se detectan el 91.40% de los obstáculos, mientras que en las horas pico el porcentaje de detección es de 89.54%, es decir, disminuye un 1.85%, esto se debe a que al existir más afluencia de personas en los pasillos el sistema autónomo al tratar de no colisionar con los obstáculos, toma una nueva ruta y colisiona con un objeto no previsto y ocasiona una menor cantidad de pasillos recorridos.

Tabla 19. Resultados Caso de Prueba 1 en local piloto

Actividad	Cantidad	
	Hora normal	Hora pico
Cantidad de Pruebas	45	45
Cantidad de pasillos recorridos	315	225

Cantidad de obstáculos	1,639	2,018
Cantidad de detecciones	1,498	1,807
Cantidad de colisiones	141	211
Porcentaje de detección	91.40%	89.54%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.6. se muestra la evolución diaria del caso de prueba 1 en el local piloto en el horario normal.

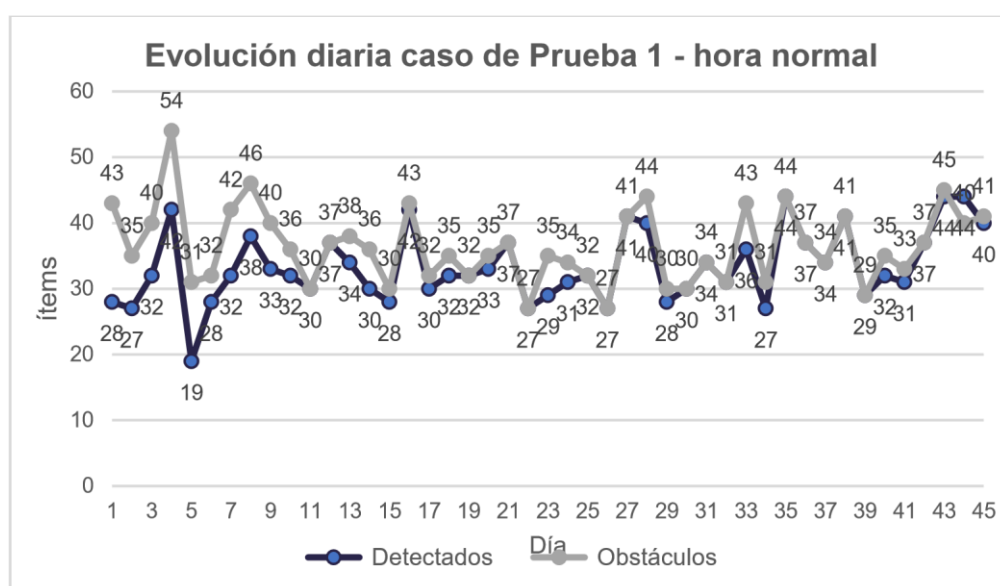


Figura 4.6. Evolución caso de prueba 1 local piloto – hora normal

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.7. se muestra la evolución diaria del caso de prueba 1 en el local piloto en el horario pico.

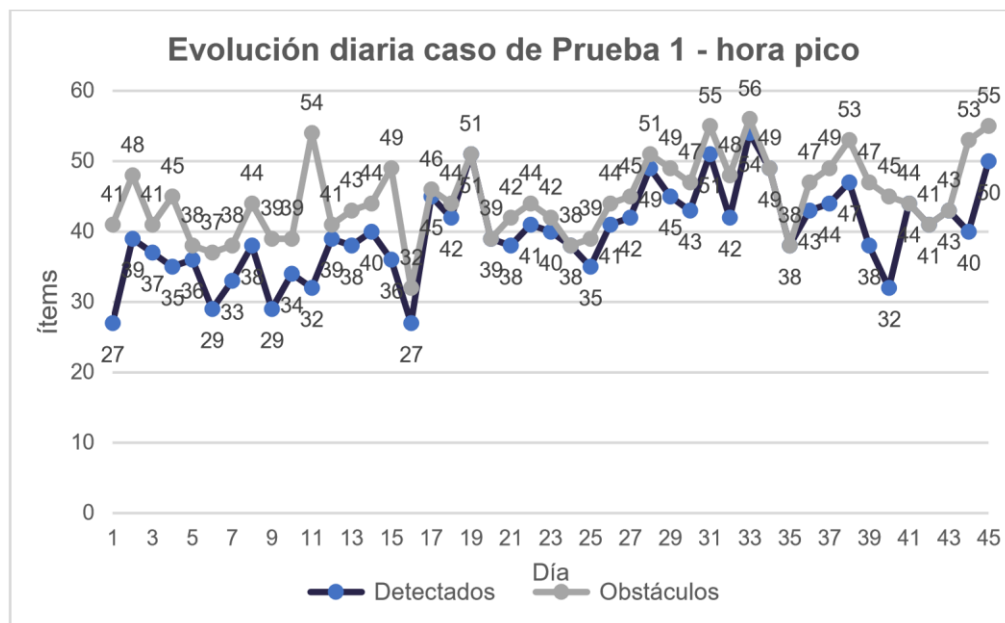


Figura 4.7. Evolución caso de prueba 1 local piloto – hora pico

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20. se detallan la cantidad de obstáculos existentes, detectados y el porcentaje de detección. Se puede apreciar que la cantidad de obstáculos en la hora pico son menores a los de la hora normal, esto se debió a la disminución de pasillos recorridos debido a que el número de personas aumentó y el sistema autónomo se detuvo en varias ocasiones. Con estos resultados, el caso de prueba 1 en el local piloto se da por aceptado.

Tabla 20. Obstáculos en local piloto

Obstáculos	Cantidad		Detectados		Porcentaje de detección	
	Hora normal	Hora pico	Hora normal	Hora pico	Hora normal	Hora pico
Personas	205	418	189	370	92.20%	88.52%
Columnas	79	71	73	68	92.41%	95.77%

Material Publicitario	1,355	1,529	1,236	1369	91.22%	89.54%
Total	1,639	2,018	1,498	1,807	91.40%	89.54%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Caso de Prueba 2 – Detectar producto o espacio vacío

Para realizar las pruebas en el ambiente controlado, se colocan una variedad de productos de las categorías de interés (comestibles y perfumería) en las góndolas, además de dejar espacios vacíos en la misma, es importante señalar que los productos son colocados hacia lo ancho de la bandeja para la exhibición y no se colocan productos en la profundidad debido a que el sistema autónomo realiza las mediciones de proximidad solo con el primer objeto detectado; las pruebas se realizan en paralelo al caso de prueba 1, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Resultados Caso de Prueba 2 en ambiente controlado

Actividad	Cantidad
Cantidad de Pruebas	40
Cantidad de Góndolas	4
Cantidad de productos (artículos)	8,100
Cantidad de espacios vacíos	1,085
Cantidad de productos detectados	7,689
Cantidad de espacios detectados	970
Precisión de productos detectados	94.93%
Precisión de espacios detectados	89.40%

Fuente: Elaboración propia

En el ambiente controlado se cuenta con 4 góndolas, en las cuales se colocaron 8,100 productos en total y se dejaron 1,085

espacios vacíos durante el periodo de evaluación, el sistema autónomo detectó 7,689 productos lo que representa el 94.93% y 970 espacios vacíos que representan el 89.40% del total. En la Figura 4.8. se muestra la cantidad de productos o vacíos versus la cantidad en la que se detectaron, es decir, la evolución diaria de los resultados obtenidos en el caso de prueba 2 del ambiente controlado.

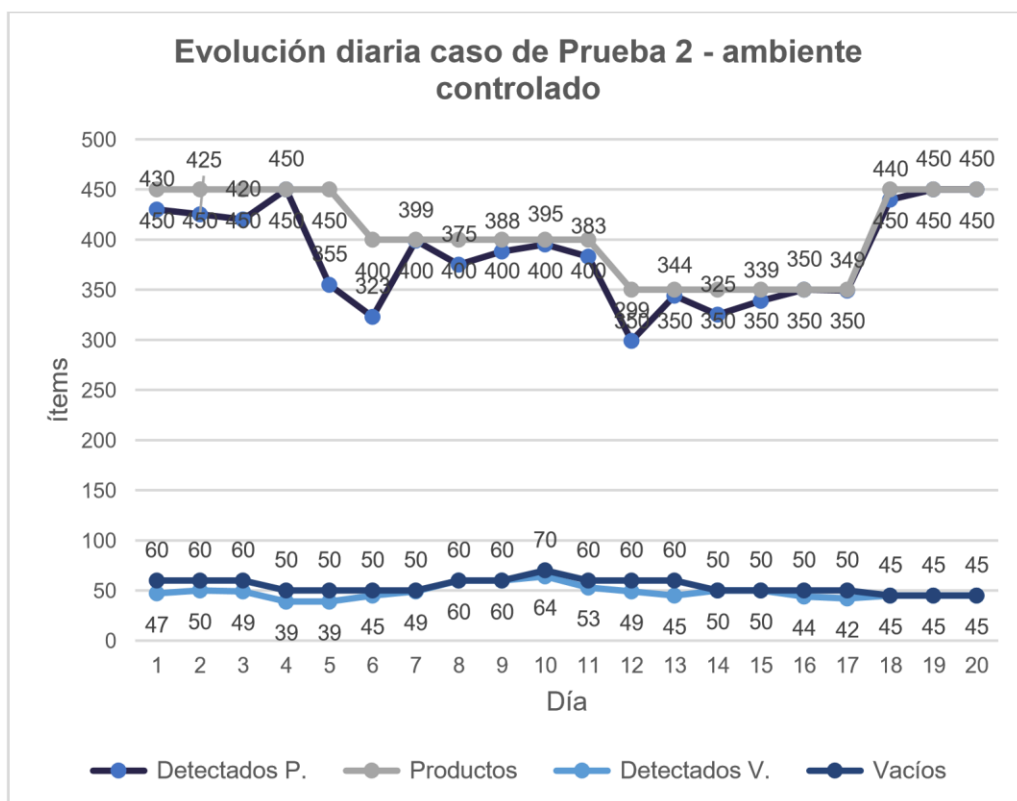


Figura 4.8. Evolución Caso de prueba 2 ambiente controlado

Fuente: Elaboración propia

Para las pruebas en el ambiente controlado se utilizó 230 productos diferentes de las categorías de comestibles y perfumería, a continuación, se detalla el nivel de detección para

cada una de las subcategorías evaluadas durante el periodo de pruebas.

Tabla 22. Porcentaje de detección de productos

Categoría	Departamento	Clase	Productos únicos	% Detección
COMESTIBLES	PASTELERIA EN GOLOSINAS	CAKES TORTAS Y MASAS	4	98.50%
COMESTIBLES	BEBIDAS ALCOHOLICAS	VINOS DE MESA	5	98.40%
COMESTIBLES	BEBIDAS ALCOHOLICAS	VINOS VARIETALES	4	98.25%
COMESTIBLES	DESAYUNO	CEREALES PARA EL DESAYUNO	6	98.17%
COMESTIBLES	BEBIDAS NO ALCOHOLICAS	GASEOSAS	4	98.00%
PERFUMERÍA	CUIDADO DE BEBES	PANALES DE BEBES	4	97.75%
COMESTIBLES	BEBIDAS ESPECIALES	BEBIDAS EN CARTON UHT	5	97.60%
COMESTIBLES	BEBIDAS LACTEAS	BEBIDAS LACTEAS CARTON	5	97.60%
PERFUMERÍA	HIGIENE BANO	PAPEL HIGIENICO	7	97.43%
COMESTIBLES	LACTEOS NO REFRIGERADOS	LECHE CARTON UHT	5	97.40%
COMESTIBLES	BEBIDAS ALCOHOLICAS	ESPUMANTE	4	97.00%
COMESTIBLES	ALIMENTO PARA MASCOTAS	ALIMENTO PARA OTRAS MASCOTAS	2	96.50%
COMESTIBLES	ALIMENTO PARA MASCOTAS	ALIMENTO PARA PERROS	4	96.00%
COMESTIBLES	DESAYUNO	INFUSIONES	5	96.00%
PERFUMERÍA	ELECTRODOMESTICOS PEQUENOS PARA EL HOGAR	AUXILIARES ELECTRICOS PARA EL HOGAR	4	95.25%
PERFUMERÍA	CUIDADO DE SUPERFICIES	LIMPIADORES LIQUIDOS	5	95.00%
PERFUMERÍA	CUIDADO CAPILAR	ACONDICIONADOR	4	94.25%
COMESTIBLES	BEBIDAS ALCOHOLICAS	CERVEZAS	5	94.00%
PERFUMERÍA	HIGIENE COCINA	LIMPIADORES DE COCINA	4	93.75%
PERFUMERÍA	HIGIENE COCINA	IMPLEMENTOS HIGIENE DE COCINA	7	93.57%
COMESTIBLES	BEBIDAS NO ALCOHOLICAS	AGUAS	5	93.20%
PERFUMERÍA	CUIDADO CORPORAL	CREMAS HIDRATANTES	4	91.75%
PERFUMERÍA	LAVADO Y CUIDADO DE LA ROPA	LAVADO DE ROPA	4	91.50%
COMESTIBLES	LACTEOS NO REFRIGERADOS	BEBIDAS SABORIZADAS	5	91.40%
COMESTIBLES	ACEITES Y GRASAS	ACEITES	5	91.20%

COMESTIBLES	SNACKS	CHIFLES Y MADUROS	2	88.50%
COMESTIBLES	PASTAS SECAS	FIDEOS	4	88.50%
COMESTIBLES	BEBIDAS ALCOHOLICAS	WHISKY	4	87.25%
PERFUMERÍA	CUIDADO DE SUPERFICIES	LIMPIADORES HOGAR	5	87.20%
COMESTIBLES	LACTEOS	AVENAS	3	86.67%
PERFUMERÍA	HIGIENE BANO	LIMPIADORES DE BANO	5	86.60%
PERFUMERÍA	CUIDADO CAPILAR	SHAMPOO	4	86.25%
PERFUMERÍA	CUIDADO DEL AMBIENTE	PLAGUICIDAS DOMESTICOS	5	86.20%
COMESTIBLES	BEBIDAS ALCOHOLICAS	COCTELES	5	86.20%
PERFUMERÍA	CUIDADO DE SUPERFICIES	LIMPIADORES EN POLVO	5	86.00%
COMESTIBLES	BEBIDAS ALCOHOLICAS	DESTILADAS	4	85.00%
COMESTIBLES	HARINAS Y COLADAS	HARINAS	3	83.33%
PERFUMERÍA	CUIDADO INTIMO	INCONTINENCIA	2	82.50%
COMESTIBLES	GRANOS	GRANOS	4	81.75%
PERFUMERÍA	HIGIENE COCINA	LAVAVAJILLAS	4	80.75%
COMESTIBLES	BEBIDAS NO ALCOHOLICAS	JUGOS Y TE	4	80.25%
COMESTIBLES	GRANOS	ARROZ	5	80.00%
COMESTIBLES	PASTELERIA EN GOLOSINAS	POSTRES Y DULCES	5	80.00%
COMESTIBLES	BEBIDAS LACTEAS	BEBIDAS LACTEAS FUNDA	5	80.00%
COMESTIBLES	DESAYUNO	CAFÉ	4	79.75%
COMESTIBLES	DESAYUNO	CHOCOLATES	4	79.75%
PERFUMERÍA	CUIDADO INTIMO	PROTECCION INTIMA	2	78.00%
COMESTIBLES	LACTEOS NO REFRIGERADOS	BEBIDAS SABORIZADAS	2	77.50%
PERFUMERÍA	CUIDADO INTIMO	PROTECCION FEMENINA	2	77.00%
COMESTIBLES	LECHE EN POLVO	LECHE EN POLVO REGULAR	2	77.00%
PERFUMERÍA	CUIDADO ORAL	CREMAS DENTALES	2	75.00%
COMESTIBLES	BEBIDAS NO ALCOHOLICAS	BEBIDAS NO ALCOHOLICAS SABORIZADAS	2	74.50%
COMESTIBLES	GALLETAS	WAFFER	2	71.50%
COMESTIBLES	ALIMENTO PARA MASCOTAS	ALIMENTO PARA GATOS	2	70.00%
PERFUMERÍA	CUIDADO CORPORAL	TALCO	2	66.50%
PERFUMERÍA	CUIDADO CORPORAL	JABONES	2	64.50%
COMESTIBLES	PASTELERIA EN GOLOSINAS	BIZCOTELAS Y BOCADITOS	2	64.50%
PERFUMERÍA	CUIDADO DE BEBES	PERFUMERIA BEBE	2	63.00%
COMESTIBLES	LECHE EN POLVO	LECHE EN POLVO INFANTIL	2	62.00%
COMESTIBLES	CONFITES	VARIETADES DE CONFITES	2	57.00%

Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que las bebidas de cartón uht, se detectaron en el 100% de las pruebas, mientras que la variedad de confites solo el 57%, esto se debe al tipo de empaque empleado para estos productos, lo que dificulta una detección más precisa.

Con estos resultados, el caso de prueba 2 en el ambiente piloto se da por aceptado. En la Figura 4.9. se puede apreciar la ejecución de las pruebas.

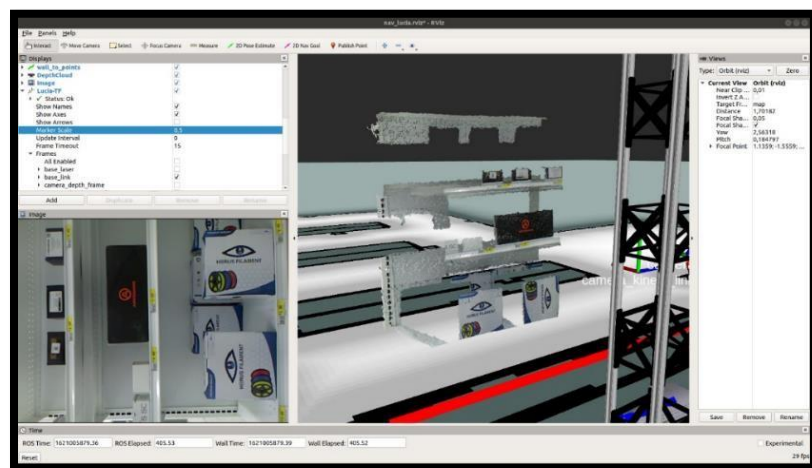


Figura 4.9. Ejecución Caso de Prueba 2 en ambiente controlado

Fuente: Elaboración propia

En el local piloto se ejecuta el mismo caso de prueba en los dos horarios establecidos en paralelo al caso de prueba 1 y se obtienen que en horario normal el 92.55% de los productos del frente de la góndola fueron detectados de manera satisfactoria y se detectaron el 90.77% de los quiebres o espacios vacíos.

Mientras que en el horario pico, se detectan con precisión 90.05% de los productos y el 90.19% de los espacios vacíos; la disminución del acierto es considerado normal debido al mayor

número de tráfico de personas en los pasillos, lo que ocasiona que el sistema autónomo se detenga en varias ocasiones y no recorra todos los pasillos censando las góndolas.

Tabla 23. Resultados Caso de Prueba 2 en local piloto.

Actividad	Cantidad	
	Hora normal	Hora pico
Cantidad de Pruebas	45	45
Cantidad de Góndolas	26	26
Cantidad de productos (artículos)	207,350	200,033
Cantidad de espacios vacíos	17,806	20,280
Cantidad de productos detectados	191,897	180,133
Cantidad de espacios detectados	16,162	18,291
Precisión de productos detectados	92.55%	90.05%
Precisión de espacios vacíos detectados	90.77%	90.19%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.10. se puede visualizar la evolución diaria de los resultados obtenidos en el horario normal.

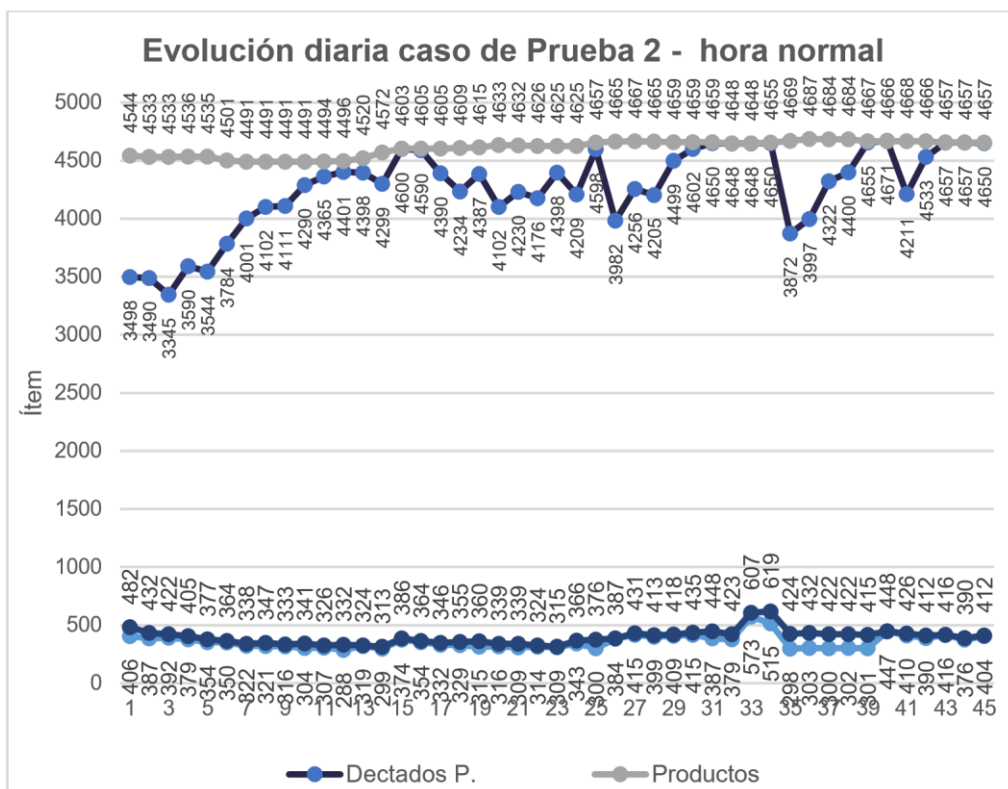


Figura 4.10. Evolución Caso de Prueba 2 local piloto - hora normal

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar una caída significativa en la detección de productos desde el día de prueba 35, esto se debió a fallos en el sistema autónomo durante la prueba.

En el día de prueba 41, la batería del robot se agotó, por lo que las pruebas no se pudieron finalizar.

En la Figura 4.11. se aprecia la evolución de las pruebas realizadas en el local piloto en la hora pico.

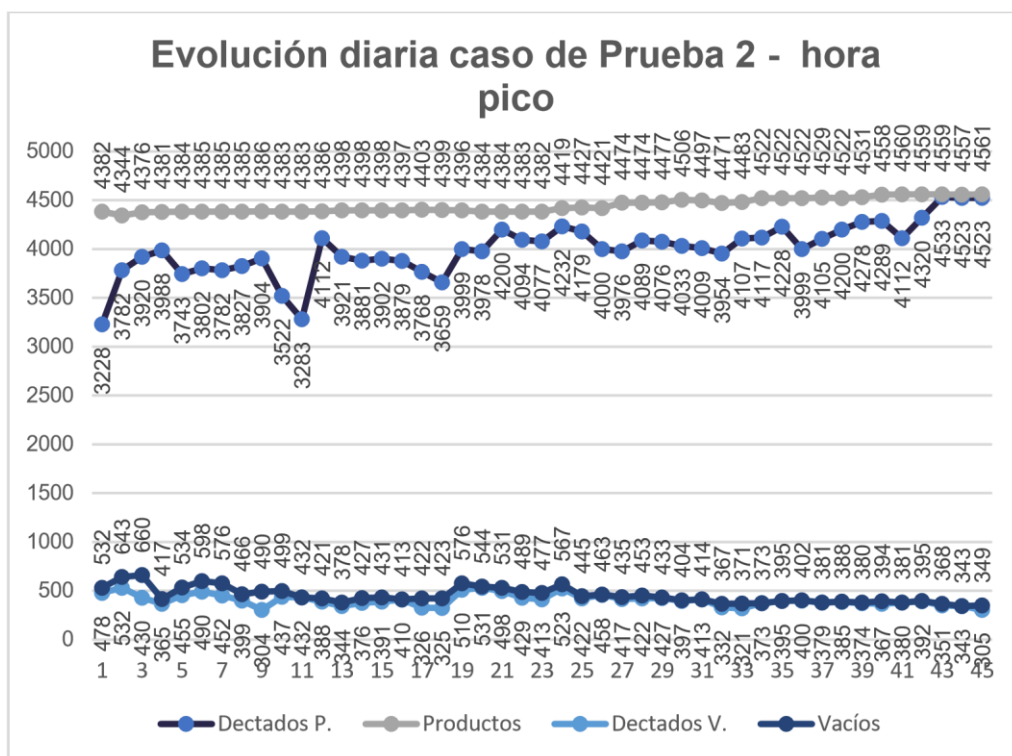


Figura 4.11, Evolución Caso de Prueba 2 local piloto - hora pico

Fuente: Elaboración propia

El sistema autónomo, se entrena con un dispositivo de

proximidad, el cual es capaz de detectar objetos en su alrededor, lo que provoca que se envíe una alerta en caso de que los productos se encuentren por debajo de los parámetros establecidos tanto en la bandeja base como en las superiores.

Para realizar esta medición se realizan 100 muestras como tamaño de prueba y se obtienen los siguientes resultados: De los 100 datos recolectados, el sistema autónomo determinó que existen 60 productos reales y 40 espacios vacíos, sin embargo, el algoritmo determino 75 productos y 25 espacios vacíos.

- 65 predicciones fueron verdaderas según la realidad,
- 15 veces fueron falsos negativos, es decir que no era y no era (de acuerdo con la realidad)
- 10 veces se equivocó de forma falso positivo, dijo que no eran vacías, pero si eran
- 10 veces se equivocó de forma verdadero negativo, dijo que había producto, pero no era un producto.

Tabla 24. Matriz de Confusión-Detección de productos o espacios vacíos

Predicción / Real	V	F	Total
V	65	10	75
F	10	15	25
Total	60	40	100

Fuente: Elaboración propia

Se realizan los cálculos correspondientes y empleando las ecuaciones descritas anteriormente se obtiene:

Tabla 25. Matriz de confusión – Resultados Detección de productos o espacios vacíos

Ecuación	Numerador	Denominador	Valor
Precisión	65	65 + 10	86.67%
Exactitud	65 + 5	65 + 10 + 10 + 15	80%
Sensibilidad	65	65 + 10	86.67%

Fuente: Elaboración propia

una precisión del 86.67%, la cual se refiere a lo cerca que está el resultado de una predicción del valor verdadero, una exactitud del 80% que representa el porcentaje de predicciones correctas frente al total. Por tanto, se puede concluir que el modelo es más preciso que exacto.

La sensibilidad del modelo es de 86.67% que representa la tasa de verdaderos positivos, es decir, la proporción entre los casos positivos bien clasificados por el modelo sobre el total se concluye que el modelo es bastante sensible, no se le escapan muchos positivos.

Con los resultados obtenidos, el caso de prueba 2 en el local piloto se da por aceptado.

4.2.3 Caso de Prueba 3 – Identificar productos

Para la evaluación del Caso de prueba 3, se trabaja con las capturas de imágenes recolectadas en el caso de prueba 2, con estas imágenes se determina el producto o vacío ubicado en la bandeja identificando el fleje que se encuentra en la esquina inferior izquierda de cada uno.

Si en las ubicaciones de flejes existe un espacio vacío, se infiere que es el mismo producto del fleje leído anteriormente.



Figura 4.12. Espacio vacío en ubicaciones de flejes

Fuente: Elaboración propia

Mediante el Algoritmo Levenshtein, se verifican los ítems del fleje, tal como se realizó la prueba unitaria para determinar la efectividad del modelo tanto en el ambiente controlado y en el local piloto, los algoritmos de contraste suelen dar un resultado menos efectivo si la Base de Datos es muy extensa, por lo que se lo utiliza segmentando la base de datos dependiendo del pasillo donde se capturó la imagen para saber de a qué categoría pertenecen los productos y tener un mejor resultado en el emparejamiento.

En el ambiente controlado se obtuvo que el 7,689 de los productos detectados fueron identificados correctamente 6,755, es decir, el 87.85% del total; y de los 970 espacios vacíos detectados, se identificaron con éxito 836, es decir, el 86.19%, se considera correctamente identificados a aquellos productos o

espacios vacíos con éxito de lectura en precio, descripción y código.

Tabla 26. Resultados Caso de Prueba 3 en ambiente controlado

Actividad	Cantidad
Cantidad de Pruebas	40
Cantidad de Góndolas	4
Cantidad de imágenes recolectadas	751
Cantidad de productos detectados	7,689
Cantidad de espacios vacíos detectados	970
Cantidad de productos identificados	6,755
Cantidad de espacios identificados	836
Exactitud de productos identificados	87.85%
Exactitud de espacios identificados	86.19%

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la misma evaluación en el local piloto en los dos horarios y se obtuvo que en horario normal, del total de productos detectados, 167,092 fueron identificados correctamente, es decir el 87.07% y el 86.13% de los espacios vacíos se identificaron correctamente; mientras que en el horario pico el porcentaje de productos identificados disminuye en un 1.98%, es decir, es del 85.09% se lograron identificar correctamente, lo cual se considera normal debido a las condiciones de las pruebas. Y el porcentaje de vacíos identificados disminuye en un 1.41%, es decir, solo se identifican correctamente el 84.72% del total, se consideran identificados satisfactoriamente a aquellos productos o espacios vacíos con éxito de lectura en precio, descripción y código. En la Tabla 27. se puede observar el detalle de las pruebas.

Tabla 27. Resultados Caso de Prueba 3 en local piloto

Actividad	Cantidad	
	Hora normal	Hora pico
Cantidad de Pruebas	45	45
Cantidad de Góndolas	26	26
Cantidad de imágenes recolectadas	4,165	3,384
Cantidad de productos detectados	191,897	180,133
Cantidad de espacios vacíos detectados	16,162	18,291
Cantidad de productos identificados	167,092	153,284
Cantidad de espacios identificados	13,921	15,497
Exactitud de productos identificados	87.07%	85.09%
Exactitud de espacios identificados	86.13%	84.72%

Fuente: Elaboración propia

El sistema autónomo, utiliza un reconocimiento óptimo de caracteres (OCR) en los flejes colocados en la parte inferior izquierda de los productos de las perchas, el cual es entrenado con la Base de Datos de la empresa para realizar la coincidencia mediante el algoritmo de Levenshtein e identificar los productos o espacios vacíos. Para realizar esta medición se realizan 100 muestras como tamaño de prueba y se obtienen los siguientes resultados:

De los 100 datos recolectados, el sistema autónomo determinó que 75 de ellos V/V y 5 F/F con los valores estimados de forma correcta por el modelo.

- 75 predicciones fueron verdaderas según la realidad,
- 5 veces fueron falsos negativos, es decir que no era y no era (de acuerdo con la realidad)
- 15 veces se equivocó de forma falso positivo, dijo que no identificó el producto o espacio, pero si lo identificó correctamente.
- 5 veces se equivocó de forma verdadero negativo, dijo que había identificado el producto o espacio, pero no lo hizo correctamente.

Tabla 28. Matriz de Confusión - Identificación de productos

Predicción / Real	V	F	Total
V	75	5	80
F	15	5	20
Total	90	10	100

Fuente: Elaboración propia

Se realizan los cálculos correspondientes de los valores reales y de predicción, empleando las ecuaciones descritas en el capítulo 3, se obtiene:

Tabla 29. Matriz de Confusión - Resultados Identificación de productos

Ecuación	Numerador	Denominador	Valor
Precisión	75	75 + 5	93.75%
Exactitud	75 + 5	75 + 5 + 15 + 5	80%
Sensibilidad	75	75 + 15	83.33%

Fuente: Elaboración propia

Una precisión del 93.75%, la cual se refiere a lo cerca que está el resultado de una predicción del valor verdadero, una exactitud del 80% que representa el porcentaje de predicciones correctas frente al total. Por tanto, se puede concluir que el modelo es más preciso que exacto.

La sensibilidad del modelo es de 83.33% que representa la tasa de verdaderos positivos, es decir, la proporción entre los casos positivos bien clasificados por el modelo sobre el total se concluye que el modelo es bastante sensible, no se le escapan muchos positivos

4.2.4 Caso de Prueba 4 – Recorrido circular

Este caso de prueba se realiza con la finalidad de evaluar el tiempo que tarda el sistema autónomo en realizar un recorrido

A al punto B en el primer recorrido, y tarda en promedio 00:13:39 en realizar la primera notificación; se inicia un nuevo recorrido y el robot realiza la segunda notificación en el 00:13:29 minutos, en general el sistema autónomo tarda en realizar un recorrido circular y volver a notificar sobre un punto específico 01:00:16 horas en el ambiente controlado. En la Tabla 30. se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 30. Tiempos recorrido circular ambiente controlado

Prueba	Tiempo total de recorrido 1	Tiempo en que se realizó notificación 1	Tiempo total de recorrido 2	Tiempo en que se realizó notificación 2	Tiempo que tardo en volver a punto rojo y notificar
Prueba 1	0:49:55	0:17:35	0:38:52	0:11:02	1:00:57
Prueba 2	0:39:47	0:11:04	0:44:25	0:16:24	0:56:11
Prueba 3	0:48:15	0:13:45	0:51:04	0:12:51	1:01:06
Prueba 4	0:47:05	0:12:15	0:48:32	0:14:47	1:01:52
Prueba 5	0:48:54	0:13:37	0:46:34	0:12:21	1:01:15
Promedio	0:46:47	0:13:39	0:45:53	0:13:29	1:00:16

Fuente: Elaboración propia

De manera similar se realizan las en el local piloto, en la Figura 4.14. se aprecia el layout del local piloto, el recorrido inicia en el punto A, recorre las góndolas hasta el final, gira hacia el lado derecho de la sucursal y recorre los pasillos en forma de serpiente hasta llegar al punto B, el punto rojo determina el lugar en el cual se realiza el envío de notificaciones.

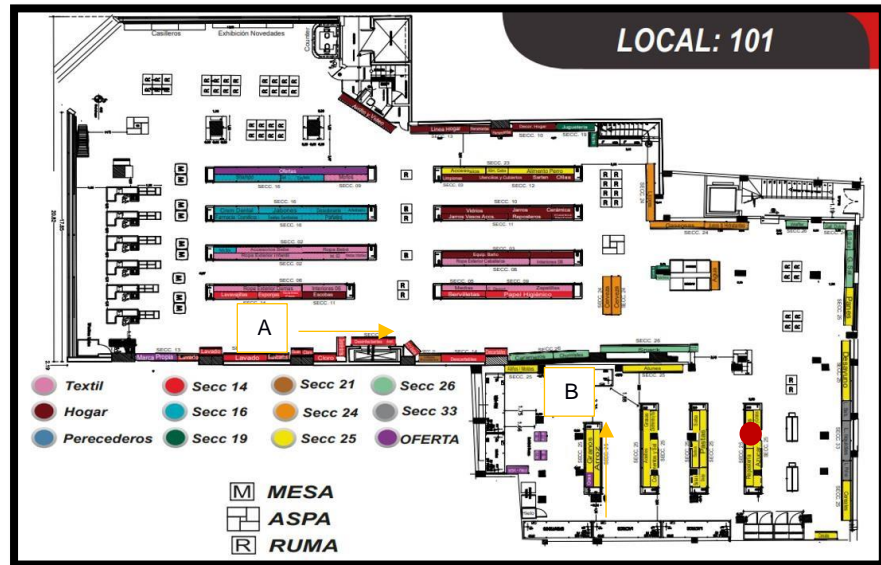


Figura 4.14. Layout local piloto

Fuente: Archivos cadena minorista

Se realizan 5 muestras para medir el Caso de Prueba en el local piloto en horario normal y se obtiene que en promedio al robot le toma 01:28:09 horas en llegar del punto A al punto B en el primer recorrido, y tarda en promedio 00:36:06 minutos en realizar la primera notificación; se inicia un nuevo recorrido y el robot realiza la segunda notificación en el 00:40:46 minutos, en general el sistema autónomo tarda en realizar un recorrido circular y volver a notificar sobre un punto específico 02:08:55 horas. Se observa un incremento significativo en los tiempos de ejecución, esto se debe a la afluencia de personas en el horario normal. En la Tabla 31. se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 31. Tiempos recorrido circular local piloto – hora normal

Prueba	Tiempo total de recorrido 1	Tiempo en que se realizó notificación 1	Tiempo total de recorrido 2	Tiempo en que se realizó notificación 2	Tiempo que tardo en volver a punto rojo y notificar
Prueba 1	1:17:25	0:38:15	1:02:17	0:41:54	1:59:19
Prueba 2	1:29:12	0:29:54	1:39:41	0:39:03	2:08:15
Prueba 3	1:27:16	0:36:26	1:38:23	0:42:19	2:09:35
Prueba 4	1:34:02	0:38:11	1:27:47	0:38:03	2:12:05
Prueba 5	1:32:51	0:37:45	1:36:14	0:42:31	2:15:22
Promedio	1:28:09	0:36:06	1:28:52	0:40:46	2:08:55

Fuente: Elaboración propia

Al realizar las pruebas en el local piloto en la hora pico, se obtiene que en promedio para realizar un recorrido circular el sistema autónomo tarda 03:01:33 horas, sin embargo, no todas las pruebas fueron concluidas debido a la gran afluencia de clientes en este horario, lo que impide la correcta movilización del robot y provoca paradas inesperadas. En la Tabla 32. se observan los resultados.

Tabla 32. Tiempos recorrido circular local piloto – hora pico

Prueba	Tiempo total de recorrido 1	Tiempo en que se realizó notificación 1	Tiempo total de recorrido 2	Tiempo en que se realizó notificación 2	Tiempo que tardo en volver a punto rojo y notificar
Prueba 1	1:54:37	0:47:18	2:07:23	0:51:23	2:46:00
Prueba 2	1:57:58	0:53:10	no pudo concluir	no pudo concluir	no pudo concluir
Prueba 3	no pudo concluir	no pudo concluir	no pudo concluir	no pudo concluir	no pudo concluir
Prueba 4	1:59:49	0:58:06	1:56:21	1:02:36	3:02:25

Prueba 5	2:17:01	1:14:18	2:05:55	0:59:13	3:16:14
Promedio	2:02:21	0:58:13	2:03:13	0:57:44	3:01:33

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del Caso de Prueba 4, permite concluir que el sistema autónomo tiene mejores resultados en la hora normal debido a la menor cantidad de personas en el local, lo que permite un recorrido más eficiente de los pasillos.

4.2.5 Caso de Prueba 5 – Envío de notificaciones

Para realizar caso de prueba, se toman los datos obtenidos en el caso de prueba 3, los cuales son procesados y se ejecuta un reporte de productos y vacíos, el cual es colocado en la plataforma de Business Intelligence interna de la empresa y el personal encargado realiza la revisión del mismo.

En el ambiente controlado se realizaron 80 pruebas, de las cuales se generaron 79 reportes, es decir, 98.75%, de estos reportes se enviaron correctamente 77, es decir, el cumplimiento de entrega fue de 97.47%.

Tabla 33. Resultados Caso de Prueba 5 en ambiente controlado

Actividad	Cantidad
Cantidad de Pruebas	80
Cantidad de reportes generados	79
Cantidad de envíos de reportes realizados	79
Cantidad de reportes recibidos	77
Porcentaje de reportes generados	98.75%
Porcentaje de notificación de envió correcto	97.47%

Fuente: Elaboración propia

En el local piloto se ejecutaron en horario normal 112 pruebas y se generaron 109 reportes, es decir, el 97.32%, de los reportes generados se envían 107 y se entregan correctamente 105, es decir un 98.13%.

Mientras que en la hora pico, se realizan 98 pruebas y se ejecutan 92 reportes, es decir, 93.88% del cumplimiento; de los reportes generados se envían 88 y solo 81 son recibidos correctamente, es decir, se cumple con el 92.05% del envío de notificaciones a la plataforma.

Tabla 34. Resultados Caso de Prueba 5 en local piloto

Actividad	Cantidad	
	Hora normal	Hora pico
Cantidad de Pruebas	112	98
Cantidad de reportes generados	109	92
Cantidad de envíos de reportes realizados	107	88
Cantidad de reportes recibidos	105	81
Porcentaje de reportes generados	97.32%	93.88%
Porcentaje de notificación de envío correcto	98.13%	92.05%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.17. se observa un ejemplo de los reportes presentados en la plataforma de BI.

Sesión cargada		
Este es un resumen de la sesión 201908260300		-Lunes
(L101)		
% Cumplimiento de hoy	r / última sesión	# Alertas
99.75%	+0.06	6 / 2415








Sección COMESTIBLE (34 productos)									
Pasillo: 10-N (7 productos)									
EAN	SKU	Descripción del producto	Precio de la maestra	Último cambio de precio	Días de diferencia	Alertas en los últimos 30 días	Precio detectado	Metro lineal	Altura bandeja
	257423000	Aceite C/achiote Alesol 390 Cc	\$1,39	16-05-2019 00:00:00	93	Sin alertas	\$1,45	0,56 mts	1,79 mts
	257421000	Aceite C/achiote Palma De Oro 1/2 Lt	\$1,89	20-06-2019 00:00:00	58	Sin alertas	\$1,85	0,78 mts	1,79 mts
	257496000	Aceite Alesol 390 Cc	\$0,95	16-05-2019 00:00:00	93	Sin alertas	\$0,99	1,02 mts	1,78 mts
	257461000	Aceite Criollo 500 Cc	\$0,95	16-05-2019 00:00:00	93	Sin alertas	\$0,99	2,35 mts	1,77 mts
	257448000	Aceite Palma De Oro 600 MI Fda	\$0,95	16-05-2019 00:00:00	93	Sin alertas	\$0,99	2,76 mts	0,17 mts
	257459000	Aceite Girasol De Oliva 1 L	\$5,89	15-08-2019 00:00:00	3	1 alerta	\$5,79	3,82 mts	0,41 mts
							\$5,79	3,84 mts	0,79 mts
	259505000	Canguil Ta Riko 500 G	\$0,69	15-08-2019 00:00:00	3	Sin alertas	\$0,55	6,35 mts	0,93 mts

Figura 4.15. Reporte en Plataforma de BI

Fuente: Elaboración propia

4.3 Resultados de pruebas con trabajador operativo

Es importante señalar además cuál es el beneficio para la empresa en medir los tiempos de proceso de reposición de productos con ayuda del sistema autónomo en comparación con el tiempo que se toma actualmente en realizar un trabajador operativo la tarea de reponer en perchas.

Estas mediciones se realizan en el horario normal, debido que es el momento en el cual el trabajador operativo realiza más esta operación, por lo que cuando aumenta la afluencia de clientes tiene otras tareas que realizar.

Esta evaluación se realiza durante 5 días, para determinar si existe una disminución en los tiempos de reposición, se presentan las condiciones para la prueba:

Tabla 35. Parámetros considerados en las mediciones

Referencia	Parámetro
Horario	normal
Cantidad de góndolas	5
Distancia a recorrer	5 m

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.16. se puede apreciar el recorrido en el cual se realizó la prueba.

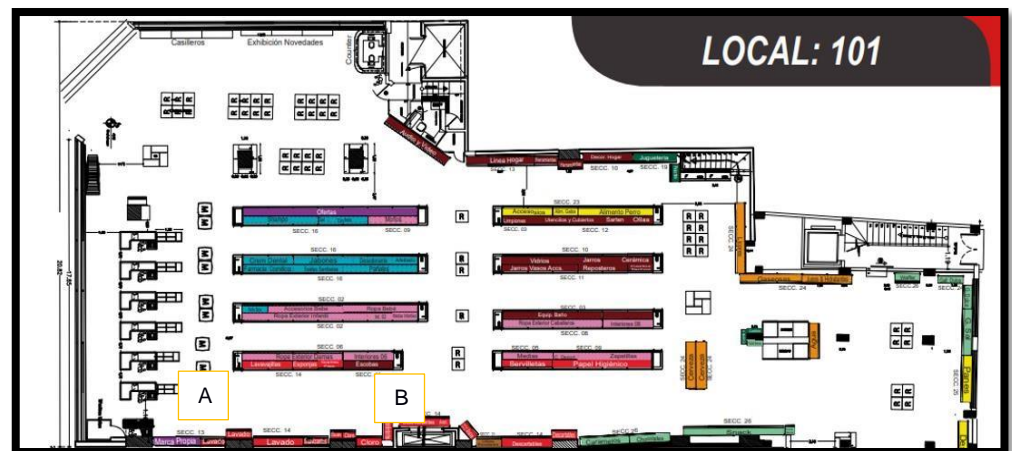


Figura 4.16. Recorrido de evaluación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Resumen de tiempos recolectados

	Tiempo de recolección de datos de productos sin stock	Identificación de productos	*Tiempo de envío de notificación	Revisión de stock en computador	*Reposición de productos en percha	Tiempo Total de ejecución
Sistema autónomo	0:03:47	0:04:12	0:02:37	0:09:21	0:16:12	0:36:09
Trabajador Operativo	0:02:17	0:08:53		0:14:54	0:18:01	0:44:05
Diferencia	0:01:30	0:04:41	0:02:37	0:05:33	0:01:49	0:07:56
Desviación (%)	59.91%	-51.70%		-36.66%	-10.49%	-18.07%

*El Tiempo de envío de notificaciones, considera la generación y envío del reporte a la plataforma.

*El Tiempo de Reposición de productos en percha, considera el tiempo que el operador los busca en bodega.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos obtenidos el tiempo total de ejecución de reposición de productos contrastando el proceso del operador versus cuando tiene la ayuda del sistema autónomo se reduce en un 18.07%.

Lo que permite concluir, que el sistema autónomo si permite realizar las tareas de reposición optimizando el tiempo, el cual puede ser empleado en otras actividades que generen valor.

Una vez concluidas los casos de prueba y la evaluación del sistema autónomo versus el trabajador operativo, se realiza nuevamente la encuesta para conocer la satisfacción del cliente de acuerdo con la disponibilidad de productos en el local. Se encuestaron a un total de 150 personas que visitaron la sucursal y se obtuvo que el 48% de los clientes no encontró todos los productos, lo que equivale a 72 clientes.

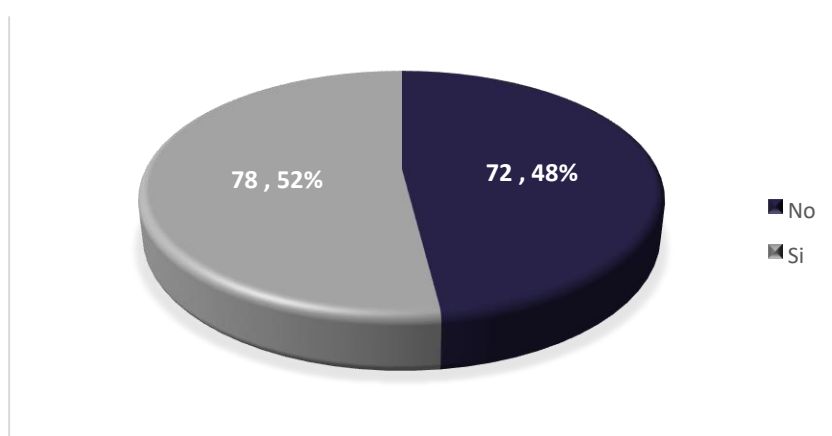


Figura 4.17. Participación de clientes que encontraron todos los productos buscados - DF

Fuente: Elaboración propia

En comparación con la encuesta inicial, se obtiene que el porcentaje de clientes que no encontró los productos buscados disminuyó en 9 puntos porcentuales.

Los 72 clientes, indicaron que no encontraron 159 productos en total, en promedio cada persona no encontró 2.20 productos, es decir, 3 productos. Con este dato y el dato de la cantidad de productos comprados por cada uno de estos clientes (dato confidencial obtenido de las bases de datos de la empresa), se calcula el nivel de servicio promedio del local empleando la ecuación 1.1 detallada en capítulo 1 y se obtiene que es del

85.72%, es decir, el nivel de servicio ha incrementado en 3.39 puntos porcentuales.

Además, el 54% de encuestados manifestó que pudo observar espacios vacíos en las perchas del local mientras realizaba su recorrido por los pasillos, lo que significa una reducción de en contraste con la encuesta inicial.

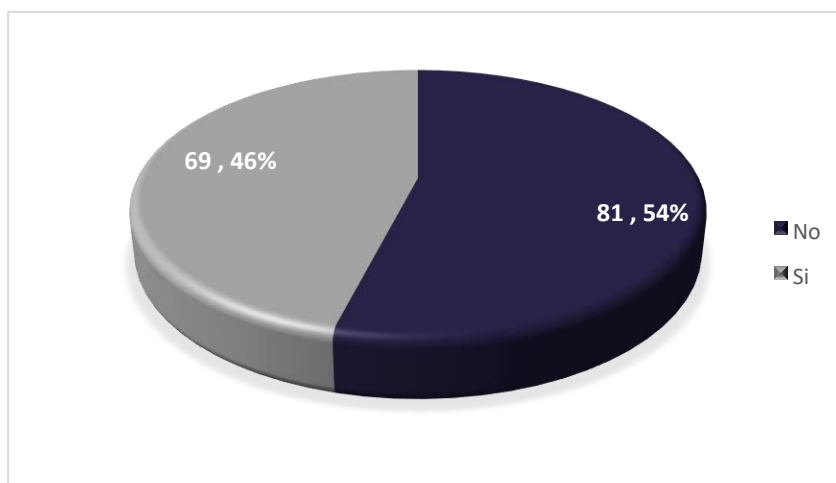


Figura 4.18. Porcentaje de clientes que observan espacios vacíos - DF

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la encuesta final indican que se ha logrado mejorar la percepción de cliente acerca de la disponibilidad de productos en el local, lo que se traduce en una reducción de venta perdida por falta de inventario.

4.4 Análisis de Riesgo

Para el análisis de riesgo de este proyecto, se emplea el análisis F.O.D.A., el cual es una herramienta que puede evaluar factores

internos y externos que afectan directa o indirectamente al prototipo y la matriz de riesgo para determinar el impacto de cada uno.

4.4.1 Análisis FODA

Una de las fortalezas que se destaca del sistema autónomo es que no necesita de constante supervisión y realiza recorridos notificando a los trabajadores de los productos que son necesarios reponer en tiempo real, sus costos de implementación no son altos debido a que necesita solo de cuatro ordenadores en comparación con otros sistemas de monitoreo estático que requieren de grandes cantidades de cámaras por cada góndola.

Las oportunidades de crecimiento que brinda el sistema autónomo es el fortalecimiento de la percepción del cliente en la experiencia de compra para lograr fidelizarlo a la marca e incrementar la rentabilidad de la empresa.

Una de las principales debilidades es la necesidad de espacio físico para que el sistema autónomo se desenvuelva de manera correcta.

La principal amenaza detectada durante la evaluación son los problemas de red que se presentan en el local, lo que impide que la notificación a los trabajadores se realice de manera inmediata, así como la falta de iluminación en los pasillos.

Tabla 37. Análisis FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
------------	---------------

<p>Realiza recorridos por el local detectando espacios vacíos. Notifica a los trabajadores acerca de productos a reponer. Sistema completamente autónomo. No requiere instalación de varias cámaras para control. Sistema móvil. Adaptable a las necesidades de la cadena minorista. Apoyo de la alta gerencia y supervisor del local. Generar información confiable y alertas tempranas para evitar quiebres.</p>	<p>Fortalecimiento de la percepción del cliente. Cámaras con mayor resolución. Incremento de disponibilidad de productos en perchas. Constante control y monitoreo de las perchas. Posibilidad de crear una nueva fuente de ingresos para la empresa con la comercialización del sistema autónomo.</p>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p>Falta de experiencia y conocimiento en temas relacionados con la IA. Espacio reducido en los pasillos. Depende del entorno, en condiciones no favorables el error puede incrementar. Elevado tráfico de personas en horas pico. Falta de iluminación en los pasillos. Espacio y condiciones eléctricas dentro del local para la ubicación de este sistema.</p>	<p>Repuestos del prototipo son importados. Subida en los costos de importación de repuestos. Mala manipulación de las personas en el local. Problemas de red de internet en el local.</p>

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Matriz de Riesgo

Una vez determinadas la debilidades y amenazas del sistema autónomo se procede a realizar una matriz de riesgo. Inicialmente se define riesgo al evento con un posible impacto negativo en la correcta ejecución del robot, se establecen los parámetros de medición y evaluación, se realiza la evaluación comparando el nivel de riesgo durante el periodo de pruebas con los criterios definidos, finalmente en función a los resultados

obtenidos se identifica el conjunto de opciones para mitigar el impacto de los riesgos.

En el Tabla 38. se establece la probabilidad de ocurrencia del riesgo y en la Tabla 39. los impactos o consecuencia de la ocurrencia de las amenazas.

Tabla 38. Probabilidad de ocurrencia de riesgo

Valor de probabilidad	Nivel de probabilidad	Descripción
1	bajo (raro)	puede ocurrir solo en circunstancias excepcionales
2	medio (posible)	es posible que ocurra algunas veces
3	alto (casi cierto)	se espera que ocurra en la mayoría de las circunstancias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Impacto de ocurrencia del riesgo

Valor de impacto	Nivel de impacto	Descripción
5	leve	perdidas insignificantes, menos grado de incumplimiento en metas y objetivos
10	moderado	perdidas considerables, posibilidad de un alto grado de incumplimiento en metas y objetivos
20	catastrófico	perdidas enormes, daño en la imagen de la entidad, alto grado de incumplimiento en metas y objetivos.

Fuente: Elaboración propia

Al haber definido los parámetros de evaluación, se identifican los riesgos del sistema autónomo, se determina si es de tipo interno o externo y se describe las posibles consecuencias.

Tabla 40. Análisis de Riesgos
Análisis de Riesgo

Factor de riesgo	Interno	Externo	Riesgo	Descripción	Posibles consecuencias
Financiero		x	Cambios significativos en los costos de los repuestos o partes del sistema autónomo.	Incremento en los costos de partes utilizadas para fabricación del robot	Aumento de inversión inicial a realizar para la fabricación de robots, limita la escalabilidad.
Producto	x		Deterioro del robot por condiciones inadecuadas	Disminución de la vida útil del robot	Aumento de gastos de mantenimiento
Proceso	x		Deficiencia de resultados	Resultados errados de las novedades detectadas en las perchas, debido a malas condiciones de iluminación, perchado y problemas de red.	Perdida de venta por datos errados o faltantes de mercadería, incremento del gasto del personal debido a alertas o comunicación erradas.
Tecnológico	x		Manejo inadecuado del sistema autónomo	Difícil entendimiento, documentación desactualizada y falta de información.	Poco entendimiento de las condiciones y configuraciones del robot, provocando demoras en los tiempos de respuesta.
Proveedor		x	Incumplimiento de contratos	La relación con los proveedores se puede ver afectado debido al incumplimiento de las negociaciones de espacio y exhibición.	Disminución en los ingresos

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados los riesgos, se determina la prioridad de atención que requiriera, la cual se define como el producto entre la probabilidad e impacto de ocurrencia para establecer el orden de atención.

Tabla 41. Probabilidad, impacto y prioridad de riesgos

Factor de riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Prioridad
Financiero	Cambios significativos en los costos de los repuestos o partes del sistema autónomo.	2	10	20
Producto	Deterioro del robot por condiciones inadecuadas	1	10	10
Proceso	Deficiencia de resultados	2	20	40
Tecnológico	Manejo inadecuado del sistema autónomo	1	5	5
Proveedor	Incumplimiento de contratos	1	20	20

Fuente: Elaboración propia

Probabilidad	alta	3	15	30	60
	media	2	10	20 cambios significativos en los costos de los repuestos o partes del sistema autónomo	40 deficiencia de resultados
	baja	1	5 manejo inadecuado del sistema autónomo	10 deterioro del robot por condiciones inadecuadas	20 Incumplimiento de contratos
valor			leve 5	moderado 10	catastrófico 20
			Impacto		

Figura 4.19. Matriz de calificación y evaluación de riesgos

Fuente: Elaboración propia

Los riesgos ubicados por encima de la diagonal principal, es decir, los de color rojo son aquellos que necesitan mitigación, se debe establecer un plan de acción correctivo; los riesgos ubicados por debajo de la diagonal principal (verdes) son aquellos que requieren monitorización, su plan de acción es detectivo y los riesgos ubicados en la diagonal principal (amarillos), requieren investigación y un plan de acción preventivo.

Una vez clasificados los riesgos, se determina un plan de mitigación, monitorización y correctivos.

Tabla 42. Plan de acción

Factor de Riesgo	Riesgo	Plan - acciones	Periodo
Financiero	Cambios significativos en los costos de los repuestos o partes del sistema autónomo.	Armar un plan de mantenimiento preventivo del robot y mantener inventario de los insumos críticos que puedan sufrir cambios en su precio o desabastecimiento.	Semestral
Producto	Deterioro del robot por condiciones inadecuadas	Determinar responsables de mantener las condiciones en donde opera el robot para de esta forma pueda ejecutar el trabajo con normalidad.	Permanente
Proceso	Deficiencia de resultados	Prever todas las condiciones posibles en cada uno de los locales antes de salir a producción, y realizar las pruebas necesarias para garantizar los resultados fiables.	Permanente

Tecnológico	Manejo inadecuado del sistema autónomo	Hacer capacitaciones periódicas a diferentes personas del equipo de los cambios o mejoras que se desarrollen en el robot para que todos los desarrolladores tengan un conocimiento integral, también una entrega de documentación por cada entregable funcional.	Mensual
Proveedor	Incumplimiento de contratos	Mantener una comunicación permanente con los proveedores, hacer revisiones periódicas y analizar los resultados, plantearse acciones en conjunto que puedan mejorar los resultados.	Mensual

Fuente: *Elaboración propia*

4.5 Plan de Implementación

El plan de implementación presenta la puesta en acción de todas las actividades que se deben ejecutar para la puesta en marcha del proyecto, a continuación, se detalla paso a paso como se pondrá en funcionamiento el sistema autónomo en cada tienda de tipo A y B de la cadena minorista, en general, para llevar a cabo cada implementación es necesario contar con 28 días para cada uno de los locales.

Tabla 43. Actividades del Plan de Implementación por local

#	Actividades	Notas
1	Determinar local	Local tipo A y B
1.1.	Revisar productividad de locales	Datos de 6 meses
1.2.	Revisar indicador de disponibilidad de stock	Datos de 6 meses
1.3.	Solicitar permiso a jefe del local	Mal de aceptación
1.4.	Realizar documentación gerencial	Elaborar informe para director de Operaciones
2	Enviar sistema autónomo a local seleccionado	Envío depende de la distancia del local

2.1.	Realizar documentación necesaria	Realizar guía de remisión y acta de entrega
2.2.	Coordinar envío	
2.3.	Envío	
3	Realizar pruebas de conexión a red	Comprobar conexiones a internet
3.1.	Conectar dispositivo a red	
3.2.	Pruebas	
4	Realizar mapeo del local	Reconocimiento de layout
4.1.	Recorrido del local	
4.2.	Indicación de góndolas y espacios	
5	Realizar informe de surtido	Determinar surtido a revisar
5.1.	Identificar productos	Revisar y categorizar productos
6	Capacitar a personal	Capacitar a personal encargado de reposición acerca de las notificaciones
7	Pruebas in situ	Realizar pruebas de funcionamiento
8	Entrega a jefe del local del sistema autónomo	

Fuente: Elaboración propia

La empresa minorista tiene como finalidad la implementación del sistema autónomo como primera fase en los 34 locales restantes Tipo A y B de la ciudad de Guayaquil expuestos anteriormente, actualmente el equipo de desarrollo está conformado por 4 personas, las cuales deben realizar cada implementación en parejas, por lo que, poner en marcha el proyecto la primera fase del proyecto tomará alrededor de 18 meses.

4.6 Análisis Costo – Beneficio

Se realiza un análisis costo – beneficio se pretende concluir la conveniencia del sistema autónomo mediante la valorización en

términos monetarios de los costos y beneficios derivados del proyecto. Es una técnica que permite la toma de decisiones.

Se establecen los costos en los que se incurre para la fabricación del sistema autónomo:

Tabla 44. Costos del sistema autónomo

Materiales	Costo
Base móvil	\$ 13,433.99
Estructura de aluminio	\$ 789.00
Ordenadores	\$ 2,132.25
Cámara 4k	\$ 9,593.00
Cámara 3D	\$ 1,423.84
Otros gastos	\$ 31,000.00
Licencias	\$ 7,500.00
Llantas adecuadas con giro 360°	\$ 2,827.98
Otros costos	\$ 11,432.54
Total	\$ 80,132.60

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 44. detalla los costos de fabricación del primer prototipo, en los cuales se incurrieron en gastos iniciales por pruebas de hardware, para la producción de los 34 nuevos sistemas autónomos el costo total disminuirá en un 25% aproximadamente, dando un total de \$60,100, debido a la compra en volumen y no se incurrirán en gastos innecesarios como en el primero (dato obtenido de fuentes comerciales y arancelarias de la empresa).

Como dato adicional, se realiza un análisis de venta perdida de enero a septiembre 2021, en donde se obtiene un total de \$86,672 de perdida por falta de disponibilidad de productos en el local, el indicador de venta perdida es directamente proporcional a la disponibilidad de productos, por este motivo se puede afirmar que,

si se disminuyen los quiebres de inventario, se logra disminuir la venta perdida.

Tabla 45. Venta perdida mensual local piloto

Mes	Venta Perdida (sin IVA)
Enero	\$ 9,145.99
Febrero	\$ 7,065.83
Marzo	\$ 4,385.48
Abril	\$ 3,946.17
Mayo	\$ 7,174.75
Junio	\$ 7,901.55
Julio	\$ 8,337.50
Agosto	\$ 15,695.94
Septiembre	\$ 23,019.72
Total	\$ 86,672.93
Promedio	\$ 9,630.33

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se establece que el sistema autónomo primera versión se pagaría en 8 meses y las nuevas versiones en aproximadamente 6 meses, lo que significa que la empresa podrá tener un retorno sobre la inversión con la disminución de venta perdida a partir del décimo y noveno mes respectivamente.

Tabla 46. Tiempo de recuperación de inversión

Costo	\$80,132.60	\$60,099.45
Ahorro promedio	\$ 9,630.33	\$ 9,630.33
Tiempo (meses)	8.32	6.24

Fuente: Elaboración propia

En los meses de octubre y noviembre, la disponibilidad de productos es de 89.34% y 93.97% respectivamente, la venta perdida ha disminuido un 17.54% en comparación con los meses

anteriores, por lo que, se puede concluir que gracias al funcionamiento del sistema autónomo la empresa puede dejar de perder alrededor de \$1,500 mensuales por no disponibilidad de productos en las perchas, sin embargo, se espera que la venta perdida disminuya en un 80% de acuerdo con estimaciones de la empresa.

Además, se conoce que un operador operativo es contratado por 240 horas entre días libres y laborales, el colaborador trabaja 7 horas extras en promedio mensual y tiene un sueldo promedio de \$530 entre horas normales trabajadas y horas extras; emplea el 30% de su tiempo en tareas de reposición, es decir, \$159 del total; se puede concluir que con la disminución obtenida en el tiempo total de ejecución de reposición de productos a las góndolas, que fue del 18.07%, la empresa tendría un ahorro de \$95.77 mensuales por trabajador, lo que representa \$1,150 anual por cada trabajador, ese ahorro se puede invertir en tareas que generen valor para la empresa minorista.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se logró realizar la evaluación del sistema autónomo autónomo para medir la disponibilidad de productos en las perchas de una tienda minorista.
2. Se establecieron cinco casos de prueba para la evaluación del prototipo.
3. Se obtiene una tasa de recolección de 14 imágenes/minuto.
4. En la evaluación del Caso de Prueba 1, se logró una precisión del 91.40% en la detección de obstáculos en horario normal en el local piloto y en 89.54% en hora pico.

5. Para el Caso de Prueba 2, se logró un 92.55% de precisión en la detección de productos en horario normal en el local piloto y un 90.77% en la detección de espacios vacíos.
6. Para el Caso de Prueba 2, se logró un 90.05% de precisión en la detección de productos en horario normal en el local piloto y un 90.19% en la detección de espacios vacíos.
7. En el Caso de Prueba 3, se logró una exactitud del 87.07% en la identificación de productos y un 86.13% en la identificación de espacios vacíos en horario normal.
8. En el Caso de Prueba 3, se logró una exactitud del 85.09% en la identificación de productos y un 84.72% en la identificación de espacios vacíos en hora pico.
9. En el Caso de Prueba 4, el tiempo que tarda en volver a notificar sobre cierto producto específico fue de 2:08:55 horas en hora normal mientras que para hora pico se tarda 3:01:33 horas, debido a la gran afluencia de personas que impiden el recorrido normal.
10. En el Caso de Prueba 5, el porcentaje de envío correcto de notificaciones fue de 97.47% en el ambiente controlado, mientras que en el local piloto fue de 98.13% en hora normal y de 92.05% en hora pico.
11. Mediante el análisis de resultados de los casos de prueba, se concluye que utilizar el sistema autónomo en el horario normal con menos afluencia de personas se obtiene una precisión mayor en sus resultados.
12. Se identifican las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas mediante un análisis F.O.D.A del sistema autónomo.

13. Se logró identificar los riesgos que conlleva la implementación del prototipo.
14. Con la implementación del sistema autónomo en el local piloto se consiguió la disminución del 18.07% en el tiempo de reposición de productos en percha.
15. De acuerdo con los datos obtenidos de las encuestas realizadas, el nivel de servicio ofrecido al cliente luego de la implementación es del 85.72%, es decir, servicio ha incrementado en 3.39 puntos con respecto al dato inicial.
16. La deficiencia de resultados por las novedades detectadas en las perchas, debido a malas condiciones de iluminación, perchado y problemas de red es el riesgo principal encontrado luego del análisis realizado.
17. Se logró establecer el plan de acción para la mitigación, monitorización y prevención de los riesgos que conlleva el sistema autónomo.
18. Se elaboró el plan para la implantación del sistema autónomo en los locales tipo A y B de la ciudad de Guayaquil, cual tomará 18 meses.
19. En el periodo de análisis, la venta perdida ha disminuido un 17.54% en comparación con los meses anteriores, por lo que, se puede concluir que gracias al funcionamiento del sistema autónomo la empresa puede dejar de perder alrededor de \$1,500 mensuales por no disponibilidad de productos en las perchas
20. El sistema autónomo primera versión se pagaría en 8 meses y las nuevas versiones en aproximadamente 6 meses, lo que significa

que la empresa podrá tener un retorno sobre la inversión con la disminución de venta perdida a partir del décimo y noveno mes respectivamente

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del sistema autónomo en el horario normal del local para evitar problemas en el recorrido debido a la afluencia de personas.
2. Se recomienda contar con una excelente iluminación del local para evitar tener imágenes oscuras y no interferir en la identificación de los productos o espacios vacíos.
3. Se recomienda la evaluación de la venta del sistema autónomo a otras empresas para generar una nueva fuente de ingresos.
4. En el reporte de incidencias se recomienda especificar si una alerta es repetitiva.
5. Se recomienda contar con una red propia de datos que permita el funcionamiento correcto del sistema autónomo y no tener problemas de conexión por usar la red abierta del local.
6. Al tener los datos de código de barras en los flejes, se puede desarrollar un sistema que permita consultar los movimientos de entradas y salidas de productos y sea posible la identificación de productos caducados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Vermorel, «Lokad - Quantitative Supply Chain,» Lokad, Enero 2012. [En línea]. Available: <https://www.lokad.com/es/nivel-de-servicio-definicion-yformula..> [Último acceso: Octubre 2021].
- [2] D. Collins, «Diccionario Collins,» Diccionario Collins, [En línea]. Available: <https://www.collinsdictionary.com/es..> [Último acceso: Octubre 2021].
- [3] J. R. L. y. J. D. C. J. C. Anguita, «La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos,» *Aten Primaria*, pp. 143-162, 2003.
- [4] TechTarget Network, «Whatis,» TechTarget, [En línea]. Available: <https://whatis.techtarget.com/definition/autonomic-computing..> [Último acceso: Octubre 2021].
- [5] Portal Innova, «Prensa Portal Innova,» 1 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://portalinnova.cl/zippedi-startup-chilena-recibe-importante-premio-deia-mientras-ya-ateriza-en-el-mercado-norteamericano/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [6] J. & S. S. Salazar, «Internet de las cosas,» European Virtual Learning Platform for Electrical and Information Engineering, 2016.
- [7] C. Perera, «Sensing as a Service Model for Smart Cities Supported by Internet of Things. Transactions on Emerging Telecommunications Technology,» *Cornell University*, pp. 81-93, 2014.
- [8] Oracle Mexico, «Oracle,» ¿Qué es la inteligencia artificial—IA?, [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/mx/artificial-intelligence/what-is-ai/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [9] S. Ramaswamy, «Harvard Business Review,» How Companies Are Already Using AI, Abril 2017. [En línea]. Available: <https://hbr.org/2017/04/howcompanies-are-already-using-ai..> [Último acceso: Octubre 2021].
- [10] LatinOL, «LatinOL.com,» 31 Octubre 2017. [En línea]. Available:

- <https://www.latinol.com/vidasocial/walmart-emplea-robots-para-trabajar-ens-us-tiendas/68248.html>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [11] L. Ricciardelli, «CNN en español,» 16 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://cnnespanol.cnn.com/2019/01/16/la-mirada-del-robot-cuando-laciencia-ficcion-deja-de-serlo/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [12] ids, «iDS,» 2021. [En línea]. Available: <https://es.ids-imaging.com/store/ui3590cp-rev-2.html>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [13] El Mercurio, «Pontifica Universidad Catolica de Chile,» Escuela de Ingenieria , 2019. [En línea]. Available: <https://educacionprofesional.ing.uc.cl/zippedirobot-chileno-noche-espia-los-miles-productos-del-supermercado/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [14] P. Meana, Gestión de inventarios, Ediciones Paraninfo SA, 2017.
- [15] J. Von Hausen Cárdenas, «Efecto de disponibilidad de variedad de productos en góndola en el comportamiento de clientes,» Universidad de Chile, 2014.
- [16] R. Mañez, «Rubén Mañez,» Qué es la Matriz BCG y para qué sirve [Ventajas y Desventajas], 2018. [En línea]. Available: <https://rubenmanez.com/matrizbcg/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [17] A. Navarro Cadavid, J. D. Fernández Martínez y J. Morales Vélez, «Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software,» *Prospectiva*, pp. 3039, 2013.
- [18] L. Paez, «Crehana,» Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.crehana.com/es/blog/disenio-productos/agile-testing/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [19] P. Tobar, «Abstracta Chile,» [En línea]. Available: <https://cl.abstracta.us/blog/testing-exploratorio-entorno-agil/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [20] B. Pérez, «Gestión de las Pruebas Funcionales,» *Actas de Talleres de Ingeniería del Software y Bases de Datos*, vol. 1, pp. 37-42, 2007.
- [21] SUPERCIAS, «Superintendencia de Compañías, valores y seguros,» Enero 2021. [En línea]. Available: <https://appscvs.supercias.gob.ec/rankingCias/rankingCias.zul?id=G&tipo=5>.

[Último acceso: Octubre 2021].

- [22] P. Recuerdo de los Santos, "Telefónica," Septiembre 2020. [Online]. Available: <https://empresas.blogthinkbig.com/como-interpretar-la-matriz-deconfusion-ejemplo-practico/>. [Accessed Octubre 2021].

APÉNDICES

APÉNDICE A

SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

MEDICIÓN DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE LUEGO DE SU VISITA AL LOCAL
PILOTO DE LA CADENA MINORISTA

***Obligatorio**

Durante su visita en el local, ¿encontró todos los productos que buscaba? *

- Sí
- No

Si su respuesta anterior fue NO, por favor, indique si los productos que no encontró hoy en su visita, los ha comprado anteriormente en el local

- Si
- No

Si su respuesta inicial fue NO, por favor, indique ¿cuántos productos no encontró?

Durante su visita en el local, ¿observó espacios vacíos en las perchas, es decir, no había mercadería? *

- Sí
- No

Durante su visita en el local, ¿pudo observar a personas del local reponiendo productos en las perchas? *

- Sí • No

¿Cuál es su percepción del local?