

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PARA LA
DISPENSACIÓN DE DINERO EN EFECTIVO EN
BILLETES (DRON ATM)**

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA
MECATRÓNICA**

AUTOR:

Aaron Luis Reyes Castillo

ASESOR:

Carlos Saito Villanueva

Lima, diciembre de 2020

RESUMEN

El desarrollo tecnológico del sector financiero en el Perú está creciendo de manera acelerada. La competencia entre entidades financieras ya no solo se da en el campo de los productos, sino también en el uso que le dan a la tecnología para fortalecer su propuesta de valor y los servicios que ofrecen a los usuarios. Hoy todo gira en torno a la experiencia de usuario y la tendencia principal es la de la auto atención. Es así, que la innovación juega un rol crucial para lograr la diferenciación de la competencia.

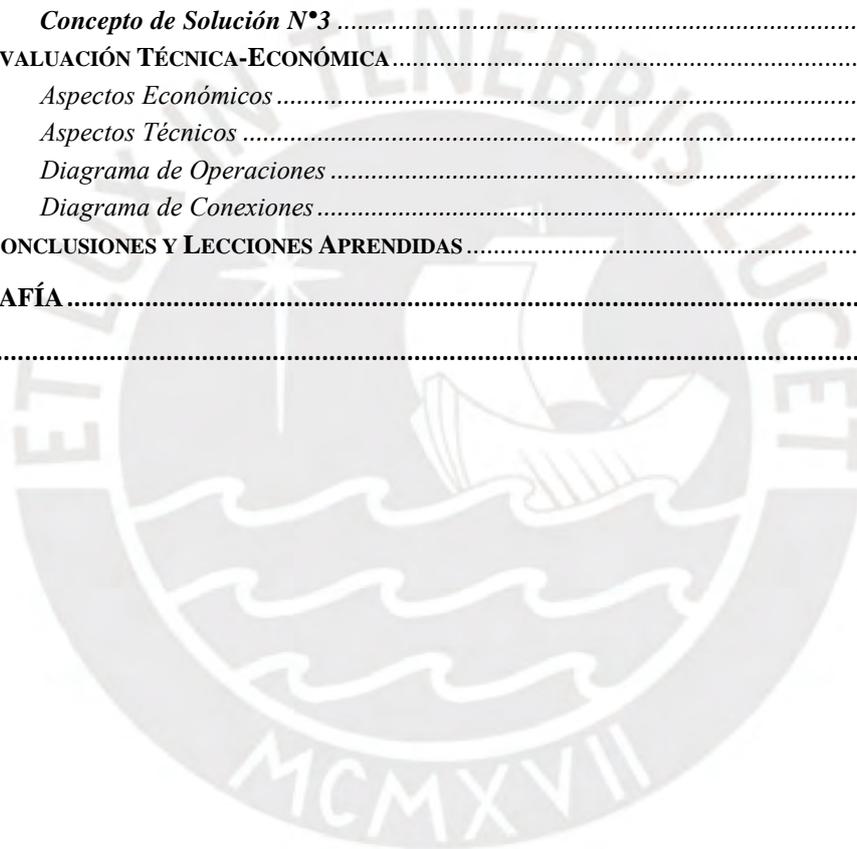
La tendencia de la digitalización de servicios ha llevado a que cada vez más usuarios se sumen al uso de la banca por internet y las aplicaciones. Los canales electrónicos, como es el caso de los cajeros automáticos, pasaron a verse como una transición hacia la digitalización, cuyo objetivo era incentivar la auto atención de los clientes, pero dentro de la seguridad de un entorno propio del banco. Sin embargo, se descubrió que así se logre una migración de usuarios hacia los canales digitales, estos mismos usuarios seguían utilizando los cajeros automáticos en ciertas ocasiones, debido a que su necesidad de efectivo no desaparecía al 100%. El motivo de esto principalmente es que la sociedad peruana (y latinoamericana en general) aún no está lista para la digitalización completa. La carencia de medios digitales en gran parte de establecimientos de venta recurrentes (mercados, bodegas), el posicionamiento del uso de efectivo para transacciones del día a día (como el transporte público) y la falta de confianza del usuario por utilizar canales digitales como medio de pago en un gran porcentaje de la población aún, hace que la necesidad de abastecimiento de efectivo siga latente. De este modo, la inserción de nuevas tecnologías que brinden facilidades complementarias para lograr mejorar la confianza en el público reacio a utilizar dichos medios y, del mismo modo, que permitan satisfacer sus necesidades esenciales, tales como la disposición de dinero en efectivo, van a lograr no solo fortalecer el puente hacia la digitalización total, sino satisfacer la necesidad real de los usuarios.

En el presente trabajo de investigación se desarrolla una propuesta de solución que permitirá distribuir dinero en efectivo por medio de un sistema accionado por drones, los cuales transportarán el contenido en maletines especiales y serán capaces de dispensar el monto solicitado por el usuario.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	II
INDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	2
ANTECEDENTES	2
1.1. PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. OBJETIVOS	6
1.3. METODOLOGÍA	7
CAPÍTULO 2	9
DESARROLLO DEL PROYECTO CONCEPTUAL	9
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	9
2.1.1. Drones, UAVs, RPAs.....	9
2.1.1.1. Aeronaves no tripuladas de uso profesional.....	10
2.1.1.1.1. DJI Matrice 600 Pro.....	11
2.1.1.1.2. R.A.S Pisku.....	12
2.1.1.1.3. Matternet M2 Drone.....	13
2.1.1.1.4. Percepto Sparrow	14
2.1.1.1.5. Amazon Prime Air	15
2.1.2. Cajeros Automáticos (ATM).....	16
2.2. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA	17
2.2.1. Componentes Principales de interés de Cajeros Automáticos	17
2.2.1.1. Módulo de Dispensación de dinero en efectivo.....	17
2.2.1.1.1. NCR 5635 Spray Currency Dispenser.....	17
2.2.1.1.2. Patente Europea - Máquina Bancaria automática que distribuye, recibe y almacena billetes y otras hojas de instrumentos financieros	20
2.2.2. Tecnologías de Administración de Energía	20
2.2.2.1. Baterías	20
2.2.2.1.1. Baterías de Iones de Litio (LI-ION).....	21
2.2.2.1.2. Baterías de Polímero de litio (LIPo).....	21
2.2.2.2. Cargadores	22
2.2.2.2.1. Wibotic Wireless Power System	22
2.2.2.2.2. Skysense High Power Drone Charging Pad	23
2.2.3. Tecnologías de Control	24
2.2.3.1. Microprocesadores	24
2.2.3.2. Microcontroladores	25
2.2.4. Tecnologías de Seguridad	26
2.2.4.1. Seguridad Lógica	26
2.2.4.1.1. Principales vectores de ataque.....	26
2.2.4.1.2. Contramedidas de seguridad lógica.....	27
2.2.4.2. Seguridad Física.....	28
2.2.4.2.1. Principales vectores de ataque.....	28
2.2.4.2.2. Contramedidas de seguridad física.....	29
2.2.5. Aplicaciones de interacción asociadas	30
2.2.5.1. UgCS.....	31

2.2.5.2.	DJI Ground Station Pro	31
2.2.5.3.	Mission Planner.....	32
2.3.	LISTA DE REQUERIMIENTOS.....	33
2.4.	ESTRUCTURA DE FUNCIONES.....	34
2.4.1.	<i>Caja Negra.....</i>	<i>34</i>
2.4.1.2.	Caja Negra del Sistema Central de Gestión de Datos.....	36
2.4.2.	<i>Estructura de Funciones Global</i>	<i>38</i>
2.4.2.1.	Función Global.....	38
2.4.2.2.	Lista de Funciones.....	38
2.4.2.2.1.	Lista de Funciones del Sistema Móvil de Dispensación.....	38
2.4.2.2.2.	Lista de Funciones del Sistema Central de Gestión de Datos.....	42
2.5.	MATRIZ MORFOLÓGICA.....	44
2.6.	CONCEPTOS DE SOLUCIÓN	50
2.6.1.	<i>Concepto de Solución N°1</i>	<i>50</i>
2.6.2.	<i>Concepto de Solución N°2</i>	<i>54</i>
2.6.3.	<i>Concepto de Solución N°3</i>	<i>57</i>
2.7.	EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA.....	63
2.7.1.	<i>Aspectos Económicos</i>	<i>63</i>
2.7.2.	<i>Aspectos Técnicos</i>	<i>64</i>
2.7.3.	<i>Diagrama de Operaciones</i>	<i>66</i>
2.7.4.	<i>Diagrama de Conexiones.....</i>	<i>69</i>
2.8.	CONCLUSIONES Y LECCIONES APRENDIDAS.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....		71
ANEXOS.....		74



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Operaciones con medio de pago bancario según canal	2
Figura 1. 2 Retiros de efectivo según canal: 2012-2016.	3
Figura 1. 3 Uso de efectivo y disponibilidad de ATM	4
Figura 1. 4 Productividad de transacciones mensuales por ATM del BCP.	5
Figura 2. 1 UAV de Ala Fija utilizado en el sector Militar	9
Figura 2. 2 UAV de Ala Rotatoria.....	10
Figura 2. 3 DJI Matrice 600 Pro	11
Figura 2. 4 R.A.S Pisu.	12
Figura 2. 5 Matternet M2 Drone.....	13
Figura 2. 6 Percepto Sparrow.	14
Figura 2. 7 Amazon Prime Air Drones.....	15
Figura 2. 8 Diagrama de bloques del funcionamiento general de un ATM.	16
Figura 2. 9 Esquema general de módulo de dispensación	18
Figura 2. 10 Maletín de almacenamiento de efectivo.....	18
Figura 2. 11 Módulo de selección	19
Figura 2. 12 Módulo presentador	19
Figura 2. 13 Vista frontal y de corte de la máquina bancaria.....	20
Figura 2. 14 Batería de iones de litio (Li-ion)	21
Figura 2. 15 Batería de polímero de litio (LiPo)	22
Figura 2. 16 Wibotic Wireless Power System.....	23
Figura 2. 17 Skysense High Power Drone Charging Pad.....	24
Figura 2. 18 Microprocesador Raspberry Pi 4.....	25
Figura 2. 19 Microcontrolador Arduino Yun rev 2.	26
Figura 2. 20 Planeamiento de misión por UgCS	31
Figura 2. 21 Interfaz Visual de DJI GS Pro.....	32
Figura 2. 22 Interfaz Visual de Mission Planner	32
Figura 2. 23 Composición General del Sistema de Dispensación de dinero en efectivo en billetes por vehículos aéreos no tripulados.....	34
Figura 2. 24 Caja Negra del Sistema Móvil de Dispensación	36
Figura 2. 25 Caja Negra del Sistema Central de Gestión de Datos	38
Figura 2. 26 Vista Isométrica del Módulo Dispensador de dinero en efectivo, Solución 1	50
Figura 2. 27 Estructura de nivel superior de Módulo de Dispensación.....	51
Figura 2. 28 Estructura de nivel medio de Módulo de Dispensación.....	52
Figura 2. 29 Estructura de nivel inferior de Módulo de Dispensación.....	53
Figura 2. 30 Detalle del diseño de la maleta extraíble para el módulo de dispensación del concepto de solución N°1	54
Figura 2. 31 Vista Isométrica del Módulo Dispensador de dinero en efectivo, Solución 2	55

Figura 2. 32 Estructura del nivel superior del Módulo de Dispensación	56
Figura 2. 33 Vista trasera del nivel superior del Módulo de Dispensación.....	56
Figura 2. 34 Composición interna de las gavetas del Módulo de Dispensación	57
Figura 2. 35 Vista Isométrica del Dispensador de dinero en efectivo, Solución 3.....	58
Figura 2. 36 Estructura de nivel superior de Módulo de Dispensación.....	59
Figura 2. 37 Estructura de nivel medio de Módulo de Dispensación.....	59
Figura 2. 38 Estructura de nivel inferior de Módulo de Dispensación.....	60
Figura 2. 39 Estructura Extraíble portadora de maletas del Módulo de Dispensación ..	61
Figura 2. 40 Estructura interna de la maleta de almacenamiento de dinero en efectivo	62
Figura 2. 41 Vista Isométrica de Sistema Móvil de Dispensación de la Solución Óptima	66
Figura 2. 42 Diagrama de Operaciones	67
Figura 2. 43 Diagrama de Operaciones en caso de Estado de Emergencia.....	68
Figura 2. 44 Diagrama de Conexiones del Sistema Móvil de Dispensación de la Solución Óptima	69



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Influencia de las modalidades de pago según tipo de consumo	3
Tabla 2. 1 Matriz morfológica del Módulo de Dispensación Portátil de dinero en efectivo del Sistema Móvil de Dispensación	44
Tabla 2. 2 Matriz morfológica del Dron del Sistema Móvil de Dispensación	47
Tabla 2. 3 Tabla de pesos de los criterios a evaluar (G).....	63
Tabla 2. 4 Tabla de puntajes para cada aspecto a evaluar (P)	63
Tabla 2. 5 Análisis de Aspectos Económicos.....	64
Tabla 2. 6 Análisis de Aspectos Técnicos	65
Tabla 2. 7 Comparación de Soluciones	65



INTRODUCCIÓN

Debido a los avances tecnológicos en los últimos años, el Perú se encuentra atravesando una revolución tecnológica en torno a la digitalización del sector financiero. Esto se evidencia en el aumento de servicios digitales, tales como las compras por internet, la banca móvil, la banca por celular; al igual que en el aumento de servicios electrónicos, representados principalmente por los terminales de punto de venta (POS) y los cajeros automáticos (ATMs) (Asbanc, 2017). Si bien la presencia de este tipo de servicios ha aumentado significativamente, la necesidad de las personas de contar con dinero en efectivo para realizar la mayoría de transacciones del día a día sigue latente.

Por otro lado, el uso de UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), o drones, para realizar entregas por delivery “se encuentra en un área de aplicación con un gran futuro de alto impacto comercial. La gran mayoría de las grandes corporaciones de envíos, tales como UPS, FedEx y Amazon se encuentran experimentando con sistemas de delivery basados en drones” (Chatterjee & Reza, 2019).

Las ventajas principales por las que el delivery basado en drones es una buena alternativa son debido a su “autonomía de operación, evasión de las redes tradicionales de tráfico y por una velocidad de entrega relativamente mayor”. (Yoo & Chankov, 2018)

Es por ello que surge la necesidad de implementar un sistema autónomo que ayude a lidiar la alta demanda de transacciones de dinero en efectivo, pero que a la vez sea lo suficientemente flexible como para movilizarse dentro de varios puntos en la ciudad de acuerdo a las necesidades del consumidor. Esta meta es posible por medio de la implementación de un sistema de entrega basado en drones.

El presente documento describe el diseño de un sistema aéreo no tripulado para la dispensación de dinero en efectivo en billetes. La investigación realizada considera desde el análisis de las tecnologías actuales asociadas a los drones de delivery y a los cajeros automáticos para entender el funcionamiento de ambos sistemas. Por otro lado, se realiza una lista de los requerimientos necesarios para la correcta operación del sistema, seguida de una estructura de funciones que ayuda a identificar la serie de labores a realizar. También se realiza una matriz morfológica para la correcta selección de componentes encargados de realizar las diversas tareas identificadas. Todo ello con la finalidad de realizar tres conceptos de solución que resuelvan la problemática principal y, entre ellos, elegir al más óptimo. Finalmente, se detallan las conclusiones y lecciones aprendidas sobre el trabajo.

CAPÍTULO 1

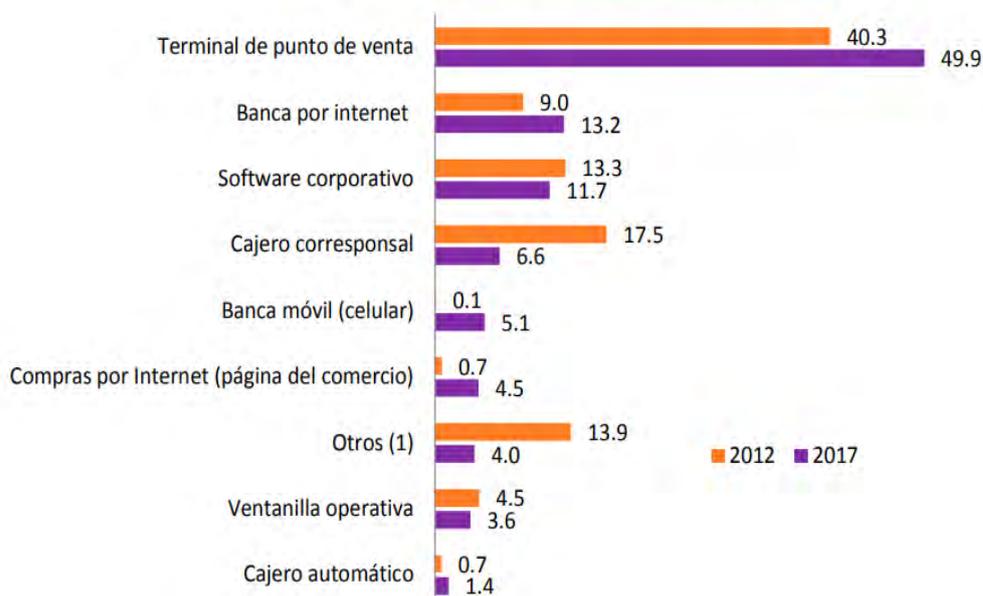
ANTECEDENTES

En el presente capítulo, se abordarán los temas asociados a la problemática actual de la importancia del valor del uso de dinero en efectivo en nuestra sociedad, realizando un análisis a nivel nacional respaldado por información estadística relacionada. Seguido del alcance del proyecto, los objetivos generales, específicos y la metodología a implementar a lo largo del desarrollo de esta propuesta.

1.1. Problemática

Gracias al avance tecnológico en el sector financiero en los últimos años, el uso de medios de pago de modalidad digital y electrónica están aumentando en las transacciones de banca, logrando así un paso más hacia la digitalización. Esto se puede apreciar en la Figura 1. 1, en la cual se observa el incremento en el uso de medios digitales como la banca por internet, la banca móvil, las compras por internet; y de medios electrónicos, como el terminal de punto de venta (POS), Cajero Automático, entre otros.

**Operaciones con medios de pago bancarios según canal
Participación según canal 2012 - 2017**



Fuente: ASBANC

(1) Incluye: Banca por Teléfono, Software de Cliente, e Instrucción directa del cliente por carta o fax.

Figura 1. 1 Operaciones con medio de pago bancario según canal
Fuente: (Asbanc, 2017)

Por ello, podemos afirmar la importancia del uso de los medios digitales y electrónicos en las transacciones bancarias; sin embargo, estas no son el único tipo de transacciones.

De hecho, de acuerdo a la Tabla 1. 1, más del 90% de las transacciones a nivel nacional se realizan en efectivo.

Tabla 1. 1 Influencia de las modalidades de pago según tipo de consumo.
Fuente: (Asbanc, 2017)

En los últimos doce meses, los medios de pago que usted generalmente utiliza para la compra de: (puede aceptarse más de una alternativa)					
Consumo\Medio de Pago	Efectivo	T. Débito	T. Crédito	Banca por Internet	Otro
1. Alimentos de consumo básico: pan, leche, papa, arroz, azúcar, etc	99.47%	2.22%	1.77%	0.05%	14.92%
2. Alimentos preparados para consumir dentro o fuera del hogar	99.64%	2.04%	1.29%	0.04%	0.50%
3. Productos de lavandería y de limpieza para el hogar	99.42%	1.88%	1.45%	0.02%	9.27%
4. Servicios de la vivienda	99.53%	0.90%	0.43%	0.52%	0.07%
5. Combustible para cocinar	99.75%	0.58%	0.34%	0.10%	0.91%
6. Productos de aseo personal	99.39%	1.75%	1.45%	0.03%	5.50%
7. Prendas de vestir, calzado, etc	99.29%	2.23%	2.15%	0.06%	1.53%
8. Muebles y enseres	98.42%	1.38%	1.76%	0.08%	0.88%
9. Artefactos, electrodomésticos	93.83%	3.44%	4.85%	0.13%	2.51%

(1) Comprende Falso (en bodega, restaurante, tienda); trueque, pago en especie, repaido, vale bono gas (FISE), entre otros.
Fuente: ENAHG, 4to trim 2017

Es por ello que podemos afirmar que el uso de dinero en efectivo a nivel nacional es muy importante.

Por otro lado, debemos de tener en cuenta dos situaciones: Por un lado, el primer medio abastecedor de dinero en efectivo proporcionado por el banco es el cajero automático (ATM), tal y como se puede observar en la Figura 1. 2

Retiros de efectivo según canal: 2012 - 2016
(Participación en %)

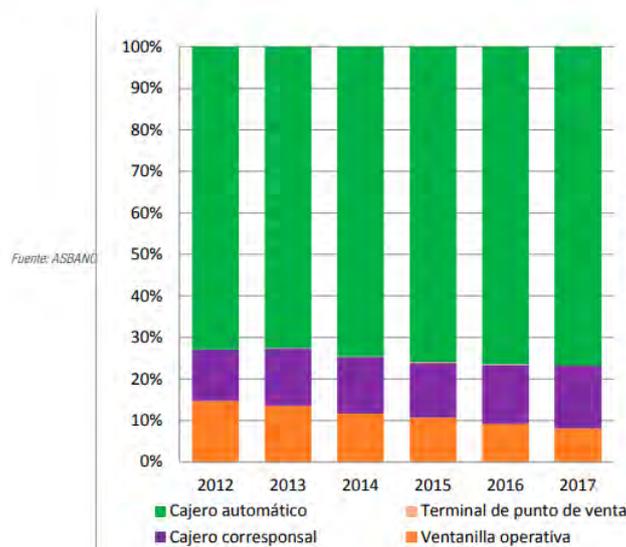


Figura 1. 2 Retiros de efectivo según canal: 2012-2016.
Fuente: (Asbanc, 2017)

La cuestión es poder identificar cómo el uso de este medio electrónico favorece al progreso de la digitalización.

Por el otro lado, como se puede observar en la Figura 1. 3, a medida que aumenta la disponibilidad de ATMs en una localidad, el público que no se encuentra acostumbrado a los medios digitales y/o electrónicos disminuye. Esto se debe a que dichos medios ofrecen una interfaz digital de autoatención que a medida que son utilizados por los usuarios, estos se van familiarizando con el entorno y desarrollan mejoras en sus habilidades para la interacción con sistemas digitales, favoreciendo el paso hacia la digitalización.

Uso de efectivo y disponibilidad de ATM

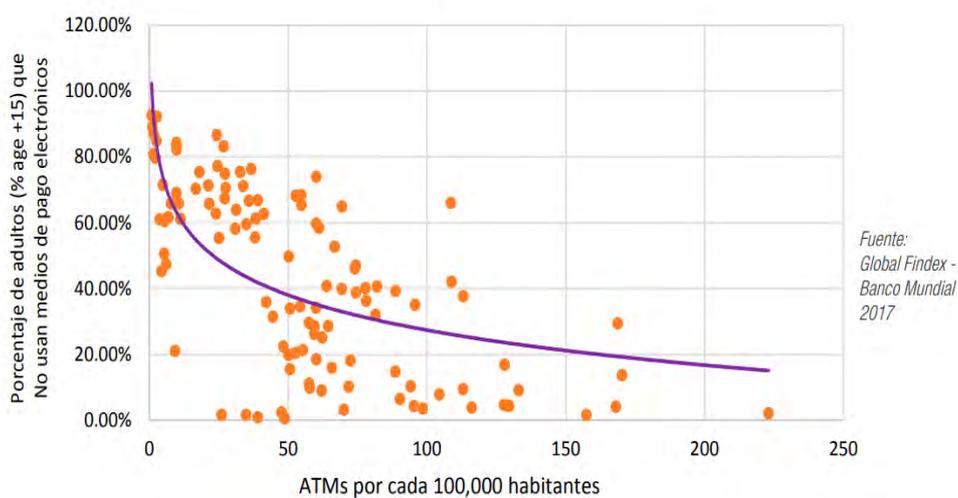


Figura 1. 3 Uso de efectivo y disponibilidad de ATM.
Fuente: (Asbanc, 2017)

Sin embargo, a pesar de que un usuario sea completamente digital, la necesidad de disponer de dinero en efectivo no se elimina. Es por esta razón de que por más digitalizado que sea el usuario, siempre va a tener la necesidad de recurrir a un cajero automático, a un agente bancario o a la atención en ventanilla. El problema surge dado que estas modalidades de abastecimiento implican un alto costo de mantenimiento, presentan poca flexibilidad ante la ocurrencia de errores y poca capacidad de respuesta frente a una alta demanda.

Una manera de medir la alta demanda en atenciones en cajeros es medir la productividad de transacciones mensuales que cada uno de ellos realiza. Según información obtenida en una entrevista realizada hacia el equipo de canales electrónicos del Banco de Crédito del Perú (BCP), se realizó un gráfico que se puede apreciar en la Figura 1. 4 que indica el número de transacciones en promedio realizadas en los cajeros automáticos mensualmente. Se evalúan los promedios obtenidos de transacciones de la gran parte de bancos a nivel nacional, seguido por los resultados a nivel de Latinoamérica, de los bancos líderes en digitalización en Latinoamérica y finalmente, las cifras obtenidas por el BCP.



*Figura 1. 4 Productividad de transacciones mensuales por ATM del BCP.
Fuente: (Equipo Canales Electrónicos BCP, comunicación personal, abril 2020)*

Como podemos observar en la Figura 1. 4, la saturación de transacciones mensuales en promedio que presentan los cajeros del BCP es elevada respecto de otras entidades. Esto reafirma la necesidad de desarrollar un sistema complementario para la descongestión de estos medios.

La información presentada delimita la problemática principal a abordar en este trabajo de investigación: La necesidad de poder brindarle dinero en efectivo a las personas, de digitalizar la banca aún más y de descongestionarla en simultáneo.

Para poder lograr la solución, será necesario contar con un sistema móvil de reparto de dinero en efectivo que permita realizar la operación de dispensación en un entorno seguro para el usuario. También es importante considerar un costo de implementación relativamente menor respecto de las opciones actualmente presentes en el mercado, de modo que no se justifique la adquisición de uno de estos medios. Como, por ejemplo, los ATMs, los cuales presentan un costo mayor, además de eliminar la facilidad de ser un sistema móvil, mucho más flexible para la atención de la demanda.

1.2. Objetivos

Para cumplir con las necesidades presentadas, se propone como OBJETIVO PRINCIPAL lo siguiente:

Diseñar un sistema de reparto de dinero en efectivo en billetes por medio de vehículos aéreos no tripulados (drones) con un rango de cobertura de viaje de 3 km. La finalidad es contribuir a digitalizar la banca y a descongestionar las largas colas de espera generadas en los bancos.

Los drones se encargarán de llevar el efectivo a módulos de recepción distribuidos capilarmente a lo largo de la ciudad. Dicho sistema puede ser controlado por el cliente (Banco) para poder enviarlos a atender a las zonas con mayor movimiento de transacciones. Por otro lado, este servicio también puede incluir una funcionalidad para que el usuario pueda solicitar el servicio desde una aplicación de celular anexada al banco al cual pertenece.

Para poder llevar a cabo el presente proyecto, se debe tomar en cuenta la realización de los siguientes OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar las tecnologías presentes de vehículos aéreos no tripulados (drones) y revisar las características y opciones existentes en la actualidad.
- Analizar las tecnologías presentes de módulos dispensadores de dinero en efectivo en billetes y revisar las características y opciones existentes en la actualidad.
- Desarrollar el módulo de dispensación portátil de dinero en efectivo considerando el espacio de almacenamiento y el peso, el cual no debe de exceder de 6 kg.
- Desarrollar el sistema de control que supervise el recorrido en todo momento y valide la información necesaria para realizar la transacción.
- Desarrollar el sistema de seguridad físico y lógico que proteja el contenido transportado (dinero en efectivo e información privada) de vandalismo y fraude durante todo el funcionamiento.
- Realizar el sistema de reconocimiento de usuario que presente los medios para poder realizar la validación de identidad del usuario.
- Realizar la interfaz gráfica de interacción con el usuario (APP) para poder configurar las características de la operación a realizar.

Cabe resaltar que para el funcionamiento completo del sistema será necesario implementar una estación de aterrizaje que permitirá al dron realizar las transacciones de manera segura. Sin embargo, el diseño de dicha estación queda fuera de los alcances del proyecto.

1.3. Metodología

La metodología a implementar en la presente investigación se basa en la estructura de diseño alemana VDI 2221

Dicho modelo, avalado por la Asociación alemana de Ingenieros, consiste en una propuesta para el modelado del diseño de productos y presenta los siguientes pasos para su elaboración:

Especificación: Contiene información puntual para poder desarrollar el producto, esta sección debe de describir todas las necesidades que el producto va a satisfacer. En el documento, este paso se logra por medio del análisis de la problemática enfocada en la necesidad de aumentar puntos de retiro de dinero en efectivo y de digitalizar la banca. En base a ella, el establecimiento de la propuesta de solución y de los objetivos generales y específicos asociados a las metas que el proyecto del dron ATM debe de cumplir. También contempla el desarrollo de fundamentos teóricos y el estado de la tecnología asociado a los RPA, ATM y los protocolos de seguridad contra vandalismo y fraudes.

Estructura funcional: Consiste en determinar las funciones de un producto. Se describe la función general que va a desempeñar y las funciones secundarias o subfunciones que permitirán al producto lograr su objetivo. La realización de dicha estructura se presenta, generalmente, por medio de diagramas formales. En el documento, este paso se logra por medio del reconocimiento de las exigencias que la propuesta debe de cumplir a través de una lista que las clasifique. Se considerarán exigencias como la geometría, el material, la materia con la que interactúa, los requerimientos que el software debe de cumplir, entre otros. A esta sección también le corresponde el desarrollo de una estructura de funciones donde, una vez reconocidos los subsistemas, se identifican las entradas y salidas de materia, energía y señales del proyecto.

Estructura modular: Se forma una estructura que proporciona una indicación preliminar de la descomposición de la solución en subgrupos, para poder definir las especificaciones de manera más precisa. En este paso, la metodología indica la creación de una matriz morfológica en donde se indica la gama de posibilidades para poder implementar cada subsistema, la cual servirá para discriminar la opción más indicada. En el proyecto se considerarán las opciones disponibles para la implementación del producto, tales como motores, tipos de baterías, tipos de sistemas de control disponibles, entre otros criterios.

Solución Principal: Se realiza una búsqueda de principios de solución para todas las subfunciones. La combinación de los principios más óptimos para la realización de las subfunciones brindará una base para la búsqueda de soluciones para la función global. En el documento, este paso se logra gracias a la matriz morfológica elaborada, la cual brindará una gama de opciones para realizar la selección de los módulos más óptimos. Y posterior a ello, el desarrollo de conceptos de solución, que son las posibilidades de implementación del producto. Dicho proceso se verá reflejado en el proyecto por medio de la selección específica de cada componente ideal que formará parte de los subsistemas.

Diseños Preliminares: Consiste en realizar una serie de propuestas de diseños que abarquen los módulos principales. La complejidad de estas propuestas solo debe de llevarse a cabo a tal punto que sea claro para poder tomar una decisión de elección del diseño más óptimo. Esta fase es implementada por medio de dibujos a escala, diagramas de circuito, etc. En el documento, una vez seleccionados los componentes a utilizar por medio de la matriz morfológica, esta fase estará representada por el desarrollo de las posibilidades de implementación, que darán pase a la solución escogida para comenzar el desarrollo a detalle del producto final. Dicho proceso será ejecutado por medio del desarrollo de las propuestas de módulos de reparto de dinero en efectivo.

Diseño Definitivo: El diseño preliminar más óptimo escogido se complementa adicionando información más detallada sobre conjuntos y componentes no considerados anteriormente. Esta fase contiene toda la información esencial para realizar el producto. Los elementos que contiene son los planos de diseño del producto, así como los planos de las piezas preliminares, planos eléctricos, entre otros. En el documento, esta fase implica el desarrollo de los planos de ensamble y despiece de todo el proyecto para brindar todas las facilidades de la fabricación del mismo. También se toma en cuenta un cálculo preliminar de costos para la elaboración. Todo el proceso mencionado se visualizará por medio del desarrollo de los planos de detalle, despiece y ensamble de cada componente principal del módulo de dispensación y su relación de sujeción al dron.

Documentos del Producto: Se preparan todas las instrucciones de funcionamiento, avaladas por el departamento de diseño, Esta etapa coincide con la anterior. El resultado de esta etapa es la presentación del conjunto de documentos del producto por medio de dibujos de detalle y ensamble, lista de piezas, entre otros. Finalmente, en esta sección se documentan las conclusiones del desarrollo del proyecto, las lecciones aprendidas, los manuales de uso y la bibliografía respectiva. (Arias et al., 2018)

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO CONCEPTUAL

En este capítulo se presentarán temas asociados al desarrollo del proyecto por medio de sus tecnologías. Se tendrán en consideración conceptos asociados a aeronaves no tripuladas, conocidas como drones o UAVs (por sus siglas en inglés: *unmanned aerial vehicles*). También se presentarán tecnologías asociadas a la dispensación de dinero en efectivo de manera automática. El estudio de las tecnologías presentes es esencial para tener una base inicial para poder modelar las propuestas de solución.

2.1 Fundamentos Teóricos

2.1.1. Drones, UAVs, RPAs

Los drones, conocidos como UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) o también como RPAs (*Remotely Piloted Aircrafts*) presentan fundamentalmente dos clasificaciones generales: los drones de ala fija y los de ala rotatoria. (Montero, 2016)

Los drones de ala fija presentan una estructura que genera fuerzas sustentadoras que les permite un mayor tiempo de vuelo. Presentan una estética similar a los aeromodelos de radiocontrol, tal y como se observa en la Figura 2. 1.



Figura 2. 1 UAV de Ala Fija utilizado en el sector Militar.
Fuente: (Montero, 2016)

Su principal aporte es la gran autonomía de vuelo que presentan dada su estructura. Son ideales para realiza el mapeo de grandes extensiones de terreno; por ello, son muy utilizados en la agricultura y la fotogrametría. Sin embargo, sus principales desventajas son que no pueden realizar vuelos estacionarios, ni su despegue ni su aterrizaje pueden realizarse de manera vertical y que su aterrizaje requiere de un área grande.

Los drones de ala rotatoria son llamados también multirrotores. A diferencia de los drones de ala fija, la forma de sustentación de estas aeronaves se produce por medio de las fuerzas que produce el giro de sus rotores. En la Figura 2. 2 podemos apreciar un ejemplo de este tipo de drones.



*Figura 2. 2 UAV de Ala Rotatoria.
Fuente (Montero, 2016)*

La principal diferencia que los distingue es su versatilidad para movilizarse en el terreno. Gracias a su configuración estructural, son capaces de realizar vuelos estacionarios y de despegar de manera vertical, permitiéndoles movilidad por lugares más dificultosos. Es por ello que se los emplea en labores de inspección y fotografía. Sin embargo, su principal desventaja es su autonomía de vuelo. debido al elevado consumo energético que presentan los rotores, la mayoría de estos diseños no superan los 20 minutos de autonomía.(Aerial Insights, 2018b)

2.1.1.1. Aeronaves no tripuladas de uso profesional

Dentro de las Aeronaves no Tripuladas de uso profesional, las cuales varían de acuerdo a las aplicaciones, se están considerando aeronaves que cumplan con la necesidad de llevar módulos pesados y; por otro lado, con la cualidad de ser autónomas. Dentro de las aeronaves de carga, se están considerando los modelos DJI Matrice 600 Pro y R.A.S Pisu. Dentro de las aeronaves de funcionalidad autónoma, se están considerando los diseños de Matternet, Amazon y Percepto.

2.1.1.1.1. DJI Matrice 600 Pro

Dron de uso profesional de alto performance, presenta una estructura de diseño modular que le permite añadir diferentes ampliaciones para aplicaciones profesionales. La estructura contempla el controlador A3 Pro Flight, el sistema de transmisión de datos HD Lightbridge 2 y un sistema de manejo de carga con 6 baterías inteligentes. El sistema de control está diseñado para ser autoadaptable de acuerdo con la carga que esté llevando. También está diseñado para soportar interferencias magnéticas y proveer una precisión de posición a nivel de centímetros.(DJI, 2020a)

Dentro de sus características principales, podemos resaltar:

- Dimensiones de 1668 mm x 1518 mm x 727 mm con hélices, brazos de base y montura de GPS desplegados.
- Rango de alcance máximo de 5 km. (Test realizado en áreas libre de interferencia, puede variar de acuerdo a la zona)
- Duración de vuelo extendida. Para el paquete standard de baterías TB47S: 32 min sin carga y 16 min con carga adicional de 6 kg. Para el paquete opcional de baterías TB48S (venta por separado): 38 min sin carga y 18 min con carga adicional de 5.5 kg.
- Peso de 9.1 kg, con capacidad de carga adicional de 6 kg.
- Velocidad máxima de 65 km/h en un ambiente libre de viento.
- Velocidad máxima de ascenso de 5 m/s y máxima de descenso de 3m/s
- Precio base de 5 699 USD (DJI, 2020a)



Figura 2. 3 DJI Matrice 600 Pro
Fuente: (DJI, 2020a)

2.1.1.1.2. R.A.S PISQU

ARP de diseño especial para labores de rescate. Capaz de cargar 25 kg adicionales con la finalidad de ayudar a transportar equipos de rescate y potenciar la eficacia de la operación.(R.A.S., 2020)

Dentro de sus características principales, podemos resaltar:

- Diámetro de ejes de 1450 mm
- Rango de Acción de 1 km con carga
- Tiempo de vuelo de 30 min sin carga y 20 min con carga de 9 kg
- Peso de despegue de 25 kg y con capacidad de carga de 25 kg adicionales.
- Velocidad máxima de 80 km/h
- Capacidad de 6 baterías de 16 000 mAh x 8 unidades (R.A.S., 2020)



*Figura 2. 4 R.A.S PISQU.
Fuente: (R.A.S., 2020)*

2.1.1.1.3. Matternet M2 Drone

Dron producido por la empresa Matternet, enfocada en la implementación de drones destinados al servicio social por medio del transporte de objetos. El modelo M2 está siendo utilizado actualmente para el transporte de artículos clínicos, tales como medicinas recetadas que son llevadas a pacientes. En este caso, el sistema se encarga de realizar envíos a la comunidad más grande de jubilados de Florida, USA, hogar de más de 135 000 residentes. El sistema también permite llevar muestras de exámenes clínicos de pacientes a los laboratorios para su posterior análisis (UPS & Matternet, 2020)

El sistema contempla una estación de aterrizaje, dicha estación está conectada con el servidor o la nube de Matternet que facilita el monitoreo remoto de la ruta, la inspección de vehículos y el control del espacio aéreo para poder garantizar un despegue y viaje seguro. (Matternet, 2020)

El desarrollo de esta estación, y del sistema en general, contempla un criterio importante para brindar autonomía al sistema. El concepto es conocido como “*Drone in a Box*”, consiste en el desarrollo de tecnologías que permitan brindar a los drones “cajas” o estaciones desde las cuales puedan desplegarse y aterrizar.

El modelo actual que utilizan es el M2, el cual presenta las siguientes características:

- Dimensiones: 1280 mm x 1280 mm x 260 mm
- Rango de Acción de 20 km con carga de 1kg (sin viento y a la altura del nivel del mar)
- Peso de despegue de 9.5 kg y con capacidad de carga de 2 kg adicionales
- Volumen de almacenamiento de 4 L
- Velocidad máxima de 36 km/h
- Rango de precio: 5000 - 7500 USD (Matternet, 2020)



Figura 2. 5 Matternet M2 Drone.
Fuente: (Matternet, 2020)

2.1.1.1.4. Percepto Sparrow

Solución proporcionada por la empresa Percepto, consiste en un dron multifuncional de alto rendimiento para labores de inspección, vigilancia y prevención en entornos industriales. Su diseño también contempla el concepto de “*Drone in a box*” ya que puede ser colocado dentro del lugar de trabajo gracias a su estación base. Está diseñado para soportar climas adversos para permitir realizar operaciones durante todo el año.

Debido a su tecnología de vanguardia, Percepto ofrece un potente robot aéreo para realizar labores complejas durante todo el día. (Percepto, 2020a)

Las características principales del modelo Percepto Sparrow son las siguientes:

- Dimensiones: distancia diagonal entre propulsores de 1062 mm
- Autonomía de vuelo de 38 minutos con capacidad máxima de carga
- Tiempo de carga de 40 minutos
- Rango de operación máximo de 5 km (sin considerar uso de red LTE, en el cual se vuelve ilimitado)
- Velocidad máxima de 75 km/h
- Peso máximo de despegue de 10 kg
- Peso (incluida la carga estándar) de 8.5kg (Percepto, 2020b)



Figura 2. 6 Percepto Sparrow.
Fuente: (Percepto, 2020a)

2.1.1.1.5. Amazon Prime Air

Se trata de un sistema de reparto desarrollado por Amazon con la finalidad de realizar entregas a los consumidores en tiempos récord de menos de 30 minutos, con un especial cuidado de la integridad del contenido. Su herramienta principal a utilizar será el uso de UAVs. Este sistema consta de varios prototipos de RPAs con varias cualidades, entre las que destacan la seguridad, la eficiencia, la estabilidad y el cuidado del medio ambiente.(Amazon, 2020)

A pesar de que los diseños implementados por Amazon son diversos, la mayoría presenta objetivos y especificaciones en común:

- Capacidad de carga de 2 kg
- Diseño contempla múltiples redundancias frente a fallas
- Sistema de sensado para esquivar obstáculos
- Rango de alcance de 24 km (15 millas)
- Incorporación de algoritmos avanzados de visión por computadora y machine learning para discriminar entre objetos estáticos y en movimiento (detección de cableado, por ejemplo). (Amazon, 2019)



Figura 2. 7 Amazon Prime Air Drones
Fuente: (Amazon, 2020)

2.1.2. Cajeros Automáticos (ATM)

Los cajeros automáticos son sistemas electromecánicos muy utilizados en la actualidad. La función principal que presentan es la dispensación de dinero en efectivo, aunque también presentan otras modalidades, como la de depósito de efectivo, pago de tarjetas de crédito, pago de servicios, transferencias de dinero, entre otras. En la Figura 2. 8 se muestra un diagrama de flujo del funcionamiento general de un cajero automático.

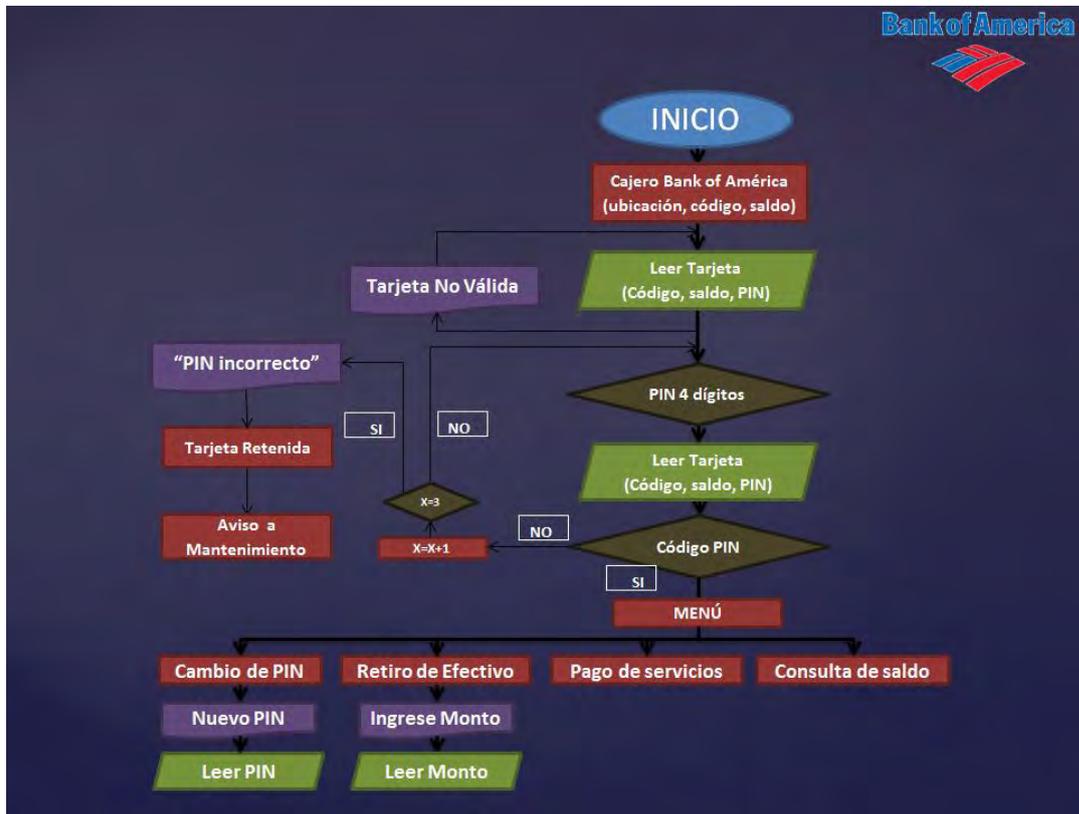


Figura 2. 8 Diagrama de bloques del funcionamiento general de un ATM.
Fuente: (Ingenieria.es, 2017)

Los cajeros automáticos cuentan con funciones diferentes dependiendo de la necesidad de cada banco. Pero en términos de clasificación, se pueden clasificar en dos grupos: los cajeros full y los cajeros cash.

Los cajeros automáticos full o de retiro y depósito son los que permiten realizar retiros y depósitos y por ello son los más completos. Estos suelen ser los cajeros de atención principales ubicados dentro de las agencias. Dentro de ellos se encuentran los cajeros multifunción y los cajeros recicladores. Los cajeros multifunción se encargan de dispensar dinero en efectivo y a la vez aceptar depósitos porque cuentan con una maleta de recepción de billetes independiente de los retiros. Por otro lado, existen los cajeros recicladores, de tecnología más moderna, los cuales disponen de las mismas características que los cajeros multifunción, a diferencia de que el módulo de recepción de dinero en efectivo que disponen, les permite recircular los billetes en buen estado para ser utilizados en las operaciones de retiro. De este modo, la frecuencia de abastecimiento de dinero en efectivo del cajero se reduce en un 20% a 30%. (Gestión, 2016)

Los cajeros automáticos cash o dispensadores son aquellos que solo permiten realizar retiros. Suelen ser cajeros secundarios debido a su limitación de funciones. También son los más comunes de encontrar en centros comerciales, supermercados, estaciones de servicio, entre otros.

2.2. Estado de la Tecnología

En esta sección se presentarán artículos, tales como patentes, tesis y artículos de publicación de modelos asociados tanto a drones como ATMs.

2.2.1. Componentes Principales de interés de Cajeros Automáticos

Los cajeros automáticos modernos presentan una estructura modular; es decir, están compuestos por diversos módulos destinados a realizar una función en particular. Entre los módulos que presentan, cabe resaltar, por ejemplo, los módulos de dispensación de dinero en efectivo, las impresoras térmicas de recibos de venta, las lectoras de tarjetas y los módulos de depósito de dinero en efectivo. Dado que el proyecto a realizar se enfoca en la dispensación de dinero en efectivo, el interés se centrará en comprender el funcionamiento del módulo dispensador de efectivo y en tecnologías asociadas. A continuación, se presenta el funcionamiento de dicho subsistema.

2.2.1.1. Módulo de Dispensación de dinero en efectivo

2.2.1.1.1. NCR 5635 Spray Currency Dispenser

Módulo dispensador de dinero en efectivo diseñado por la compañía NCR. Su función principal es tomar el dinero en efectivo de un almacenamiento seguro, revisarlo y presentarlo al usuario. La comunicación entre el dispositivo y la computadora se realiza por medio de la interfaz serial RS-232-C. El dispensador está conformado por los siguientes componentes: maletines de almacenamiento de efectivo, módulos de selección, un presentador y una placa de control. El funcionamiento del dispensador se explicará a continuación en términos generales.

El dispensador contiene entre uno a cuatro módulos de selección conectados a un módulo presentador. Cada módulo de selección presenta su posición de recojo, desde la cual se toma el efectivo y se lo lleva hacia el presentador. Dado que su estructura es vertical, la posición de recojo 1 se encuentra debajo del presentador, la posición de recojo 2 se encuentra debajo de la posición de recojo 1 y así sucesivamente. Las maletas de almacenamiento se enganchan en los módulos de selección, el efectivo es recogido por el módulo de selección de las maletas y posteriormente enviado al presentador para entregarle el efectivo al usuario. El efectivo atascado o que presente defectos durante el proceso, es almacenado en una maleta de depuración (NCR, 2002). En la Figura 2. 9 se aprecia un diagrama que indica los componentes del dispensador, al igual que el recorrido de los billetes desde las maletas hasta la salida del presentador. Las Figura 2. 10, Figura 2. 11 y Figura 2. 12 son ilustraciones de los módulos principales del dispensador de efectivo.

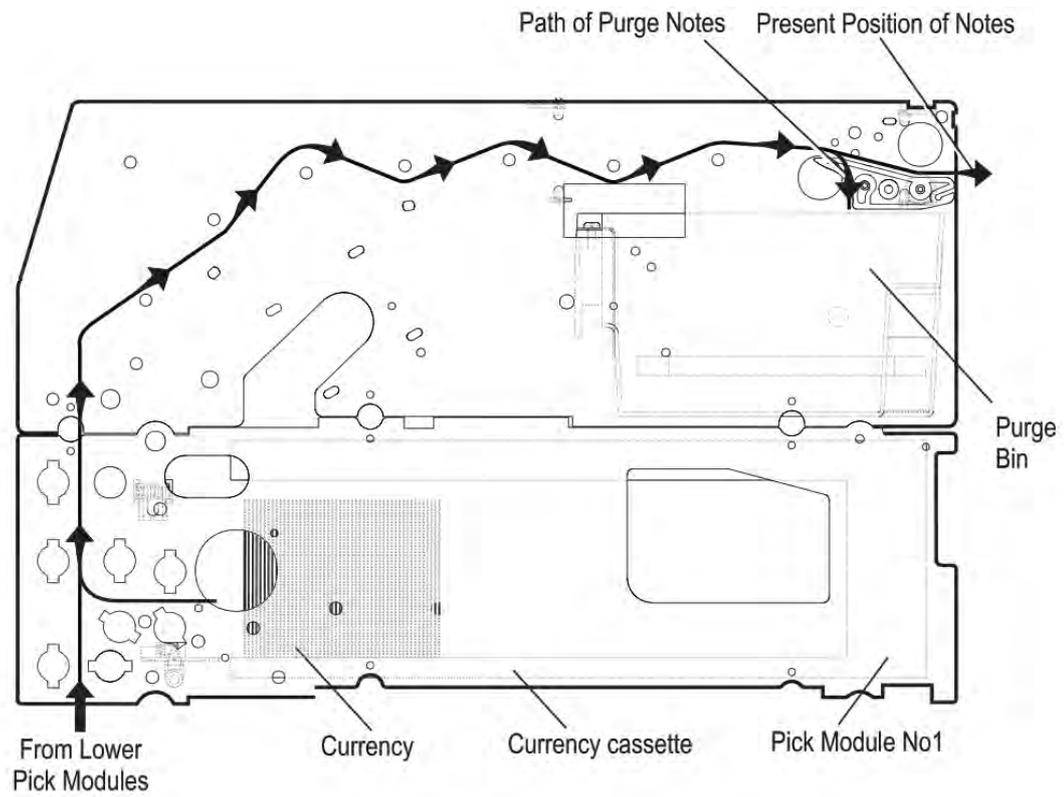


Figura 2. 9 Esquema general de módulo de dispensación
Fuente: (NCR, 2002)

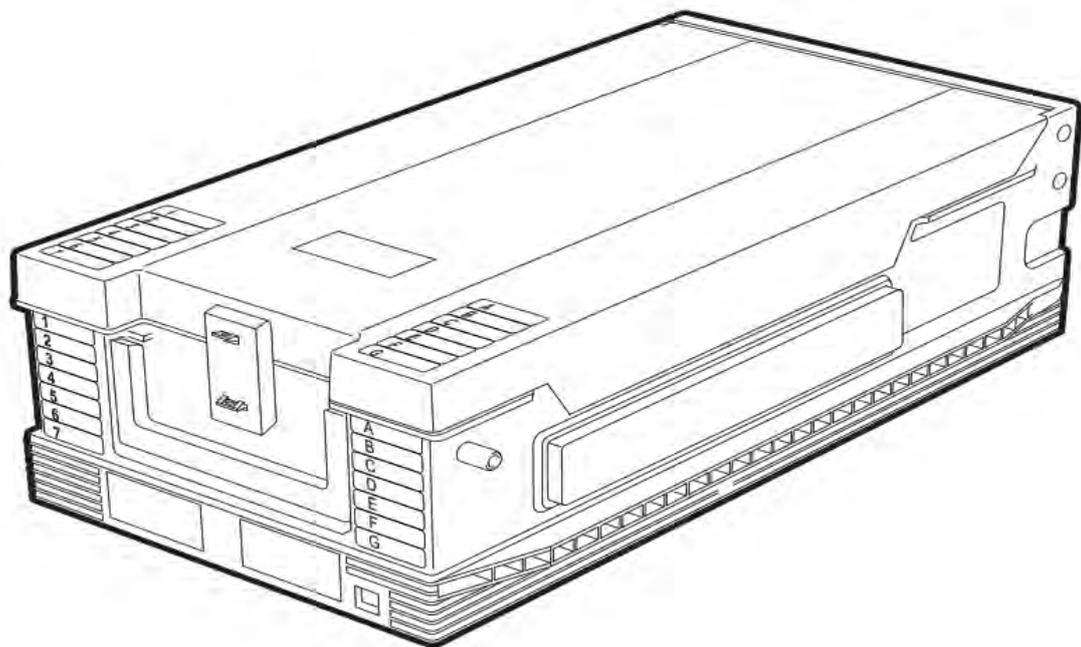


Figura 2. 10 Maletín de almacenamiento de efectivo.
Fuente: (NCR, 2002)

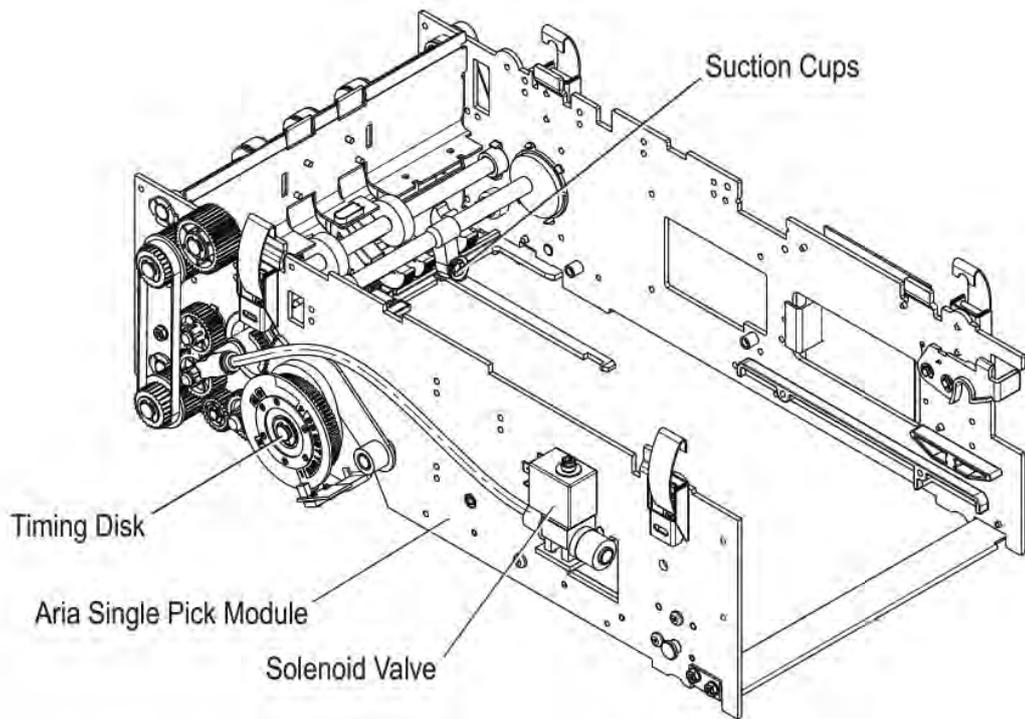


Figura 2. 11 Módulo de selección.
Fuente: (NCR, 2002)

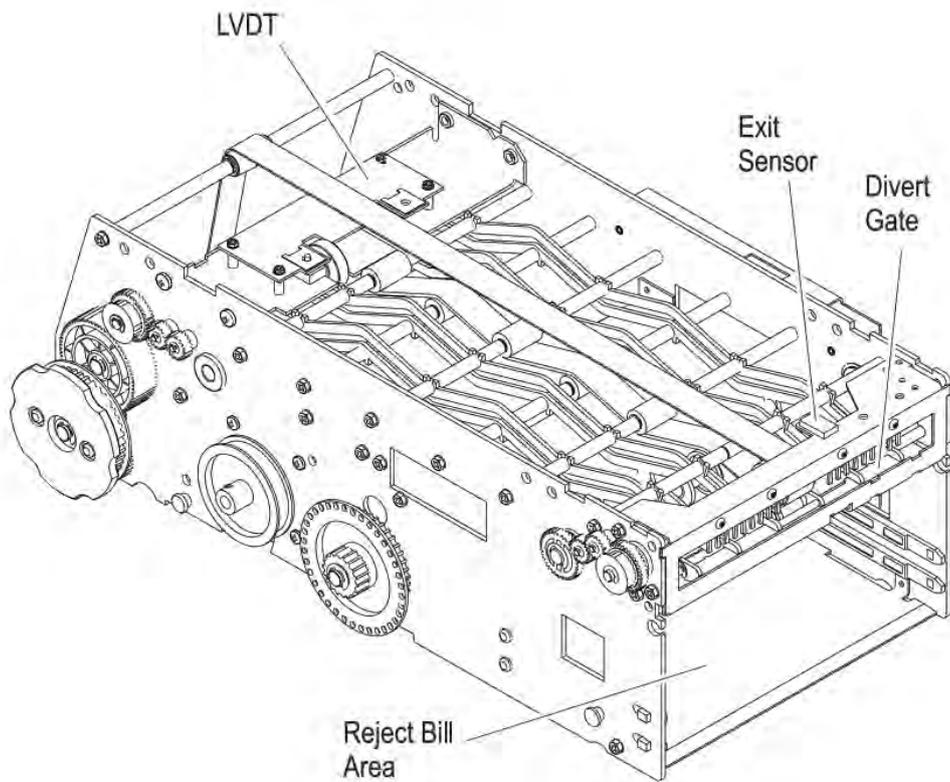


Figura 2. 12 Módulo presentador.
Fuente: (NCR, 2002)

2.2.1.1.2. Patente Europea - Máquina Bancaria automática que distribuye, recibe y almacena billetes y otras hojas de instrumentos financieros

La patente citada describe el diseño de una máquina bancaria con diferentes aplicaciones específicas según una serie de criterios de invención. Las diferentes especificaciones consideradas son la capacidad de manipular hojas de instrumentos financieros, mejoras en la seguridad, interacción más sencilla con el usuario, resistencia mejorada al ambiente, acceso de reparación mejorado, entre otras. A lo largo de la patente se explican diversos requerimientos seguidos de las especificaciones de diseño consideradas para satisfacer dichos requerimientos. Finalmente, se muestran esquemas que plasman todos los componentes considerados en el diseño del mecanismo debidamente numerados (Diebold Inc., 2005). En la Figura 2. 13 se observan dos tipos diferentes de vistas del diseño.

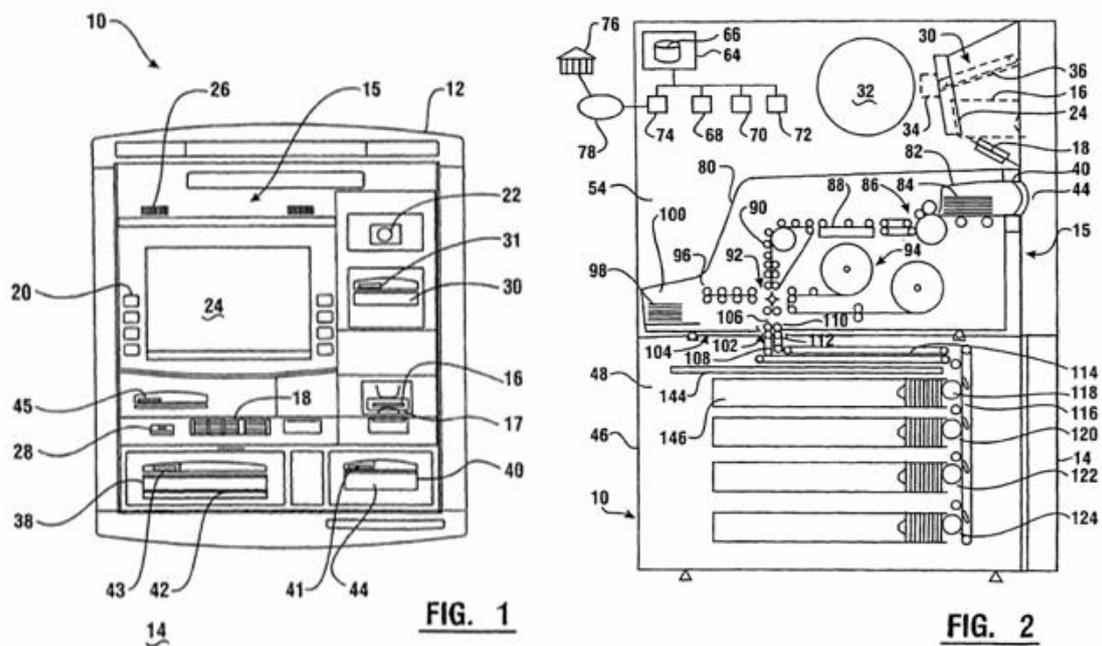


Figura 2. 13 Vista frontal y de corte de la máquina bancaria
Fuente: (Diebold Inc., 2005)

2.2.2. Tecnologías de Administración de Energía

Un factor importante de evaluar es la gestión de la energía en el sistema móvil. Para ello debemos considerar las opciones de fuentes de energía disponibles en la actualidad y los métodos para poder automatizar el proceso de recarga.

2.2.2.1. Baterías

Para poder escoger baterías que se ajusten a las necesidades del proyecto, se están considerando una serie de factores, tales como la larga duración, que sean recargables, que sean livianas y que soporten ciclos de alta demanda energética. Dentro de las opciones existentes podemos resaltar las baterías de iones de litio (LI-ION) y las de polímero de litio (LIPo).

2.2.2.1.1. Baterías de Iones de Litio (LI-ION)

Las baterías de iones de litio han permitido el desarrollo de la tecnología electrónica portátil más que ningún otro tipo de baterías. Destacan por su alta densidad energética, por presentar acumuladores pequeños y ligeros con elevada unidad de carga. También contemplan un bajo efecto de memoria; es decir, permiten varios ciclos de carga y descarga sin verse afectado el rendimiento del acumulador. Como desventajas, podemos mencionar que su vida útil es media, los tiempos de reemplazo de baterías no superan los 3 años y su duración por ciclo de carga para las principales aplicaciones de electrónica es de un día. El número de ciclos de carga estimado también es limitado. En promedio, luego de 1000 ciclos de carga, el rendimiento de la batería ha disminuido considerablemente. Por otro lado, son muy sensibles a la temperatura, un sobrecalentamiento excesivo puede ocasionar que exploten; en contraparte, un entorno de bajas temperaturas disminuye su rendimiento. También son muy susceptibles a descargas completas; es decir, les resulta muy perjudicial en su rendimiento el hecho de descargarse por completo. Finalmente, su manufactura es costosa y por lo general se utilizan estabilizadores porque su salida de corriente es inestable. (Baterías de Grafeno, 2016)



Figura 2. 14 Batería de iones de litio (Li-ion)
Fuente: (Freepng.es, 2020)

2.2.2.1.2. Baterías de Polímero de litio (LIPo)

Las baterías de polímero de litio son una variación de las baterías de iones de litio. A comparación, presentan una densidad energética superior y mejoras en la tasa de descarga. Este tipo de baterías son utilizadas ampliamente en aplicaciones que requieran bajo peso y tamaño reducido, tales como sistemas de radio control, aviones, helicópteros, drones, celulares, cámaras, entre otros. Como desventajas, es importante resaltar que estas baterías corren el riesgo de explotar o incendiarse en caso de ocasionarse un corto eléctrico dada su alta capacidad de descarga. Con el tiempo estas baterías tienden a hincharse. Factores como la sobredescarga, la sobret temperatura y el sobrevoltaje suelen acelerar este proceso. Por lo tanto, es muy importante controlar estas variables durante su uso. Por otro lado, el proceso de carga de estas baterías es delicado porque el flujo de carga no puede ser superior a la capacidad permitida por la batería. Finalmente, durante su uso es recomendable que su voltaje se reduzca a 3.2 V para poder cargarla de nuevo.

El voltaje en la celda no debe reducirse por debajo de los 3 V, si esto ocurre, puede dañar la batería de manera reversible. (Dynamo, 2020)



Figura 2. 15 Batería de polímero de litio (LiPo).
Fuente: (Freepng.es, 2020)

2.2.2.2. Cargadores

Con la visión de poder lograr un sistema autónomo, se ha realizado una investigación de tecnologías que brinden un sistema de recarga que permitan al vehículo recuperar su energía sin la necesidad de ayuda humana directa. Es por ello que se han considerado dentro de la investigación los siguientes módulos de recarga de drones.

2.2.2.2.1. Wibotic Wireless Power System

Wibotic es una empresa encargada de brindar soluciones innovadoras para la carga autónoma de drones, robots, o cualquier dispositivo que utilice baterías. Además, los módulos que ofrecen son perfectamente compatibles con los diseños más comerciales, tales como los drones de DJI.

Dentro de sus productos, resalta el sistema de poder con transmisor TR-300 y cargador de acople OC-300 para poder realizar una carga inalámbrica (Wibotic, 2019). Algunas de las especificaciones principales de estos módulos son las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 90-264 VAC
- Frecuencia de entrada: 50-60 Hz
- Compatibilidad con Baterías LiPo, LiFePO4, Li-ion, SLA, NMH
- Rango de Voltaje de batería: 0-58.4 VDC
- Corriente Máxima de carga: 30 A
- Potencia máxima de carga: 300 W (Wibotic, 2019)



*Figura 2. 16 Wibotic Wireless Power System.
Fuente: (Wibotic, 2019)*

2.2.2.2.2. Skysense High Power Drone Charging Pad

La empresa Skysense ofrece una estación de carga para drones que ofrece un proceso de carga inteligente. Esta solución permite cargar drones comerciales de forma remota. El diseño es compatible con drones comerciales como DJI. El proceso de instalación resulta bastante sencillo. La característica principal de este diseño es que el Skysense DJI Retrofit-kit resulta ser tan liviano que no afecta la duración de vuelo del dron (Skysense, 2018).

El módulo de carga se ofrece en dos versiones, permitiendo una carga rápida y eficiente tanto en ambientes exteriores como en interiores. Algunas de las principales características del sistema de carga para interiores son las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 110-240 VAC
- Frecuencia de entrada: 50-60 Hz
- Compatible con baterías LiPo 3-12S
- Software de control conectado con la nube/LAN
- Potencia de 350W y 92% de eficiencia
- Peso adicional en dron de únicamente 20g
- Tolerante al error en aterrizaje, basta que aterrice en cualquier lugar del pad para iniciar la carga
- Fácil Instalación (Skysense, 2018)



*Figura 2. 17 Skysense High Power Drone Charging Pad.
Fuente: (Skysense, 2018)*

2.2.3. Tecnologías de Control

Para poder realizar el diseño del sistema de dispensación portátil, es necesario considerar una tecnología de control compacto, que permita la recepción y envío de datos, el almacenamiento de datos personales necesarios para realizar la transacción, que permita incorporar técnicas de seguridad lógica y que accione todos los sensores y actuadores necesarios para el proceso de dispensación de dinero efectivo en billetes. A continuación, se presentan las alternativas disponibles para la elección del controlador apropiado.

2.2.3.1. Microprocesadores

Los microprocesadores (uP) son la parte central de un computador, encargada del manejo exhaustivo de datos y operaciones lógicas. El microprocesador es la unidad central de procesamiento contenida en un chip. Su ventaja principal es que permite una mejor gestión y procesamiento de datos gracias a que presenta una elevada potencia de cálculo (WordPress, 2015). A continuación, se presentan sus características más resaltantes:

- Frecuencia de procesamiento en el orden de GHz
- Normalmente opera en conjunto con una memoria RAM, una memoria ROM y un decodificador de direcciones
- De estructura compleja y en conjunto con los elementos adicionales que necesita para operar, el precio es mayor.
- Resulta ser más susceptible al ruido electromagnético por su cableado externo entre componentes (Fundación Carlos Slim, 2020)

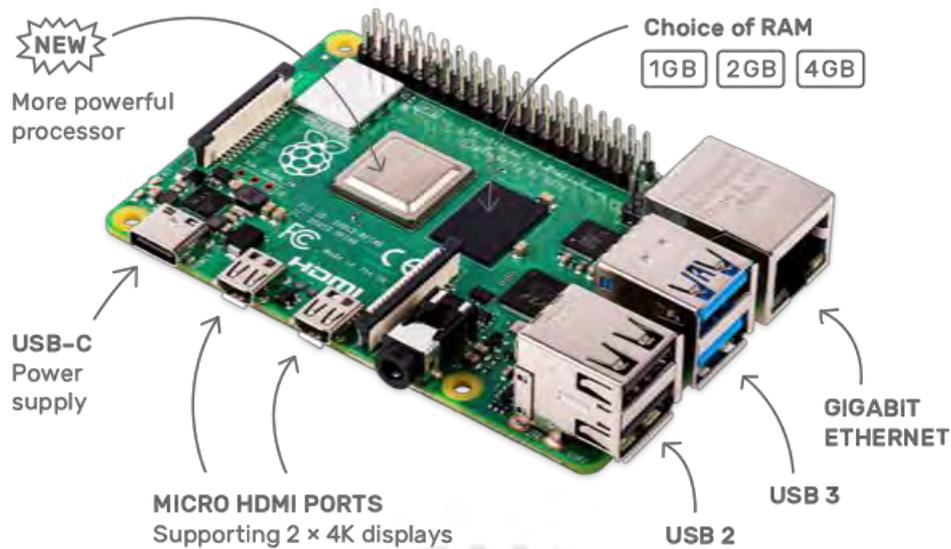


Figura 2. 18 Microprocesador Raspberry Pi 4.
Fuente: (Raspberry Pi, 2020)

2.2.3.2. Microcontroladores

Los microcontroladores (uC) son circuitos integrados capaces de ejecutar instrucciones grabadas en su memoria. Están compuestos principalmente por una unidad central de procesamiento (CPU), memoria y periféricos de entrada y salida. Su ventaja principal es que permite un mejor control de dispositivos de interacción física (sensores y actuadores); sin embargo, frente a operaciones exhaustivas de manejo de datos, no son la mejor opción (Medium, 2018). A continuación, se presentan sus características más resaltantes:

- Frecuencia de procesamiento en el orden de MHz
- Normalmente presenta todos elementos necesarios para operar de manera directa
- De estructura menos compleja y requiere de pocos elementos para operar, de precio menor
- Resulta ser menos susceptible al ruido electromagnético ya que toda su estructura está contenida en el chip (Fundación Carlos Slim, 2020)

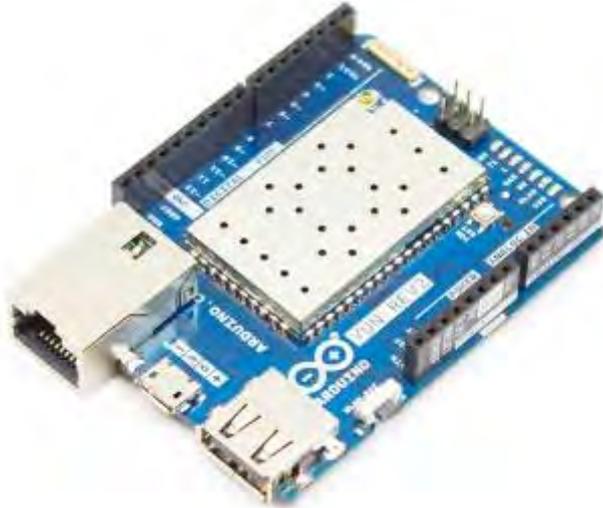


Figura 2. 19 Microcontrolador Arduino Yun rev 2.
Fuente: (Robotshop, 2020)

2.2.4. Tecnologías de Seguridad

2.2.4.1. Seguridad Lógica

Los ataques de nivel lógico en los cajeros automáticos son los más preocupantes y crecientes, logrando causar pérdidas de grandes cantidades. En este tipo de ataques se hace uso de dispositivos electrónicos o de software malicioso. Dichas herramientas permiten controlar el nivel lógico del dispensador automático para poder retirar grandes sumas de dinero. Este acto se le conoce en el mundo del ATM como “*cash out*” o “*jackpotting*”. (Fujitsu, 2017)

2.2.4.1.1. Principales vectores de ataque

Frente a estos ataques, se toman diversas medidas de prevención. Estas medidas van en relación a fortalecer tres áreas principales: En primer lugar, *la seguridad a nivel de red*; en segundo lugar, *la seguridad a nivel de sistema operativo* (memoria, procesos, registro, recursos); finalmente, *la seguridad a nivel de aplicaciones (software)* que realizan la comunicación entre el host y los dispositivos del cajero (Fujitsu, 2017).

En base a estos 3 vectores principales de ataque, los puntos más comunes de vandalismo son los siguientes:

- A nivel de red, los ataques se realizan en dispositivos de red como routers y switches. También se suele interferir en la comunicación entre los dispositivos del cajero y el host del cajero.
- A nivel de sistema operativo, existen vulnerabilidades conocidas en sistemas operativos que no tienen soporte (Windows XP) y vulnerabilidades desconocidas por la comunidad y los fabricantes, también llamadas vulnerabilidades “*zero day*”.
- A nivel de software, se realizan ataques al software de control del módulos del cajero automático; al software dedicado a la interacción con el usuario (cliente y operador del ATM); al software utilizado para la comunicación con el centro de proceso de datos y

validación de la transacción; y finalmente, a las extensiones XFS (eXtensions for Financial services) que son un estándar que proporciona una arquitectura cliente-servidor para la comunicación de aplicaciones financieras con los dispositivos de cajeros automáticos en la plataforma Windows (Fujitsu, 2017).

2.2.4.1.2. Contramedidas de seguridad lógica

Las medidas propuestas para proteger la integridad lógica de los sistemas son las siguientes:

- Sistemas de seguridad de punto final (End Points): Los sistemas de protección para puntos finales son los siguientes:

Firewall: Controla el tráfico de red y bloquea posible malware antes de que se expanda por toda la red.

Antivirus: Identifica y elimina el malware que ingresa al sistema.

Sistemas de eliminación de malware: Remediación/ eliminación persistente de infecciones complejas de eliminar.

Control de dispositivos: Bloqueo de infecciones de dispositivos externos (por ejemplo, USB) previniendo infecciones y la sustracción o alteración de datos.

Machine Learning (Aprendizaje Automático): Técnicas de detección previa a la ejecución de posibles amenazas desconocidas o variantes/mutaciones de amenazas conocidas. Eficaz sobre amenazas de zero day, es decir, nuevas amenazas.

- **Firewall a nivel de host:** Además del firewall a nivel de red, es recomendable instalar un firewall a nivel del terminal (ATM) para monitorizar, analizar y bloquear o permitir las comunicaciones desde o hacia del cajero.
- **Control de aplicaciones:** Implementación de un software bastionado (para la correcta implantación de políticas de seguridad, delimitación de privilegios de usuarios y configuración de servicios) con funciones IPS (Intrusion Prevention System) e IDS (Intrusion Detection System). La finalidad es monitorear y permitir la ejecución de aplicaciones conocidas (lista blanca) y bloquear el resto de aplicaciones no autorizadas (lista negra) para proteger procesos o aplicaciones activos en el sistema, accesos y modificaciones sobre ficheros de los sistemas, accesos de redes internas y externas del banco, accesos a las zonas de memoria de otras aplicaciones o procesos, uso de dispositivos externos y eventos registrados del sistema operativo.
- **Sistemas de Sandboxing:** O entornos de ejecución aislados, de modo que todo proceso ejecutado en el sistema es aislado en un entorno de ejecución donde se limita el acceso al sistema (acceso a estructura de comunicaciones, ficheros del sistema, zonas de memoria de otras aplicaciones y dispositivos conectados al sistema) y se analiza su comportamiento.
- **Sistemas de Virtual Patching:** Sistemas que aplican en tiempos muy cortos parches virtuales al sistema operativo y aplicaciones. Esta función permite reducir la necesidad de actualizar los parches de las aplicaciones y del sistema operativo, logrando

aumentar los intervalos de mantenimiento. Estas aplicaciones se ejecutan en un entorno aislado que, aun siendo vulneradas no podrán salir de dicho entorno. Con esto se logra minimizar la vulnerabilidad de sistemas operativos que carecen de soporte y mantenimiento (Windows XP).

- **Sistemas de Encriptado del disco duro:** Algunos ataques lógicos logran evitar las protecciones de seguridad descritas, llegando a sustraer la información del cajero automático en un USB o CD-ROM. Con esta medida de prevención se evita la posibilidad de acceder al disco duro e infectarlo con software malicioso.
- **IAM o gestión de identidades:** Los sistemas IAM (Identity and Access Management) gestionan el inicio, la captura, el registro y el manejo de identidades de los usuarios y sus privilegios de acceso de forma automatizada. Garantizan que los privilegios de acceso concedidos sigan una política de control para que los usuarios y servicios estén correctamente autenticados, autorizados y auditados. Estos sistemas ayudan a reducir las amenazas provenientes de los técnicos de cajeros, personal de oficinas y empresas portadoras de valores (Fujitsu, 2017).

2.2.4.2. Seguridad Física

Este tipo de ataques afectan a la integridad física del cajero, llegando a ocasionar daños importantes en los terminales, en la infraestructura que lo alberga y a las personas. El enfoque tradicional de protección física se centra en evitar el acceso indebido a los elementos que almacenan el efectivo. Este tipo de ataques en conjunto con los ataques de tipo lógico demandan un mayor esfuerzo por proteger el acceso a la “zona no segura” del cajero (Fujitsu, 2017).

2.2.4.2.1. Principales vectores de ataque

A continuación, se presenta una recopilación de los tipos de ataques que atentan contra la seguridad física de los cajeros automáticos.

- **Uso de la violencia o fuerza extrema para acceder al efectivo de la caja fuerte:** Realizan varios métodos para tratar de superar la seguridad física tales como el intento violento de acceso por medio de herramientas convencionales, acceso a la bóveda por medio del uso de explosivos o gas y levantando o arrancando el cajero desde su posición de anclaje.
- **Ocultación o manipulación desde el exterior de los módulos de dispensación:** Se realiza colocando falsas boquetas en la salida del dispensador de efectivo o abriendo de manera fraudulenta el shutter (boqueta del dispensador) y colocando elementos que atrapen el efectivo al interior de la unidad.
- **Acceso no autorizado a las unidades de efectivo o maletas de dispensación:** Por medio de la apertura no autorizada de la puerta de la caja fuerte y del acceso no autorizado al efectivo.
- **Acceso a la zona no segura del cajero:** Esto se logra por medio de una apertura fraudulenta, violenta, u olvido intencionado de la bóveda del cajero; por la pérdida, robo o copia de la llave de la puerta de acceso a la zona no segura y; finalmente, por la interceptación de las comunicaciones del dispensador con el controlador del cajero.

Una vez en el interior, se conecta un elemento electrónico (llamado “*caja negra*”) que envía comandos al dispensador para que entregue efectivo, liberándose de la necesidad de utilizar una tarjeta o autorización para realizar una transacción. Este tipo de elemento intercepta comúnmente las interfaces USB o RS232 de la lectora de tarjetas, del pin pad (teclado) o la dispensadora de dinero. Los bits interceptados dirigidos hacia el dispensador son replicados para así desbloquear el acceso (Fujitsu, 2017).

2.2.4.2.2. Contramedidas de seguridad física

Frente a los principales vectores de ataque, las medidas de seguridad física para contrarrestar estos casos de vandalismo son las siguientes:

- **Uso de la violencia o fuerza extrema para acceder al efectivo de la caja fuerte:** Contra el intento de acceso violento con uso de herramientas convencionales se toman las siguientes medidas: El uso de cajas fuertes con grados de resistencia estandarizados (ej. EN-1143-1) certificadas por laboratorios no solo a nivel de ensayo, sino también a nivel de control de la producción. También mediante el uso de cerraduras de combinación electrónica y llave conforme al grado de seguridad requerido. Otra medida a tomar es el uso de detectores de vibración en el interior de las cajas. El uso de sistemas anti cuña para evitar el desmontaje de la puerta principal de la caja fuerte es otra medida. Finalmente, se considera dentro del diseño el uso de bulones o pernos de diámetro y longitud adecuados al grado de seguridad requeridos.

Contra los ataques enfocados en reventar la caja fuerte por medio de explosivos o gases se incorporan contramedidas para la detección de gas y en su caso a la neutralización o disuasión (humo, sirenas). Otro método interesante de protección es el uso de sistemas de entintado de billetes (conocidos también como “*Bomba de tinta*”), que logra dejarlos inhabilitados para su uso. Además, se colocan barreras que impiden la extracción de la unidad de billetes, a pesar de tener acceso al interior de la caja fuerte. Finalmente se considera la implementación de sensores de temperatura susceptibles a la temperatura generada por ataques con lanza térmica.

- **Ocultación o manipulación desde el exterior de los módulos de dispensación:** Contra la colocación de falsas boquetas en el dispensador de efectivo se contemplan las siguientes opciones: El diseño de mecanismos que impidan colocar boquetas en la parte frontal y la modificación de las embocaduras de acceso a las unidades de dispensación para que interfieran durante su apertura con los “cepos”, trampas colocadas por los criminales, para evitar que el efectivo no llegue al usuario.

Respecto de la apertura fraudulenta del shutter, o boqueta del dispensador de efectivo, para la colocación de elementos que atrapen el efectivo en el interior de la unidad, se utilizan sensores que detectan la apertura de las trampas de protección de acceso a las unidades de dispensación fuera de tiempo.

- **Acceso no autorizado a las unidades de efectivo o maletas de dispensación:** Las medidas empleadas contra la apertura no autorizada de la puerta de la caja fuerte son las siguientes: Uso de cerraduras con ventanas programación variables. La

implementación de dispositivos de detección de apertura y cierre de la puerta de la caja fuerte. La detección de bloqueo del cierre de la puerta de la caja fuerte y finalmente, el uso del control de acceso al interior de la caja de mecanismos de la puerta de apertura de la caja fuerte.

Respecto al acceso no autorizado al efectivo, como medidas de seguridad se instalan cámaras de seguridad integradas en el cajero o en la habitación donde este se encuentra, orientadas hacia las unidades de efectivo. También se implementan métodos de detección de extracción de la unidad de su lugar de reposo, de detección de la apertura de módulos del dispensador y de detección de las maletas portadores de efectivo. Finalmente, se inserta un control de apertura de las maletas de efectivo.

- **Acceso a la zona no segura del cajero:** Las medidas utilizadas contra la apertura fraudulenta, violenta u olvido intencionado de la bóveda del cajero consisten en la instalación de sensores de detección de apertura y cierre de las puertas del dispensador, de sensores de bloqueo de puertas y de sensores de vibraciones o rotura asociados al vandalismo violento.

En relación con la pérdida, robo o copia de llave de la puerta de acceso a la zona no segura, se utilizan cerraduras con llave de seguridad y cerraduras electrónicas con gestión de claves.

Respecto a la interceptación de las comunicaciones del dispensador con el controlador del cajero, se encriptan las comunicaciones entre el dispensador y el controlador, se realizan procedimientos de autenticación entre controlador y dispensador y se añaden distintos niveles de seguridad para dificultar la modificación de dicha autenticación.

Como medidas complementarias a las antes descritas, se considera el uso de micro cámaras en diversas partes del cajero automático (contemplando las restricciones asociadas a la protección de datos personales) que no solo identifican al usuario, sino que, permiten reconocer la forma fraudulenta de proceder del sospechoso (Fujitsu, 2017).

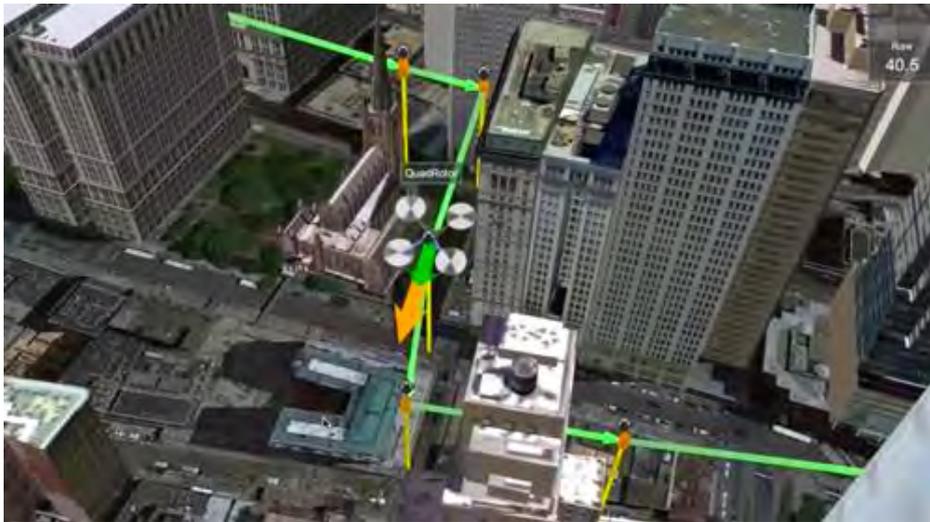
2.2.5. Aplicaciones de interacción asociadas

Las aplicaciones actuales para poder controlar y monitorizar el recorrido de un dron van a jugar un papel fundamental para poder lograr una aplicación de control total del sistema. El objetivo es poder generar un entorno de supervisión y control de todos los drones en tiempo real para la central.

A continuación, se muestra una recopilación de algunas aplicaciones que cumplen con dichas funciones:

2.2.5.1. UgCS

Aplicación compatible con una multitud de modelos de drones en el mercado. Es una aplicación paga de escritorio, disponible para Windows, MacOS y Linux. Este software presenta muchas funcionalidades, desde funciones básicas hasta algunas que requieren conocimientos avanzados. Permite realizar misiones con varios vuelos y múltiples cambios de batería, operaciones de telemetría, control de múltiples drones en simultáneo, control por medio de teclado y joystick (Aerial Insights, 2018a).



*Figura 2. 20 Planeamiento de misión por UgCS
Fuente: (UgCS, 2020)*

2.2.5.2. DJI Ground Station Pro

Interfaz proporcionada por el fabricante reconocido DJI para el planeamiento de recorrido de aeronaves de la firma. Aunque la aplicación solo está disponible para iPad, es una aplicación muy completa en caso de poseer un dron de la marca porque está completamente optimizada para ellos. Una funcionalidad que cabe resaltar de la aplicación es la “valla virtual” que permite especificar las zonas por donde la aeronave no debe de sobrevolar (Aerial Insights, 2018a).

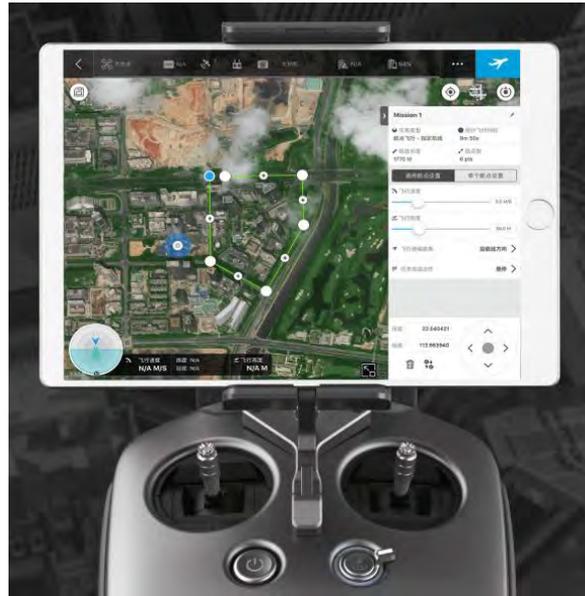


Figura 2. 21 Interfaz Visual de DJI GS Pro
Fuente: (DJI, 2020b)

2.2.5.3. Mission Planner

Aplicación muy completa disponible solo para Windows, ofrecida también para otras plataformas por medio de la versión APM Planner. Este software permite planificar nuestro vuelo desde la PC para luego cargarlo al dron. Una opción resaltante es que permite ajustar los parámetros de vuelo de acuerdo a la estructura física del dron (ala fija, cuadricóptero, hexacóptero, octocóptero). (Aerial Insights, 2018a)



Figura 2. 22 Interfaz Visual de Mission Planner
Fuente: (Ardupilot, 2019)

2.3. Lista de Requerimientos

El diseño conceptual a elaborar tendrá que satisfacer una serie de requerimientos demandados por el cliente y por la necesidad propia de la máquina para lograr una funcionalidad completa. Algunos de estos requerimientos serán considerados como exigencias, los cuales son parámetros para que el proyecto cumpla con los objetivos. Por el lado contrario, algunos serán considerados como deseables; es decir, requerimientos recomendables de cumplir que mejorarán las características del resultado final. La lista de requerimientos se puede observar detalladamente en el anexo A.

En la Lista de requerimientos se consideran los siguientes aspectos:

- Geometría: Asociado al desarrollo de un sistema compacto, considerando que cumpla con ciertas medidas de tamaño
- Material: Asociado a que el material de fabricación cumpla con ciertas características de resistencia y seguridad
- Materia: Asociado a la materia con la que interactúa el sistema
- Cinemática: Asociado a los procesos cinemáticos o de movimiento realizados en el sistema
- Fuerzas: Asociados a las fuerzas que se ejercen dentro del sistema
- Energía: Asociados a la fuente de energía que ingresa al sistema y las energías resultantes producto del respectivo funcionamiento
- Software: Asociado al software brindado al administrador y al usuario para poder satisfacer las necesidades respectivas
- Comunicación: Asociado al tipo de comunicación que se debe establecer para fomentar un entorno seguro e intuitivo de utilizar
- Señales: Asociado a las señales de entrada y salida que estimulan el correcto desempeño del sistema
- Uso: Asociado a las condiciones de trabajo sobre las cuales el sistema se puede desenvolver y al modo de uso que permite que el sistema sea autónomo
- Control: Asociado a las variables de control que debe de considerar manejar para cumplir con el objetivo
- Seguridad: Asociados a los protocolos de seguridad tanto a nivel físico como lógico para cumplir con el objetivo
- Montaje: Asociado a la facilidad de montaje para el personal de mantenimiento y al montaje seguro entre módulo de dispensación y dron
- Mantenimiento: Asociado al tipo de cuidados que debe recibir el sistema
- Fabricación: Asociado al proceso de fabricación que se debe de cumplir para favorecer la calidad del producto

2.4. Estructura de Funciones

En la estructura de funciones se presentará la manera en la que el sistema completo operará. Para poder lograrlo, se mostrarán esquemas donde se explican las entradas y salidas. También se mostrarán esquemas donde se presentan todos los procesos internos realizados para lograr su objetivo.

2.4.1. Caja Negra

La caja negra o “Black Box” presenta la relación de entradas y salidas del sistema. Los tipos de entrada son de energía (E, flecha continua), de materia (M, flecha gruesa) y de señales (S, flecha discontinua) que recibe y emite el sistema para cumplir con los requerimientos solicitados.

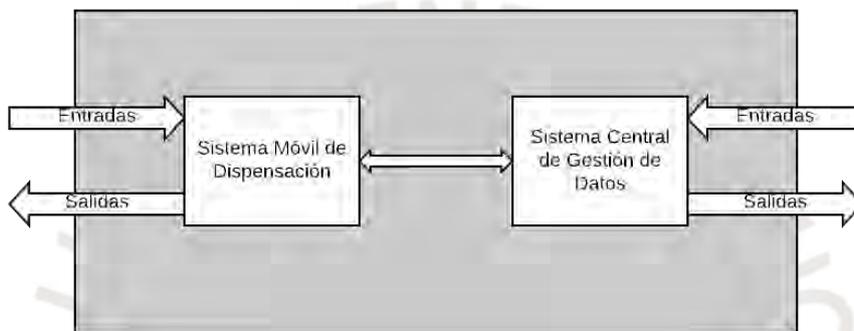


Figura 2. 23 Composición General del Sistema de Dispensación de dinero en efectivo en billetes por vehículos aéreos no tripulados
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la Figura 2. 23, el sistema completo de dispensación de dinero en efectivo en billetes por vehículos aéreos no tripulados se divide en dos grandes subsistemas. En primer lugar, el sistema móvil de dispensación, el cual está conformado por el módulo de dispensación de dinero en efectivo y por el dron. Y, en segundo lugar, el sistema central de gestión de datos, que está conformado por la central de gestión de datos y la interfaz de interacción con el usuario y administrador.

2.4.1.1. Caja Negra del Sistema Móvil de Dispensación

Entradas de la caja negra:

- Señal de Activación: Señal encargada de energizar el sistema
- Señal de Identificación de Usuario: Señal de identificación ingresada por el usuario para proceder con la transacción
- Señal de Sincronización: Señal enviada por la central de gestión de datos, encargada de configurar los datos corporativos del banco con el sistema móvil de dispensación
- Señal de Solicitud de Inicio: Señal enviada por la central de gestión de datos, encargada de proporcionarle al dron el punto de destino y la ruta óptima

- Señal de Próximo Destino: Señal enviada por la central de gestión de datos, encargada de fijar el próximo punto de destino y ruta óptima. Se considera que los destinos disponibles son otras estaciones de dispensación o la agencia del banco al cual pertenece el sistema móvil de dispensación
- Señal de Reposo: Una vez que el sistema móvil de dispensación se encuentra en la agencia, la central de gestión de datos le envía esta señal para que entre en modo de suspensión para un óptimo ahorro de energía durante horario fuera de atención
- Señal de Validación de Identidad: Señal de respuesta enviada por la central con la confirmación de la identidad del usuario y con el valor del monto solicitado. En caso que la validación de identidad no resulte, se enviará una confirmación nula de identidad con un monto 0 para no realizar transacción alguna. También se notificará por la aplicación de celular al usuario que no se pudo reconocer su identidad y que se dirija a la agencia más cercana
- Energía Eléctrica: Fuente principal de energía encargada de permitir el funcionamiento de todas las funcionalidades del sistema móvil de dispensación
- Dinero en Efectivo por Depositar en Maletas: Dinero en efectivo debidamente contado por depositar en las maletas de transporte
- Posición Inicial del Sistema: Ubicación física inicial del sistema desde el cual parte hacia una nueva ruta

Salidas de la caja negra:

- Señal de ubicación: Señal enviada a la central de gestión de datos para indicar en tiempo real la ubicación del sistema móvil de dispensación
- Señal de Estado de Proceso: Señal enviada a la central de gestión de datos para indicar el estado de proceso de la operación: Dron en espera, en despegue, en vuelo, en aterrizaje, realizando transacción, en reposo
- Señal de Emergencia: Señal de enviada a la central de gestión de datos para indicar que se produjo un estado de emergencia durante el proceso
- Señal de Estado de Carga: Señal enviada a la central de gestión de datos con la información acerca del nivel de carga de batería del sistema móvil y de la cantidad de billetes almacenados restantes
- Señal de Identificación de Usuario: Señal enviada a la central de gestión de datos con la información de la identificación recibida del usuario
- Energía Mecánica: Energía producida por los rotores del dron durante el vuelo y por el flujo de billetes producido por el mecanismo para entregar el monto solicitado al usuario
- Energía Sonora: Energía producida por los rotores del dron durante el vuelo y por el flujo de billetes producido por el mecanismo para entregar el monto solicitado al usuario
- Energía Luminosa: Energía producida por los actuadores del dron, los cuales revelan su posición por medio de luces led y también por las luces producidas por el sistema de detección de identidad del usuario

- **Energía Térmica:** Energía producida por los rotores del dron durante el vuelo y por el mecanismo de entrega de billetes al usuario, debido a que se genera calor como parte del funcionamiento
- **Monto de Dinero en efectivo solicitado por el consumidor:** Monto entregado al usuario por medio del sistema móvil de dispensación producto de la solicitud de dispensación realizada
- **Posición Final del Sistema:** Ubicación física final del sistema una vez llegado al destino

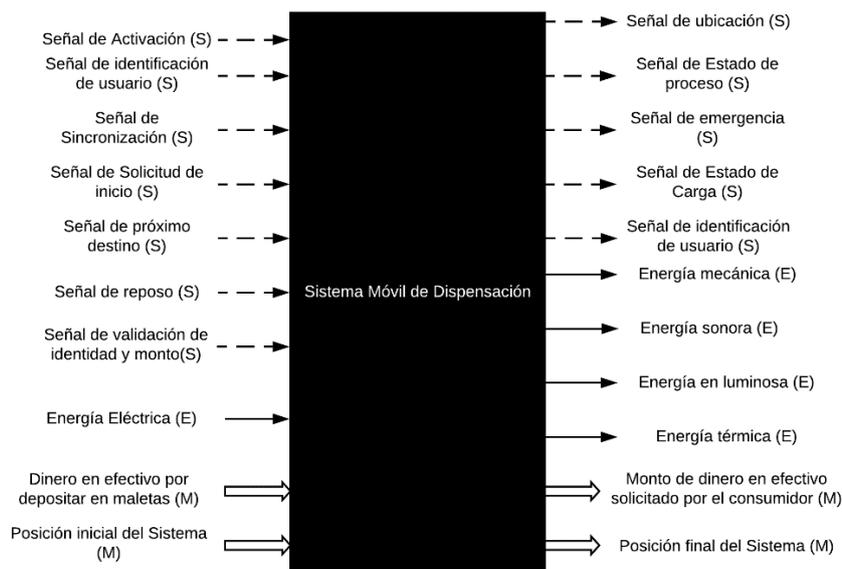


Figura 2. 24 Caja Negra del Sistema Móvil de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

2.4.1.2. Caja Negra del Sistema Central de Gestión de Datos

Entradas de la caja negra:

- **Señal de Ubicación:** Señal recibida del sistema móvil de dispensación para indicar en tiempo real su ubicación
- **Señal de Estado de Proceso:** Señal recibida del sistema móvil de dispensación para indicar el estado de proceso de la operación: Dron en espera, en despegue, en vuelo, en aterrizaje, realizando transacción, en reposo
- **Señal de Emergencia:** Señal recibida del sistema móvil de dispensación para indicar que se produjo un estado de emergencia durante el proceso
- **Señal de Estado de Carga:** Señal recibida del sistema móvil de dispensación con la información acerca del nivel de carga de batería del sistema móvil y de la cantidad de billetes almacenados restantes
- **Señal de Identificación de Usuario:** Señal recibida del sistema móvil de dispensación con la información de la identificación recibida del usuario

- Solicitud de Dispensación de Usuario: Señal enviada por el usuario desde la interfaz de usuario (App móvil) en la cual se envía el nombre del usuario o id de identificación, su localización y el monto que desea dispensar
- Establecer horario de reposo: Señal enviada por el administrador en la cual se establece el horario de reposo para colocar al sistema móvil de dispensación en modo de suspensión
- Insertar datos corporativos: Señal enviada por el administrador a todos los sistemas móviles de dispensación para insertar los datos corporativos del banco al cual pertenecen
- Habilitar modo manual: Señal enviada por el administrador para poder manipular de manera manual en particular algún sistema móvil de dispensación en caso de ser necesario

Salidas de la caja negra:

- Señal de Sincronización: Señal enviada hacia el sistema móvil de dispensación, encargada de configurarle los datos corporativos del banco
- Señal de Solicitud de Inicio: Señal enviada hacia el sistema móvil de dispensación, encargada de proporcionarle al dron el punto de destino y la ruta óptima
- Señal de Próximo Destino: Señal enviada hacia el sistema móvil de dispensación, encargada de fijar el próximo punto de destino y ruta óptima. Se considera que los destinos disponibles son otras estaciones de dispensación o la agencia del banco al cual pertenece el sistema móvil de dispensación
- Señal de Reposo: Una vez que el sistema móvil de dispensación se encuentra en la agencia, la central de gestión de datos le envía esta señal para que entre en modo de suspensión para un óptimo ahorro de energía durante horario fuera de atención
- Señal de Validación de Identidad: Señal de respuesta enviada hacia el sistema móvil de dispensación con la confirmación de la identidad del usuario y con el valor del monto solicitado. En caso que la validación de identidad no resulte, se enviará una confirmación nula de identidad con un monto 0 para no realizar transacción alguna. También se notificará por la aplicación de celular al usuario que no se pudo reconocer su identidad y que se dirija a la agencia más cercana
- Mostrar Interfaz de Usuario: Interfaz de usuario, dirigida al consumidor, realizada por medio de un aplicativo móvil en el cual se registra la solicitud de dispensación y se muestra el estado de vuelo del sistema móvil de dispensación asignado o el punto de dispensación con sistema móvil de dispensación disponible en espera
- Mostrar Interfaz de Administrador: Interfaz de administrador, dirigida al banco, realizada por medio de un programa de ordenador o página web en el cual se muestra la red de sistemas móviles en operación y las opciones necesarias para poder controlar la red, movilizarla y operarla a conveniencia, sea de forma manual o automatizada

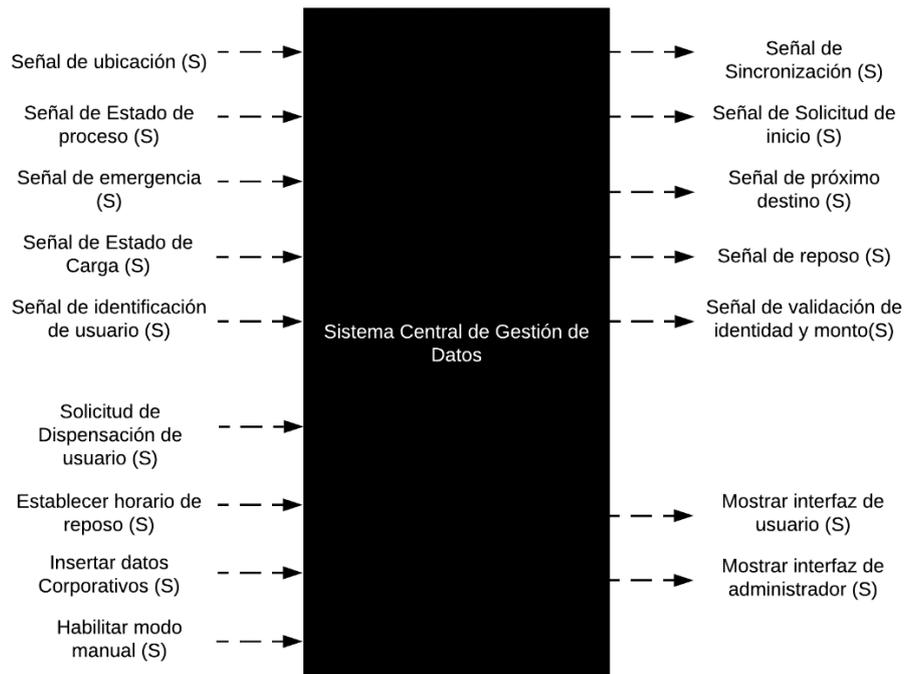


Figura 2. 25 Caja Negra del Sistema Central de Gestión de Datos
Fuente: Elaboración Propia

2.4.2. Estructura de Funciones Global

La estructura de funciones global muestra las funciones internas realizadas en el sistema, en las cuales se puede apreciar cómo es el proceso en el cual se utilizan las entradas para poder llegar a las salidas deseadas. La estructura de funciones global se encuentra en el anexo B.

2.4.2.1. Función Global

El sistema tiene como función principal dispensar dinero en efectivo en billetes por medio de un sistema autónomo de manejo de vehículos aéreos no tripulados. El sistema permitirá al administrador, en este caso el banco, manipular la flota de vehículos aéreos para llevarlos a atender zonas de alta demanda a realizar las transacciones.

2.4.2.2. Lista de Funciones

A continuación, se presentará una lista de funciones que presenta el sistema. Estas funciones están dedicadas a una tarea en particular.

2.4.2.2.1. Lista de Funciones del Sistema Móvil de Dispensación

El sistema móvil de dispensación se considera tanto al dron como al módulo portátil de dispensación de dinero en efectivo. Está conformado en total por 7 subsistemas: el subsistema de control, de interacción con el usuario, de medición, de comunicación, de energía, de actuación y de materia.

2.4.2.2.1.1. Subsistema de Control

El subsistema de control se divide en dos módulos de control: el control del módulo de dispensación y el control de vuelo del dron.

Control del módulo de dispensación:

- Controlar sincronización de datos corporativos: Función encargada de instalar y administrar los datos corporativos del banco al cual trabajará el sistema móvil de dispensación
- Controlar información de identificación de usuario: Función encargada de leer el dato personal ingresado por el usuario y de llevar la información al subsistema de comunicación para la evaluación de conformidad en la central. Posteriormente recibe la validación de la central de gestión de datos con el monto a retirar, el cual se encargará de comunicárselo a la función de dispensación
- Controlar estado de emergencia: Función encargada de establecer un estado de emergencia en el sistema móvil de dispensación, el cual puede darse por actos vandálicos durante el vuelo o por hurto de la unidad una vez posicionada en la estación de dispensación. El estado de emergencia se comunicará a la central y al accionamiento del protocolo de emergencia interno. Adicionalmente, se encarga de activar el proceso de apertura del módulo de dispensación para realizar la recarga de dinero en efectivo y el mantenimiento respectivo
- Controlar perímetro de seguridad: Encargado de que el sistema móvil se encuentre dentro de un perímetro de seguridad durante todo el proceso de dispensación y, en caso de salirse de este debido a actos vandálicos, se comunica la emergencia. La evaluación se dará con la posición actual del sistema móvil y con los rangos del perímetro de seguridad, en el cual la primera deberá permanecer dentro del segundo
- Controlar Dispensación: Encargado de controlar la acción de dispensación del dinero solicitado en base al cumplimiento de todos los siguientes factores: Validación correcta de la identidad de la persona, la cantidad suficiente de billetes en reserva como para poder realizar la transacción y el reconocimiento de la maleta de almacenamiento insertada. Como resultado será notificado de que la transacción se realizó con éxito con la validación de recojo de billetes por parte del usuario

Control de vuelo de dron:

- Controlar despegue: Encargado de controlar el despegue del sistema de dispensación una vez recibida la orden de la central. El despegue se dará siempre y cuando tenga la batería suficiente para poder completar el viaje. El despegue recibirá una señal que le advierta de obstáculos durante el proceso
- Controlar vuelo: Una vez acabado el proceso de despegue, se procede a controlar el vuelo hacia el destino, en el cual también se recibe una señal para poder esquivar los obstáculos presentes durante el recorrido

- Controlar aterrizaje: Una vez acabado el proceso de vuelo, se accionará el proceso de aterrizaje en la estación de dispensación o en la agencia central, en caso de estar de regreso. También recibe una señal que le advierta de obstáculos durante el proceso
- Localizar obstáculos: Función encargada de localizar la presencia de obstáculos durante el vuelo y de advertírseles al control de vuelo para que realice las medidas evasivas respectivas
- Controlar Posición del Sistema: Función encargada de controlar la posición del sistema y de enviar la ubicación del sistema móvil de dispensación al sistema de comunicación con la central de gestión de datos

2.4.2.2.1.2. Subsistema de Interacción con el Usuario

- Leer dato personal ingresado: Función encargada de realizar la lectura de la señal de identificación brindada por el usuario

2.4.2.2.1.3. Subsistema de Medición

- Medir cantidad de billetes: Función encargada de realizar una lectura del nivel de billetes almacenados en la reserva restantes. La medición arrojará cuatro niveles de reserva: nivel alto, nivel medio, nivel bajo, nivel muy bajo
- Verificar estado de batería: Función encargada de medir el estado de batería disponible en el sistema
- Medir posición del sistema: Función encargada de ubicar el sistema en el espacio en tiempo real
- Detectar perturbaciones de vandalismo: Función encargada de detectar perturbaciones ocasionadas por actos vandálicos durante el vuelo
- Verificar depósito de almacenamiento insertado: Función encargada de verificar que el depósito de almacenamiento de billetes se encuentre debidamente colocado en el módulo portátil de dispensación
- Validar recojo de billetes: Función encargada de registrar que el usuario recogió el monto solicitado para dar fin a la transacción
- Medir obstáculos: Función encargada de registrar la presencia de obstáculos durante el vuelo

2.4.2.2.1.4. Subsistema de Comunicación

- Codificar/Decodificar información: Encargada de codificar la información por enviar al sistema de gestión de datos y de decodificar la información recibida por este como protocolo de seguridad lógico
- Enviar información: Encargado de realizar el envío de información a la central de gestión de datos
- Recibir información: Encargado de recibir la información brindada por la central de gestión de datos

2.4.2.2.1.5. Subsistema de Energía

- Almacenar energía: Función encargada de almacenar la energía necesaria para accionar todo el sistema
- Permitir suministro de energía: Función encargada de permitir el flujo de energía a todos los subsistemas una vez recibida la señal de activación
- Acondicionar energía para subsistema de control: Función encargada de acondicionar la energía almacenada en energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes del subsistema de control
- Acondicionar energía para subsistema de interacción con el usuario: Función encargada de acondicionar la energía almacenada en energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes del subsistema de interacción con el usuario
- Acondicionar energía para subsistema de medición: Función encargada de acondicionar la energía almacenada en energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes del subsistema de medición
- Acondicionar energía para subsistema de comunicación: Función encargada de acondicionar la energía almacenada en energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes del subsistema de comunicación
- Acondicionar energía para subsistema de actuación: Función encargada de acondicionar la energía almacenada en energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes del subsistema de actuación
- Acondicionar energía para subsistema de materia: Función encargada de acondicionar la energía almacenada en energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes del subsistema de materia

2.4.2.2.1.6. Subsistema de Actuación

- Accionamiento de despegue de sistema móvil de dispensación: Función encargada de accionar los actuadores involucrados en el proceso de despegue del sistema móvil de dispensación
- Accionamiento de vuelo de sistema móvil de dispensación: Función encargada de accionar los actuadores involucrados en el proceso de vuelo del sistema móvil de dispensación
- Accionamiento de aterrizaje de sistema móvil de dispensación: Función encargada de accionar los actuadores involucrados en el proceso de aterrizaje del sistema móvil de dispensación
- Accionamiento de dispensación de sistema móvil de dispensación: Función encargada de accionar los actuadores involucrados en el proceso de dispensación del sistema móvil de dispensación
- Accionamiento de protocolo de emergencia: Función encargada de accionar los actuadores involucrados en el protocolo de emergencia del sistema móvil de dispensación
- Accionamiento de apertura de módulo de dispensación: Función encargada de accionar los actuadores involucrados en el proceso de apertura del módulo de dispensación para su mantenimiento y recarga de billetes

2.4.2.2.1.7. Subsistema de Materia

- Desplazar el sistema por el entorno: Función encargada de desplazar todo el sistema físico
- Almacenar dinero en efectivo: Función encargada de almacenar el dinero en efectivo en el sistema
- Ejecución de protocolo de emergencia: Función encargada de ejecutar el proceso físico del protocolo de emergencia
- Seleccionar monto destinado al usuario: Función encargada de seleccionar el monto solicitado por el usuario de las maletas de almacenamiento
- Entregar monto al usuario: Función encargada de llevar el monto seleccionado hacia el usuario

2.4.2.2.2. Lista de Funciones del Sistema Central de Gestión de Datos

El sistema central de gestión de datos considera a la central de almacenamiento de datos y a los programas encargados de realizar la interacción

2.4.2.2.2.1. Subsistema de Comunicación

- Registrar ubicación en tiempo real: Función encargada de registrar la posición de cada sistema móvil de dispensación en base a la señal de ubicación registrada
- Registrar estado de proceso de servicio: Función encargada de registrar el estado de proceso de cada sistema móvil de dispensación (Dron en espera, en despegue, en vuelo, en aterrizaje, realizando transacción, en reposo)
- Registrar estado de emergencia: Función encargada de registrar el estado de emergencia enviado por el sistema móvil de dispensación
- Registrar estado de carga: Función encargada de registrar el estado de carga de batería de sistema móvil de dispensación
- Validar identidad de usuario y enviar cifra de monto: Función encargada de comparar la señal de identificación de usuario recibida con el registro del usuario en el sistema y enviar la validación con el monto solicitado en caso de validarse correctamente la identidad. En caso contrario se envía una señal de que no se pudo identificar a la persona con el monto de 0 para no proceder con transacción alguna
- Asignar estación de dispensación: Función encargada de asignar una estación de dispensación para la solicitud registrada del usuario en función de la localización del usuario. Por otro lado, en caso de haberse registrado un estado de emergencia asociado a una estación de dispensación, esa estación no figurará como disponible hasta que se remueva el estado de emergencia de manera manual. También soporta un modo manual de asignación en base al lugar de demanda que el administrador desee atender
- Asignar sistema móvil de dispensación: Función encargada de asignar un sistema móvil de dispensación en base a las estaciones previamente asignadas. Para asignar al sistema móvil también se considerarán criterios como el estado de carga del sistema móvil adecuado para completar el viaje y la localización del sistema

móvil más cercano. También soporta un modo manual de asignación en base al lugar de demanda que el administrador desee atender

- Gestionar destino de atención: Una vez asignados el sistema móvil de dispensación y la estación de destino, esta función se encargará de establecer la ruta más óptima de viaje. Se encargará de enviar al sistema móvil de dispensación la señal de solicitud de inicio, en caso de partir de la estación central; la señal de próximo destino, en caso de encontrarse en alguna estación de dispensación; o la señal de reposo, en caso de encontrarse en la estación central y ya haber completado su horario de atención del día
- Sincronizar datos corporativos: Función encargada de guardar los datos corporativos de la empresa y de enviar la señal de sincronización hacia el sistema móvil de dispensación para su instalación

2.4.2.2.2.2. Subsistema de Interacción con el Usuario/Administrador

- Registrar solicitud: Función encargada de registrar la solicitud de dispensación enviada por el usuario. Esta solicitud consta del nombre o id del usuario, del monto solicitado y su ubicación
- Enviar/Recibir información de Administrador: Función encargada de enviar al administrador la interfaz respectiva para que pueda controlar el sistema e ingresar los datos a través de ella, los cuales serán recibidos por la misma función. La interfaz le ofrecerá al administrador un mapa con la ubicación y el registro de cada sistema móvil de dispensación conectado, su ubicación en tiempo real, el estado de carga, el estado de proceso de cada servicio y un estado de emergencia de presentarse. Los datos recibidos son los siguientes: Establecer horario de reposo, insertar datos corporativos y habilitar modo manual
- Enviar/Recibir información de Usuario: Función encargada de enviar al usuario la interfaz respectiva para que pueda observar el estado del servicio solicitado: el monto solicitado, la ubicación de la estación de dispensación asignada, el sistema móvil de dispensación asignado su ubicación en tiempo real.
- Codificar/Decodificar información: Función encargada de codificar la información por enviar al sistema móvil de dispensación y de decodificar la información recibida por este como protocolo de seguridad lógico

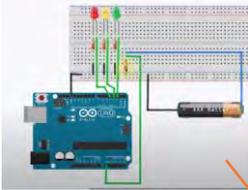
2.5. Matriz Morfológica

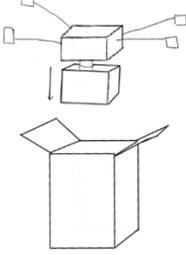
La matriz morfológica presenta posibilidades de implementación para cumplir con los propósitos de cada función. Cada solución presenta un principio de funcionamiento diferente, o una forma diferente de abordar el problema.

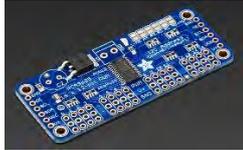
A continuación, se presenta la matriz morfológica del Sistema Móvil de Dispensación. Para poder realizar una selección de componentes más ordenada, se ha dividido la matriz del Sistema Móvil de Dispensación en dos; la primera, que se puede observar en la Tabla 2. 1, está orientada al diseño del Módulo de Dispensación Portátil; y la segunda, la cual se puede apreciar en la Tabla 2. 2, está orientada a la adquisición del dron y sus componentes.

Tabla 2. 1 Matriz morfológica del Módulo de Dispensación Portátil de dinero en efectivo del Sistema Móvil de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

Sistema Móvil de Dispensación: Módulo de Dispensación Portátil			
Función Parcial	Concepto Solución 1	Concepto Solución 2	Concepto Solución 3
Subsistema de Control			
Control Módulo de Dispensación	Microcontrolador 	Microprocesador 	
Subsistema de Interacción con el Usuario			
Leer dato personal ingresado	Sensor digital de huella dactilar 	Clave PIN 	Clave Token digital 
Subsistema de Medición			
Medir cantidad de Billetes	Interruptor magnético Reed Switch 	Potenciómetro 	Switch Snap 
Verificar depósito de almacenamiento insertado	Interruptor magnético Reed Switch 	Switch Snap 	

Verificar estado de batería (módulo dispensación)	Circuito resistivo medidor de carga de batería 	Módulo de carga de baterías Li-Ion TP4056 	
Validar Recojo de billetes	Sensor Infrarrojo (fotoeléctrico) 	Sensor Ultrasonido 	Sensor Capacitivo 
Medir Posición del sistema	Sensor GNSS propio del dron 	Módulo GPS comercial 	
Detectar Perturbaciones de vandalismo	Sistema GNSS propio del dron 	Acelerómetro 	IMU 
Subsistema de Comunicación			
Codificar/decodificar información	WEP WPS WPA WPA2 WEP WPA2 	WPA WPS WPA WPA2 WEP WPA2 	WPA2 WPS WPA WPA2 WEP WPA2 
Enviar/Recibir información	Módulo GSM/GPRS 	Módulo WiFi 	Módulo RF 
Subsistema de Energía			
Almacenar energía	Baterías Li-ion 	Baterías LiPo 	

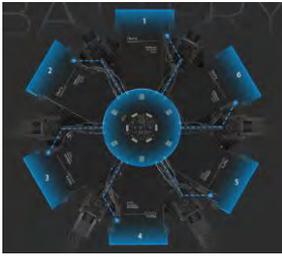
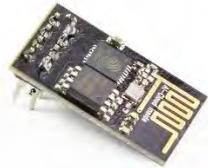
Permitir suministro de energía	<p>Transistor</p> 	<p>Switch on/off</p> 	<p>Relay</p> 
Acondicionar energía para subsistemas	<p>Elevador/Reductor de Voltaje</p> 	<p>Regulador de Voltaje Lineal</p> 	<p>Regulador de voltaje Conmutado</p> 
Subsistema de Actuación			
Accionamiento de dispensación de dinero en efectivo	<p>Motor DC</p> 	<p>Servomotores</p> 	<p>Motores Paso a Paso</p> 
Accionamiento de protocolo emergencia	<p>Bomba de Líquido</p> 	<p>Contenedor presurizado</p> 	
Subsistema de Materia			
Ejecución de protocolo emergencia	<p>Sistema basado en tinta</p> 	<p>Sistema basado en pegamento</p> 	
Almacenar dinero en efectivo	<p>Maletines de dinero en efectivo</p> 	<p>Maletines de envío de billetes independientes</p> 	<p>Maletín extraíble por estación de dispensación</p> 

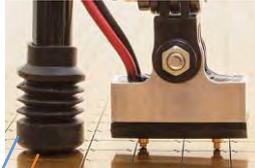
Seleccionar monto destinado al usuario	Contador de Billetes portátil basado en modelo V30 	Driver de Motor 	PWM servo motor driver (PWM Board) 
Entregar monto al usuario	Caja con tapa deslizable 	Apertura de caja asignada 	Monto recibido por atm de la estación 

En la siguiente tabla, se aprecian las posibilidades de selección del dron y componentes para el Sistema Móvil de Dispensación.

Tabla 2. 2 Matriz morfológica del Dron del Sistema Móvil de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

Sistema Móvil de Dispensación: Dron			
Función Parcial	Concepto Solución 1	Concepto Solución 2	Concepto Solución 3
Modelo de Dron a utilizar			
Modelo de Dron a utilizar	R.A.S Pisku 	DJI Matrice 600 	Tarot T-18 
Subsistema de Control			
Control de Dron	Controlador propio del dron Pisku 	Controlador propio del dron Matrice 	Controlador propio del dron Tarot 

Subsistema de Medición			
Verificar estado de batería	Circuito interno propio del dron 		
Medir Posición del sistema	Sensor GNSS propio del dron Pisuq 	Sensor GNSS propio del dron Matrice 	Sensor GPS propio del dron Tarot 
Medir Obstáculos	Cámara Digital (extensión) 	Sistema guía de sensores de ultrasonido propio del dron (extensión) 	Sensor LIDAR (extensión) 
Detectar Perturbaciones de vandalismo	Sistema GNSS propio del dron 	Acelerómetro 	IMU 
Subsistema de Comunicación			
Enviar/Recibir información	Módulo GSM/GPRS 	Sistema RF propio del dron 	Módulo Wifi 

Subsistema de Energía			
Recolectar energía	Extensión de Carga Wireless por Inducción 	Extensión de Carga Wireless por Contacto 	
Almacenar energía	Baterías propias del dron 	Baterías LiPo 	Baterías Li-ion 
Subsistema de Actuación			
Accionamiento de despegue, vuelo y aterrizaje de sistema móvil de dispensación	Rotores propios del dron (Motores Brushless) 		
Subsistema de Materia			
Desplazar el sistema por el entorno	Hélices del propios del dron 		

- Leyenda:
-  Concepto de Solución N°1
 -  Concepto de Solución N°2
 -  Concepto de Solución N°3

2.6. Conceptos de solución

En base a la lista de opciones planteadas para resolver cada subfunción en la matriz morfológica, y así cumplir con la funcionalidad total requerida, se han desarrollado los siguientes conceptos de solución que proponen resolver la problemática desde distintas perspectivas.

2.6.1. Concepto de Solución N°1

El primer concepto de solución consiste en el desarrollo de un módulo de dispensación con la cualidad de presentar una maleta de almacenamiento de billetes y un mecanismo de conteo y extracción de los mismos. En la Figura 2. 26 se aprecia la vista isométrica del módulo de dispensación. En ella se puede observar que está compuesta por un par de sujetadores en la parte superior para adherirse a la estructura tubular del dron. Por otro lado, presenta una caja con tapa deslizable en la zona central para poder retirar el efectivo una vez este haya sido dispensado. Además, cuenta con un sensor detector de huella digital, encargado de realizar la toma de muestra para la validación de identidad del usuario. También presenta tres leds que indican el estado de la transacción.

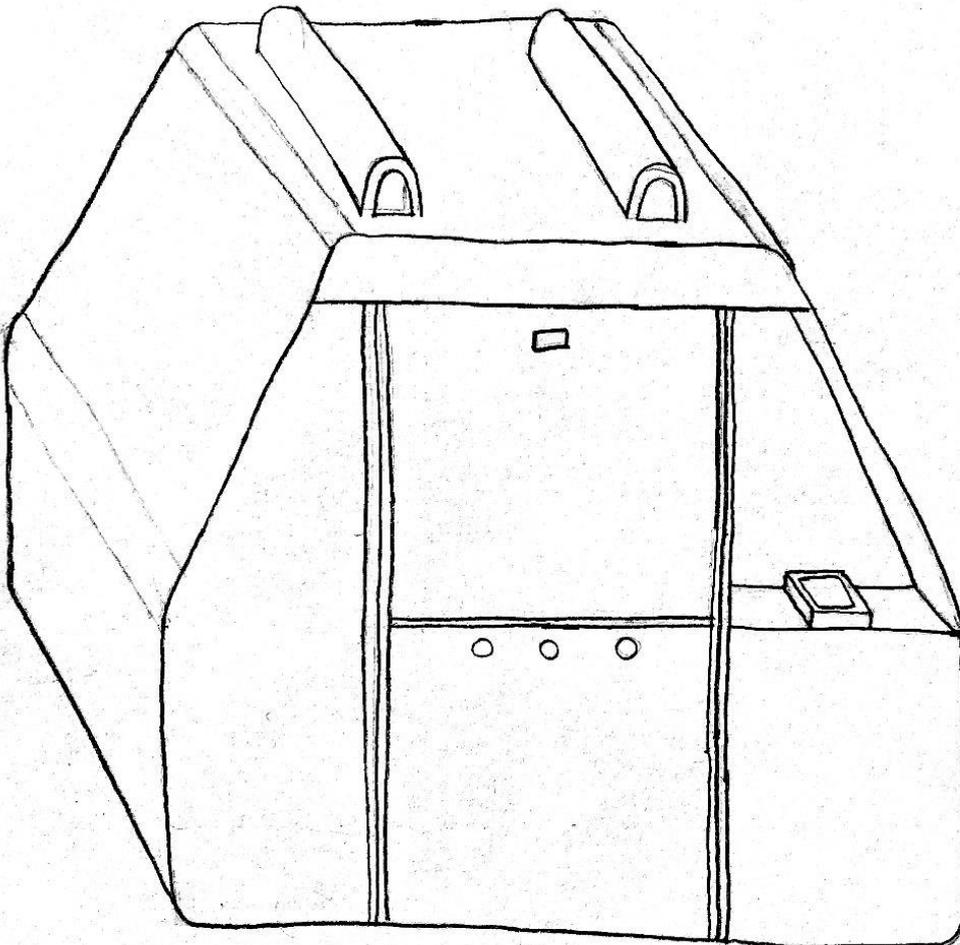


Figura 2. 26 Vista Isométrica del Módulo Dispensador de dinero en efectivo, Solución 1
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la Figura 2. 27, el módulo se encuentra dividido en tres niveles, de los cuales, el nivel superior (nivel A) está dedicado a almacenar el conjunto de placas electrónicas, las cuales son las siguientes: un acelerómetro en la parte trasera izquierda; el módulo GPS en la parte trasera derecha; una placa que contiene los reguladores de energía en la zona media izquierda; el microprocesador en la zona media derecha; el módulo de GSM/GPRS de datos móviles en la zona delantera izquierda; un transistor en la zona media delantera, el cual está encargado de activar el encendido automático del sistema y; finalmente, el módulo de carga de baterías Li-ion/ LiPo en la zona delantera derecha. También se puede observar la composición de la estructura de sujeción con el dron, la cual se encuentra hecha de perfiles para ser liviana y cuyo ensamble se encontrará resguardado en el interior para prevenir de que sea manipulado y desensamblado de manera sencilla. Esta estructura se sujetará a la estructura tubular que presenta el dron DJI Matrice 600 Pro.

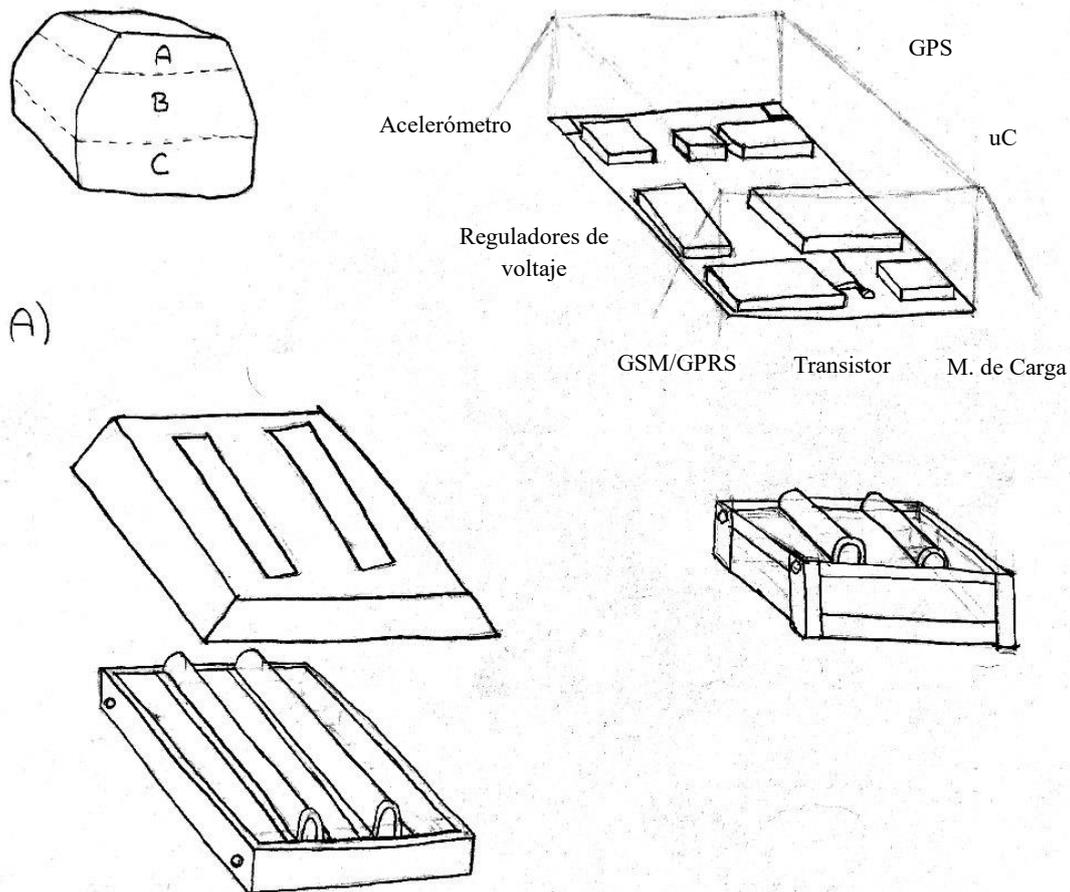


Figura 2. 27 Estructura de nivel superior de Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2. 28 se puede apreciar la composición de la estructura de nivel medio (nivel B) del módulo de dispensación. Esta zona a su vez se divide en tres secciones: En la sección de la izquierda se encuentra el mecanismo de transporte de dinero en efectivo hacia la zona de dispensación, la sección del medio es la zona de dispensación y la sección

derecha, que es la sección que almacena el detector digital de huellas dactilares, las baterías LiPo y el contenedor de tinta en conjunto con su bomba propia. Respecto a la sección izquierda, cabe resaltar que es un mecanismo compuesto por motores de paso que, en conjunto con un juego de ruedas dentadas y fajas, van a permitir el transporte de los billetes a la zona de dispensación. Por otro lado, los billetes, los cuales salen por la ranura inferior ubicada a la altura de la faja de transporte, van a poder ser detectados por un sensor infrarrojo al momento de ingresar a dicha faja y así se podrá realizar la cuenta de billetes expendidos.

B)

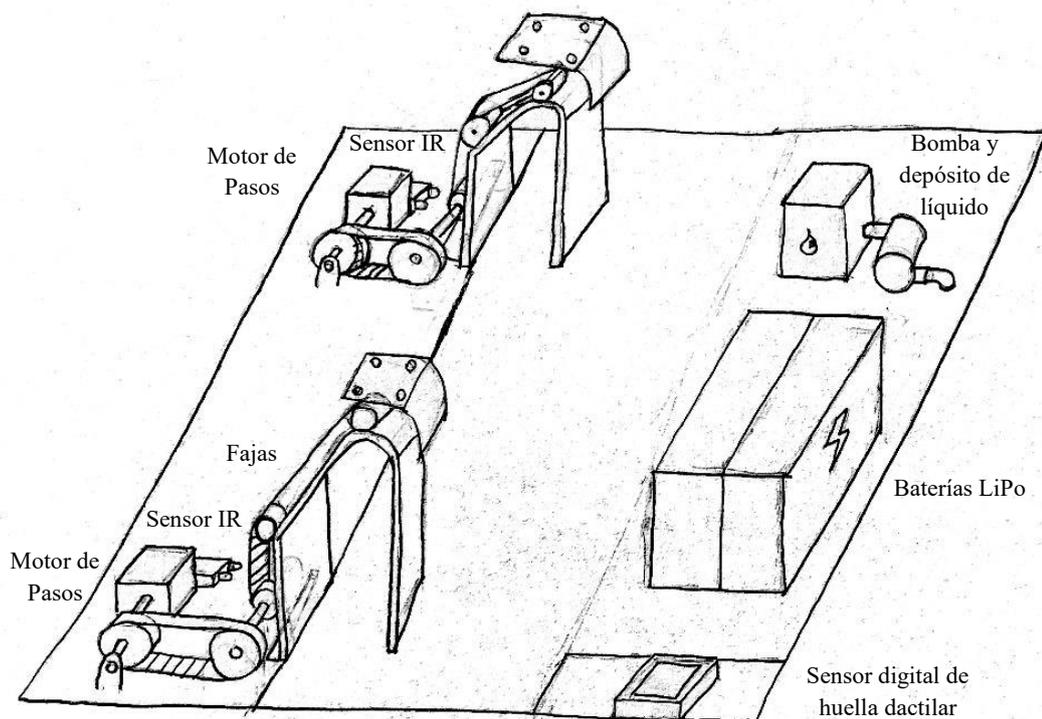


Figura 2. 28 Estructura de nivel medio de Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2. 29 se puede apreciar la composición de la estructura de nivel inferior del módulo de dispensación (nivel C). Dicha estructura se encuentra dividida en dos secciones. La sección de la izquierda presenta el mecanismo de extracción de billetes compuesto por un motor de pasos por cada maleta de efectivo y de un juego de eje y ruedas con superficie de goma para la dispensación de billetes. Cabe resaltar que las ruedas de goma serán capaces de deslizar los billetes hacia la ranura superior de la maleta dado que existe un buen coeficiente de fricción entre la goma y el papel moneda capaz de hacerlo. Por otro lado, a los extremos de esta primera sección, se encuentran los switch snap, los cuales serán presionados una vez que la maleta sea ingresada y alertarán al sistema de la presencia de la maleta ingresada. En la sección de la derecha se encuentra el espacio asignado para colocar las maletas.

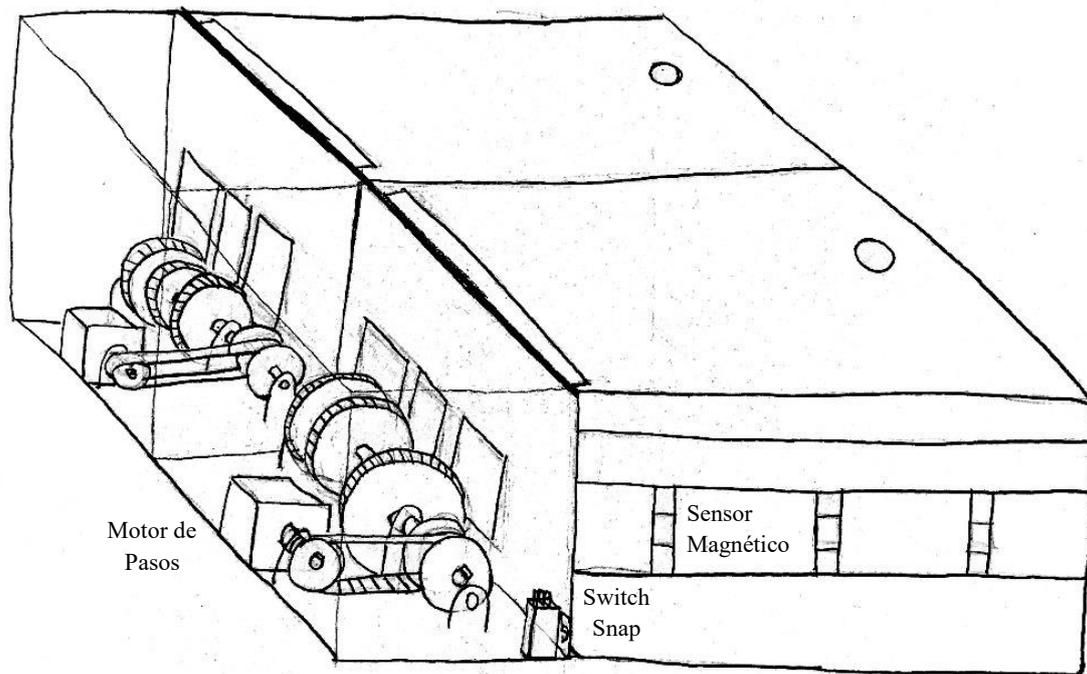


Figura 2. 29 Estructura de nivel inferior de Módulo de Dispensación
 Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2. 30 se aprecia la composición de la estructura interna de la maleta de almacenamiento de billetes. Se encuentra compuesta por una placa de empuje que por medio de resortes permite empujar los billetes hacia la parte delantera de la caja. A un costado de la maleta, se encuentran posicionados los interruptores magnéticos reed switch, y en la placa de empuje, alineado a estos, se posiciona un imán, el cual, al pasar cerca a estos, los va a activar y, de este modo, se va a registrar el nivel de billetes restantes. Para este diseño, se están contemplando tres niveles de presencia de billetes, los cuales son alto, medio y bajo. Por otro lado, en la parte inferior de la caja, se encuentran unos canales regulables para el ajuste del largo del tipo de billete a dispensar, la regulación se realizará por medio del ajuste de tornillos a través de un canal de ojo chino. Finalmente, en la parte superior de la maleta, en la parte interior de la tapa, se encuentra el canal de surtido de tinta líquida por el cual va a fluir en caso de detectarse una emergencia. Este canal tiene una entrada en la parte superior de la tapa para poder conectarse con la salida de la bomba de agua.

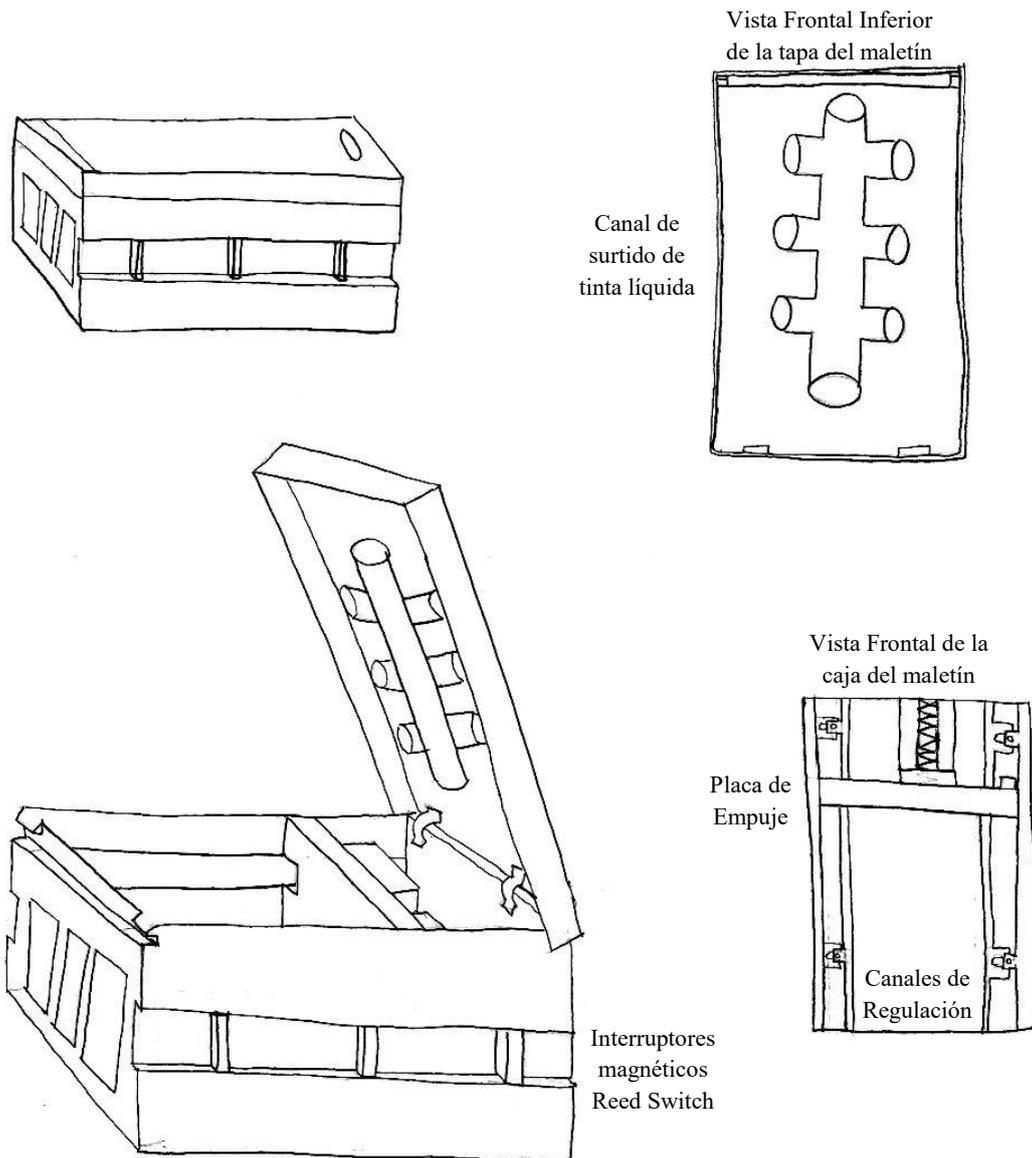


Figura 2. 30 Detalle del diseño de la maleta extraíble para el módulo de dispensación del concepto de solución N°1
Fuente: Elaboración Propia

2.6.2. Concepto de Solución N°2

El segundo concepto de solución consiste en el desarrollo de un módulo de dispensación portátil con la característica de poseer varias gavetas. La funcionalidad de estas es de almacenar un monto solicitado por cliente por gaveta. Como se puede apreciar en la Figura 2. 31, en este diseño, se está considerando colocar un total de 13 gavetas. La forma de operar de este sistema es poder generar una cola de espera de pedidos hacia un determinado lugar, una vez que se complete un total de solicitudes por espacio de almacenamiento del dron o se supera un tiempo de espera límite asociado a la demora del reparto de las solicitudes, entonces una persona se encargará de colocar el contenido en las gavetas y se procederá con el vuelo de reparto.

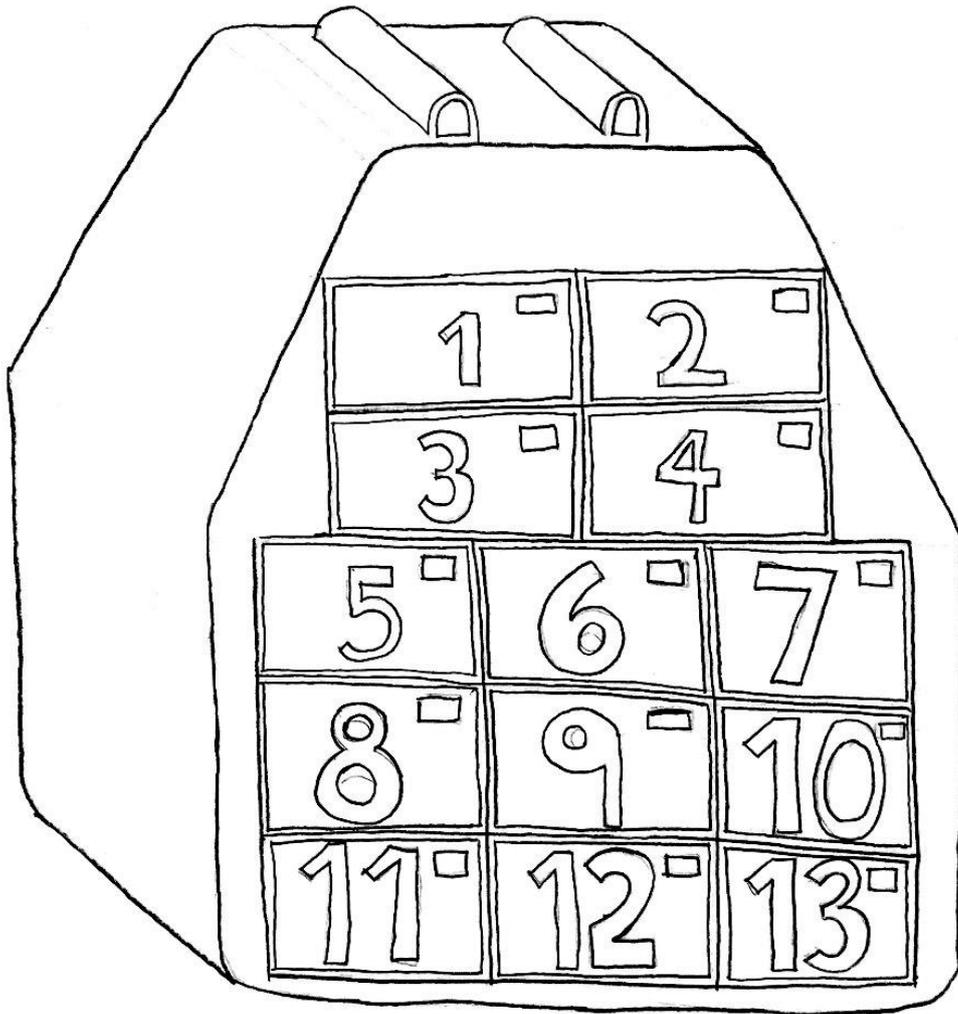


Figura 2. 31 Vista Isométrica del Módulo Dispensador de dinero en efectivo, Solución 2
Fuente: Elaboración Propia

Este módulo se encuentra dividido en dos niveles, de los cuales, el nivel superior (nivel A) está enfocado en almacenar la mayor cantidad de componentes electrónicos de control y de sensado, esta distribución es apreciable en la Figura 2. 32. La distribución de los componentes es la siguiente: un relé en la parte frontal derecha, un microprocesador en la parte central derecha, un circuito resistivo medidor de carga en la parte central derecha, un módulo GPS en la parte trasera derecha, un agujero para permitir conexiones en la parte trasera izquierda, un acelerómetro en la parte central media, un circuito de reguladores de voltaje en la parte central izquierda y un módulo GSM/GPRS en la parte frontal izquierda.

A)

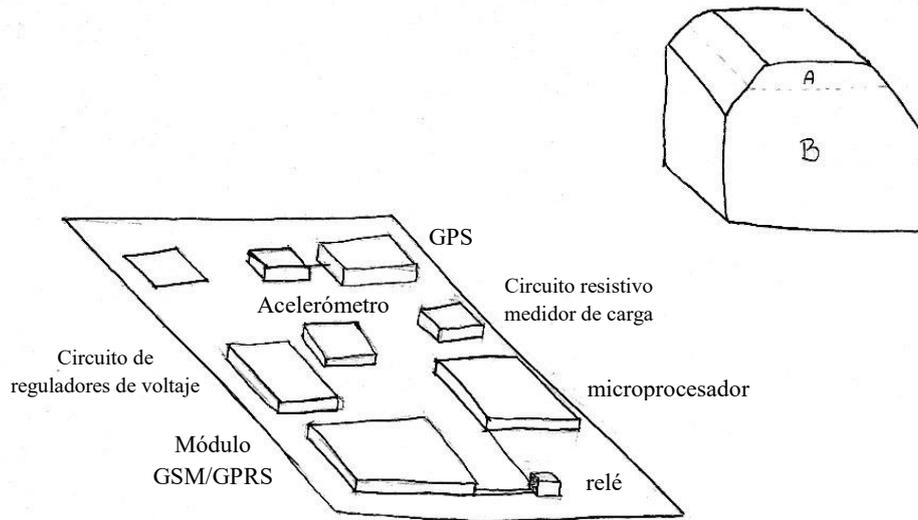


Figura 2. 32 Estructura del nivel superior del Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

El nivel inferior (nivel B), el cual se puede apreciar en la Figura 2. 33, muestra la distribución de gavetas y el espacio asignado para colocar el resto de componentes, tales como el PWM board, para controlar múltiples servomotores, el reservorio de tinta, en conjunto con su bomba de distribución y las baterías LiPo.

B)

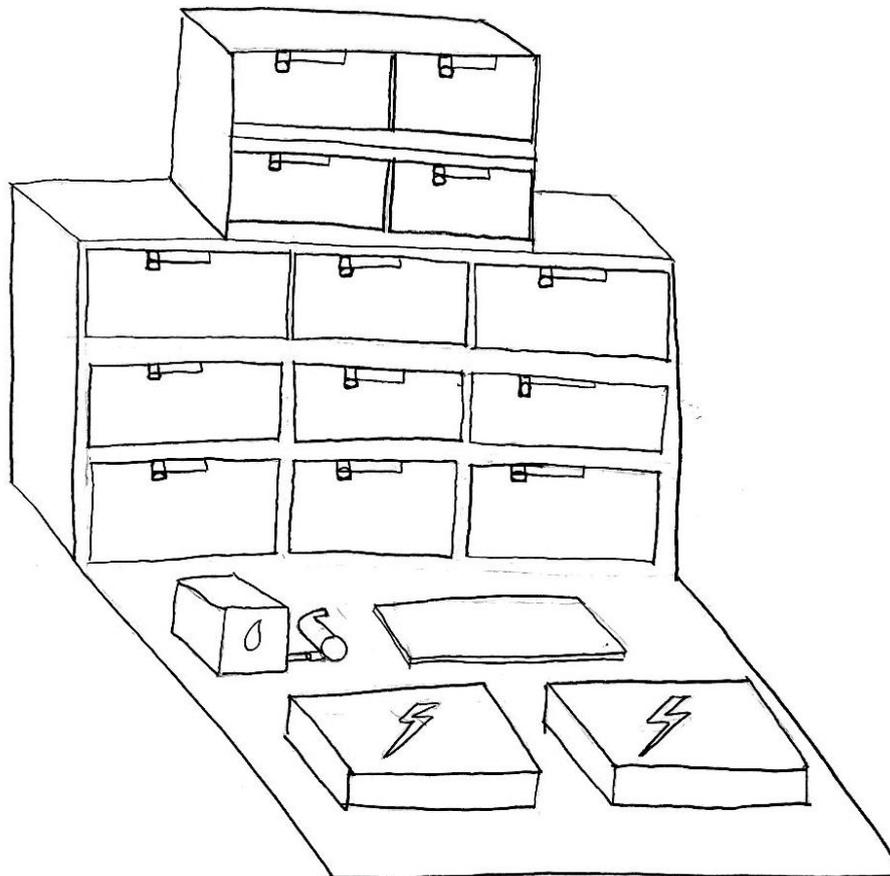


Figura 2. 33 Vista trasera del nivel superior del Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, viendo a detalle la composición de cada gaveta, como se puede apreciar en la Figura 2. 34, está compuesta por una cerradura accionada por un servomotor y una cremallera que se fijan en un par de placas con agujeros anexadas en la tapa. También se puede apreciar el sensor de ultrasonido, el cual va a validar el recojo de billetes en el momento que la persona inserte su mano dentro de la gaveta y este detecte una variación de distancia. Finalmente, se presenta una ranura en la parte posterior de la caja por donde viajarán los cables de los componentes y por donde llega la conexión por medio de tubos delgados y flexibles del surtidor de tinta para casos de emergencia.

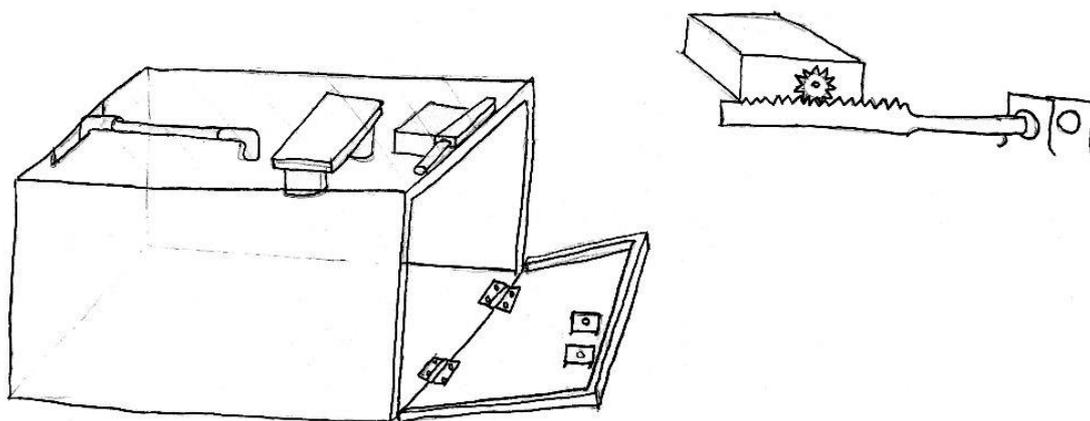


Figura 2. 34 Composición interna de las gavetas del Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

El procedimiento de dispensación se realiza de la siguiente manera: Una vez que el dron haya llegado al punto de reparto, el monto solicitado por el consumidor se encontrará en una gaveta en específico. Para que el consumidor pueda validar la transacción, una vez dentro de la estación de dispensación, tendrá que validar la operación desde su celular por medio de una clave PIN, en ese momento, se mostrará en la pantalla del celular en número de gaveta que le corresponde y el módulo de dispensación procederá a abrirla. La operación finalizará una vez que la persona haya retirado el contenido y cerrado la gaveta.

2.6.3. Concepto de Solución N°3

El tercer concepto de solución consiste en el desarrollo de un módulo porta valor, el cual no va a tener la capacidad de dispensar dinero en efectivo por sí mismo; sino que su función será transportar su contenido hasta una estación de dispensación que sea capaz de recibirlo y presente los mecanismos necesarios para proceder con la dispensación. Dado que el sistema no va a contar con mecanismo de dispensación alguno, el espacio ha sido aprovechado para poder cargar más contenido. En la Figura 2. 35 se puede apreciar la vista isométrica del módulo.

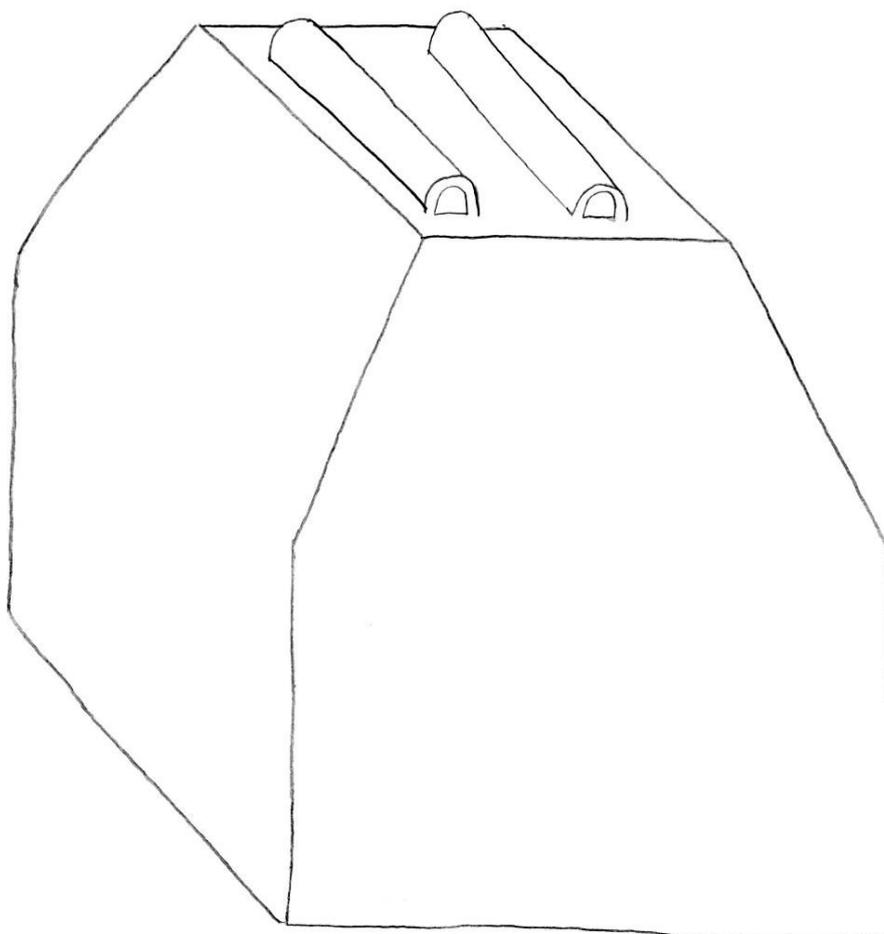


Figura 2. 35 Vista Isométrica del Dispensador de dinero en efectivo, Solución 3
Fuente: Elaboración propia

El espacio interior del módulo se va a distribuir en tres niveles. Como se puede apreciar en la , el nivel superior (nivel A) está dedicado a almacenar el conjunto de componentes electrónicos, los cuales son los siguientes: un módulo de carga en la parte frontal derecha, un relé en la parte frontal central, encargado de permitir por medio de la señal de activación el flujo de energía al sistema, el microcontrolador en la parte central derecha, un módulo GPS en la parte trasera derecha, un agujero en la parte trasera izquierda para permitir las conexiones con los demás sensores y actuadores, una placa de reguladores de voltaje en la parte central izquierda, un acelerómetro en la zona central media y el módulo GSM/GPRS en la parte frontal izquierda.

A)

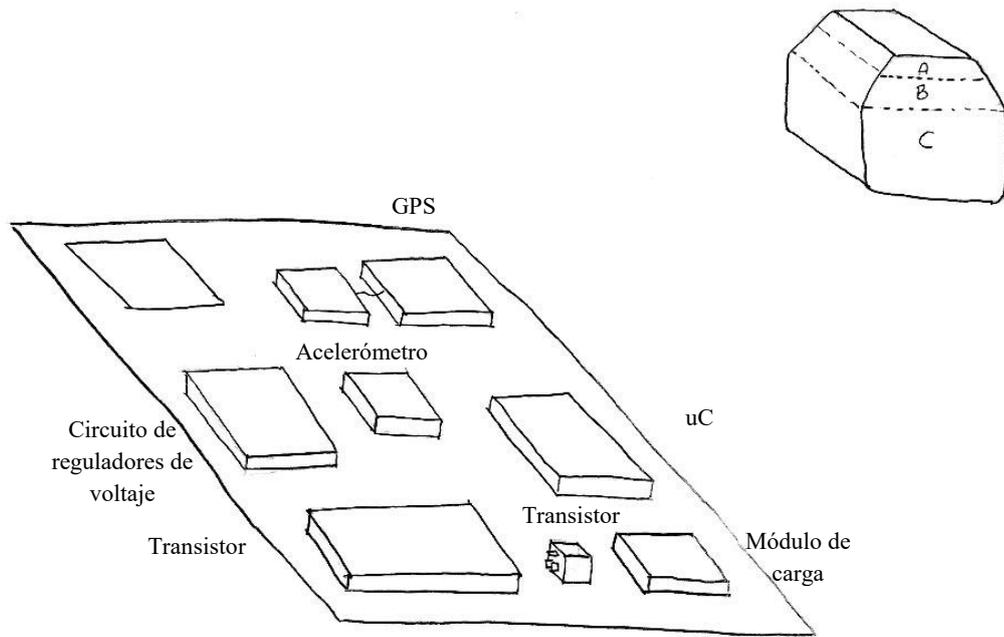


Figura 2. 36 Estructura de nivel superior de Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la Figura 2. 37, que representa la estructura de nivel medio (nivel B), se encontrarán las baterías en conjunto con la bomba de líquido y el contenedor de tinta.

B)

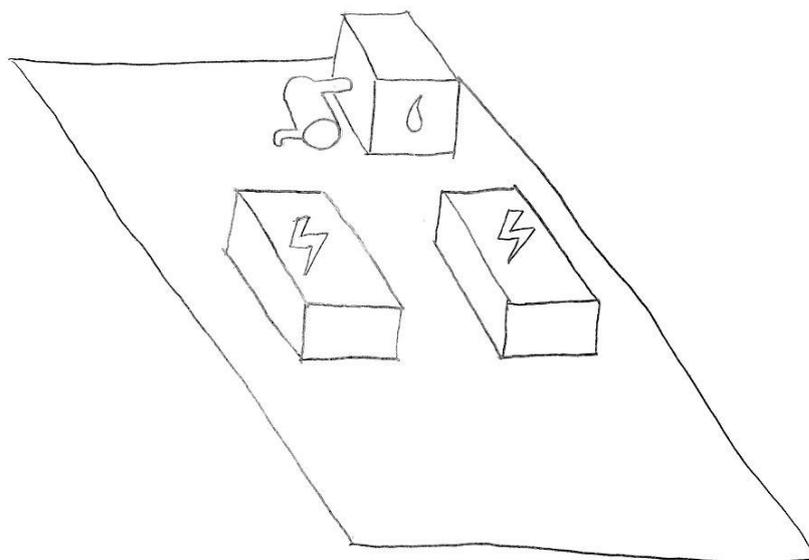


Figura 2. 37 Estructura de nivel medio de Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

Como parte del módulo de dispensación, como se puede apreciar en la Figura 2. 38, en el nivel inferior se presenta una estructura compuesta por perfiles metálicos con la finalidad de albergar las maletas portadoras de dinero en efectivo. La idea de utilizar perfiles es poder controlar mejor el peso y hacer una estructura liviana y funcional. Para poder albergar las maletas, se considerará el uso de cerraduras eléctricas, las cuales estarán abiertas al momento de insertarse los maletines y se cerrarán durante todo el viaje hasta la llegada al destino. Posteriormente, una vez llegado a la estación de dispensación, la cual presenta todos los mecanismos para la dispensación y extracción de los maletines, por medio de una base retráctil que se posicionará por debajo del contenido, retirará las maletas al momento que el sistema se encuentre en posición y libere las cerraduras eléctricas. Por otro lado, dentro de la presente estructura, se posicionan en las zonas laterales un par de interruptores magnéticos reed switch, los cuales detectarán la presencia de una maleta insertada una vez que el imán de la maleta haga contacto con el switch al momento de ser ingresada la maleta.

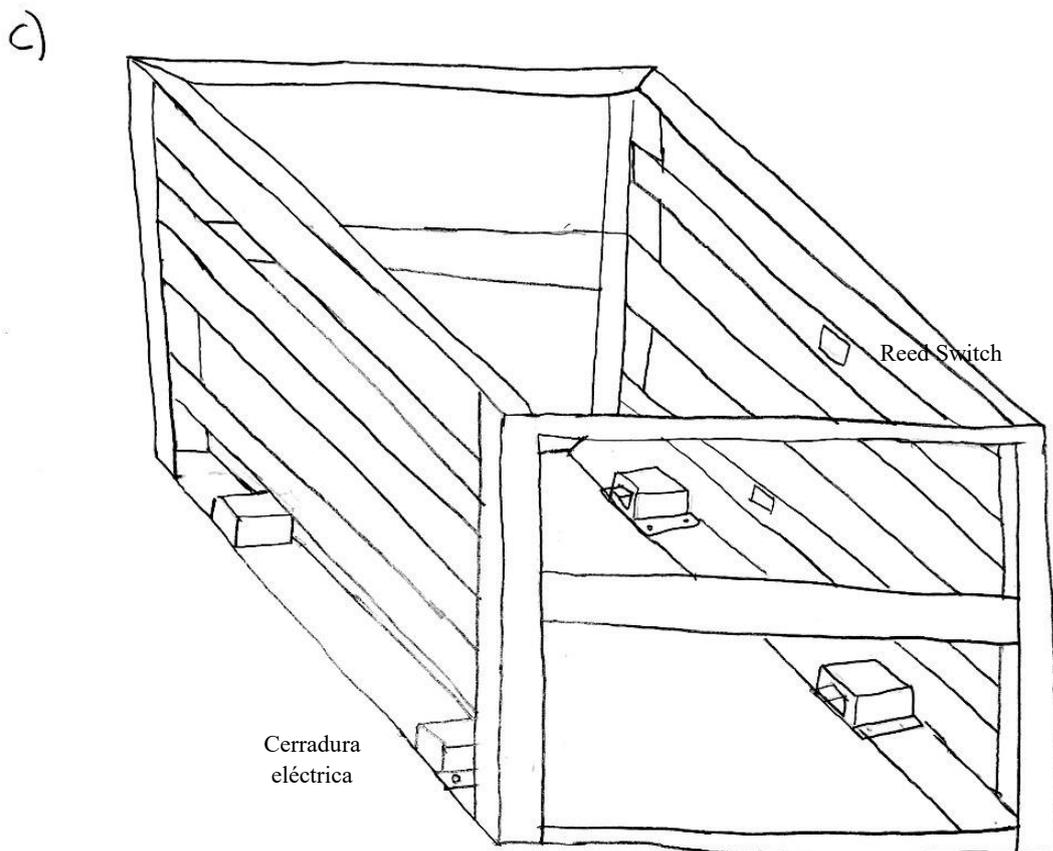
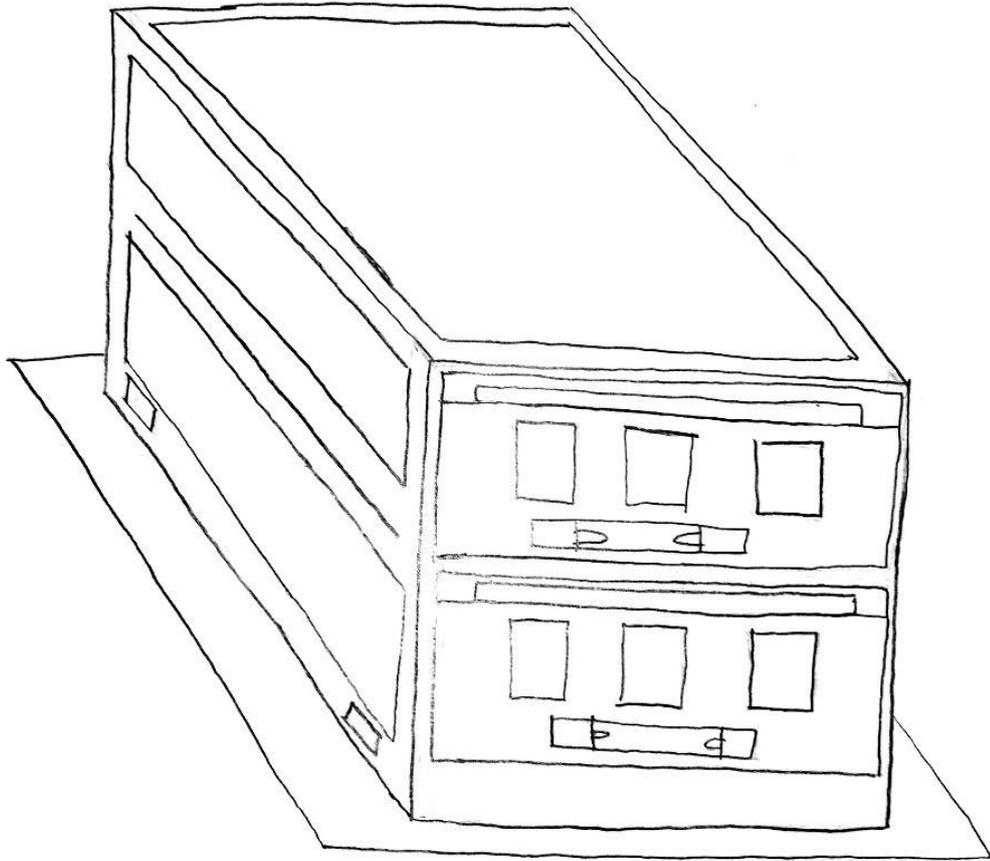


Figura 2. 38 Estructura de nivel inferior de Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2. 39 se puede apreciar la estructura extraíble portadora de maletas que se va a anclar al módulo de dispensación. La estructura permite insertar y extraer dos maletas para poder recargarlas. Por otro lado, presenta una plataforma en la parte inferior más grande que el contenido que porta con el fin de que sirva como tapa inferior y sea menos vulnerable a manipulación.

c)



*Figura 2. 39 Estructura Extraíble portadora de maletas del Módulo de Dispensación
Fuente: Elaboración Propia*

Finalmente, en la Figura 2. 40 se muestra la estructura interna de la maleta, la cual es muy similar al modelo planteado en la primera propuesta. La diferencia es que, para medir el nivel de billetes almacenados, va a contener tres switches, los cuales serán presionados por la placa de empuje de acuerdo al contenido almacenado. También presenta un sistema de inserción de tinta líquida colocado en la tapa. Finalmente, presenta, al igual que en la primera solución, un par de canales de regulación para ajustar el largo de los billetes y así puedan guardar un mejor orden al momento de ser dispensados.

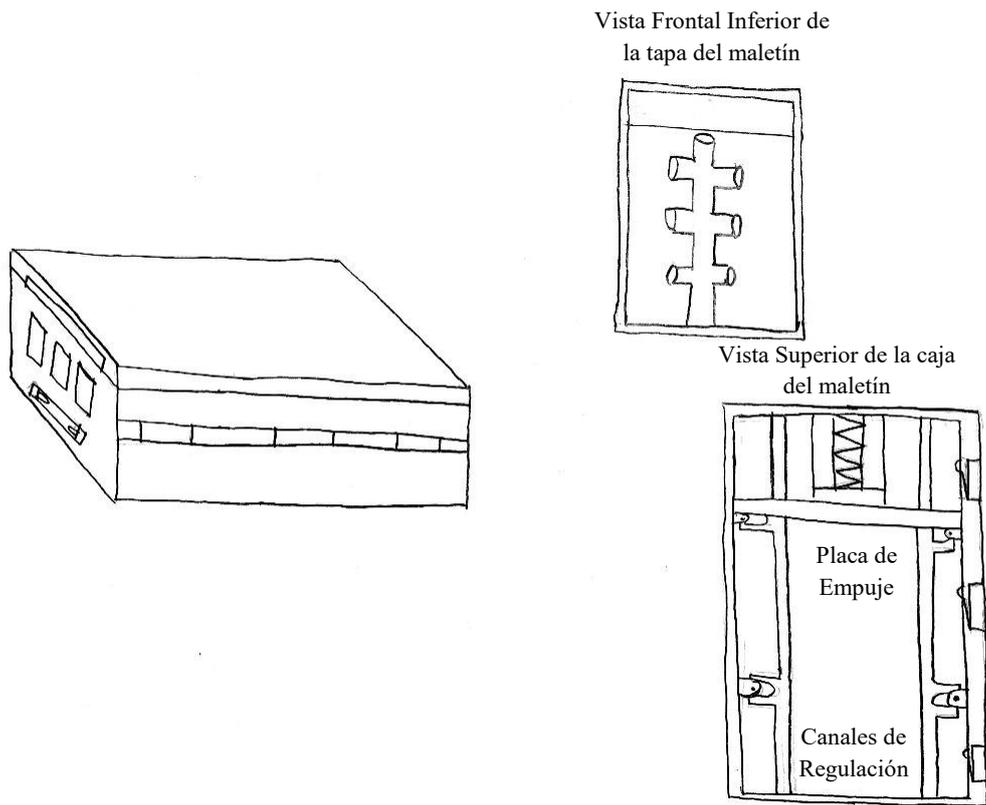


Figura 2. 40 Estructura interna de la maleta de almacenamiento de dinero en efectivo
Fuente: Elaboración Propia

2.7. Evaluación Técnica-Económica

Para la evaluación de la factibilidad de los conceptos de solución se empleará una matriz de pesos y puntajes especificados en la Tabla 2. 3 y en la Tabla 2. 4.

Tabla 2. 3 Tabla de pesos de los criterios a evaluar (G)

PESOS	
0	Muy Baja importancia
1	Baja importancia
2	Media importancia
3	Alta importancia
4	Muy Alta importancia

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. 4 Tabla de puntajes para cada aspecto a evaluar (P)

PUNTAJE	
0	No satisface
1	Poco aceptable
2	Suficiente
3	Bueno
4	Muy Bueno

Fuente: Elaboración Propia

2.7.1. Aspectos Económicos

Los aspectos económicos considerados son los siguientes:

- Costo Tecnológico: Relacionado al uso de tecnologías pensadas en implementar. Usualmente una tecnología más sofisticada conlleva a un costo mayor
- Costo de Fabricación: Relacionado a la complejidad y cantidad de procesos de manufactura necesarios para poder fabricar todos los componentes y ensamblado
- Productividad: Relacionado a que tan eficiente es satisfaciendo las necesidades que el banco (cliente) presenta. Asociado a poder realizar la mayor cantidad de transacciones en un periodo de tiempo determinado
- Mantenimiento: Relacionado al costo requerido para realizarle el mantenimiento al sistema y la frecuencia con que será necesario hacerlo. Está asociado a la complejidad del sistema; por lo general, sistemas más sofisticados requieren de un mantenimiento más especializado
- Disponibilidad de materiales: Relacionado a la disponibilidad de materiales a nivel nacional o a la falta de este tipo de materiales y a la necesidad de importar componentes del extranjero, lo que se traduce en mayor tiempo de espera y mayor costo

El análisis de dichos aspectos se puede verificar en la Tabla 2. 5.

Tabla 2. 5 Análisis de Aspectos Económicos

Aspectos Económicos		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Solución Ideal	
N°	Criterio	G	P	PxG	P	PxG	P	PxG	P	PxG
1	Costo Tecnológico	3	3	9	3	9	1	3	4	12
2	Costo de Fabricación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
3	Productividad	4	4	16	1	4	3	12	4	16
4	Mantenimiento	2	4	8	3	6	4	8	4	8
5	Disponibilidad de Materiales	2	3	6	3	6	3	6	4	8
Suma		14	17	48	16	34	14	38	20	56
Valor Económico Xi		0.857			0.607		0.679		1	

Fuente: Elaboración Propia

2.7.2. Aspectos Técnicos

Los aspectos técnicos considerados son los siguientes:

- Seguridad: Relacionado a qué tan vulnerable es el sistema de poder ser violentado y, por lo tanto, de poner su contenido en manos de terceros
- Complejidad: Relacionado a la dificultad de poder implementar satisfactoriamente todas las funcionalidades del sistema
- Buen Uso de Energía: Relacionado a un consumo energético viable para la función a realizar.
- Montaje: Relacionado a la sencillez de poder extraer y colocar los componentes para poder realizar el proceso
- Peso: Relacionado al peso total del sistema, el cual es crítico para definir la viabilidad de la operación: Un menor peso representa mayor viabilidad de transporte; un mayor peso puede determinar la inviabilidad del sistema

El análisis de dichos aspectos se puede verificar en la Tabla 2. 6.

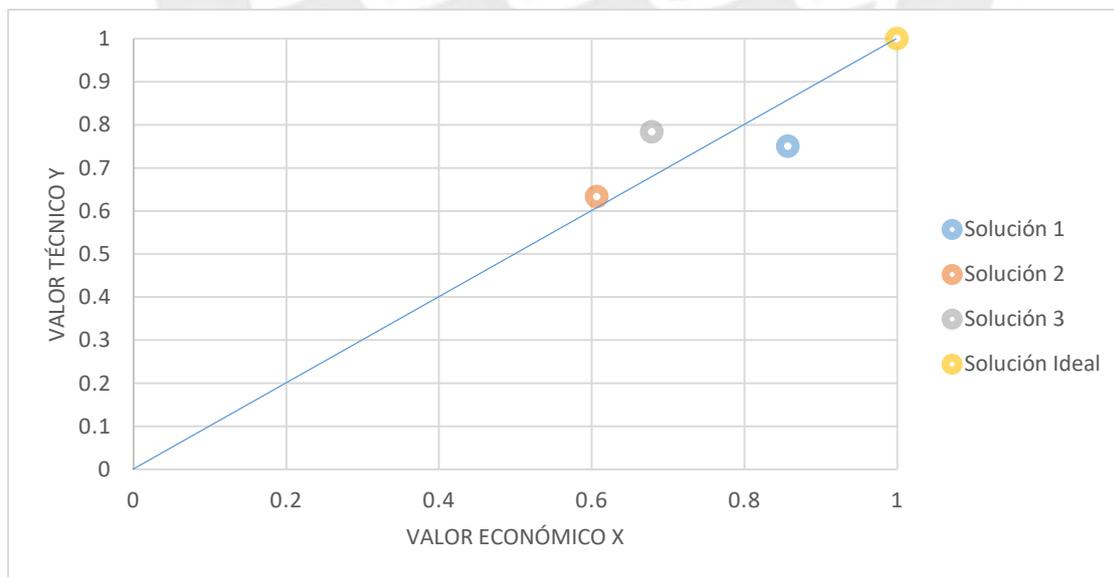
Tabla 2. 6 Análisis de Aspectos Técnicos

Aspectos Técnicos		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Solución Ideal	
Nº	Criterio	G	P	PxG	P	PxG	P	PxG	P	PxG
1	Seguridad	4	3	12	2	8	4	16	4	16
2	Complejidad	2	3	6	3	6	3	6	4	8
3	Buen Uso de Energía	3	3	9	2	6	3	9	4	12
4	Montaje	2	3	6	3	6	2	4	4	8
5	Peso	4	3	12	3	12	3	12	4	16
Suma		15	15	45	17	38	15	47	20	60
Valor Técnico Yi		0.750			0.633		0.783		1	

Fuente: Elaboración Propia

En base a los puntajes obtenidos, realizando una comparación con la propuesta de solución más cercana a la ideal, obtenemos el siguiente cuadro comparativo que se puede apreciar en la Tabla 2. 7.

Tabla 2. 7 Comparación de Soluciones



Fuente: Elaboración Propia

En base a los resultados obtenidos una vez aplicados los criterios técnicos y económicos, podemos apreciar que la solución 1 es la más próxima al concepto de solución ideal.

La vista completa del Sistema Móvil de Dispensación se puede apreciar en la Figura 2. 41, en la cual se observa la integración entre el módulo de dispensación especificado en el concepto de solución 1 con el dron seleccionado con sus respectivos componentes.

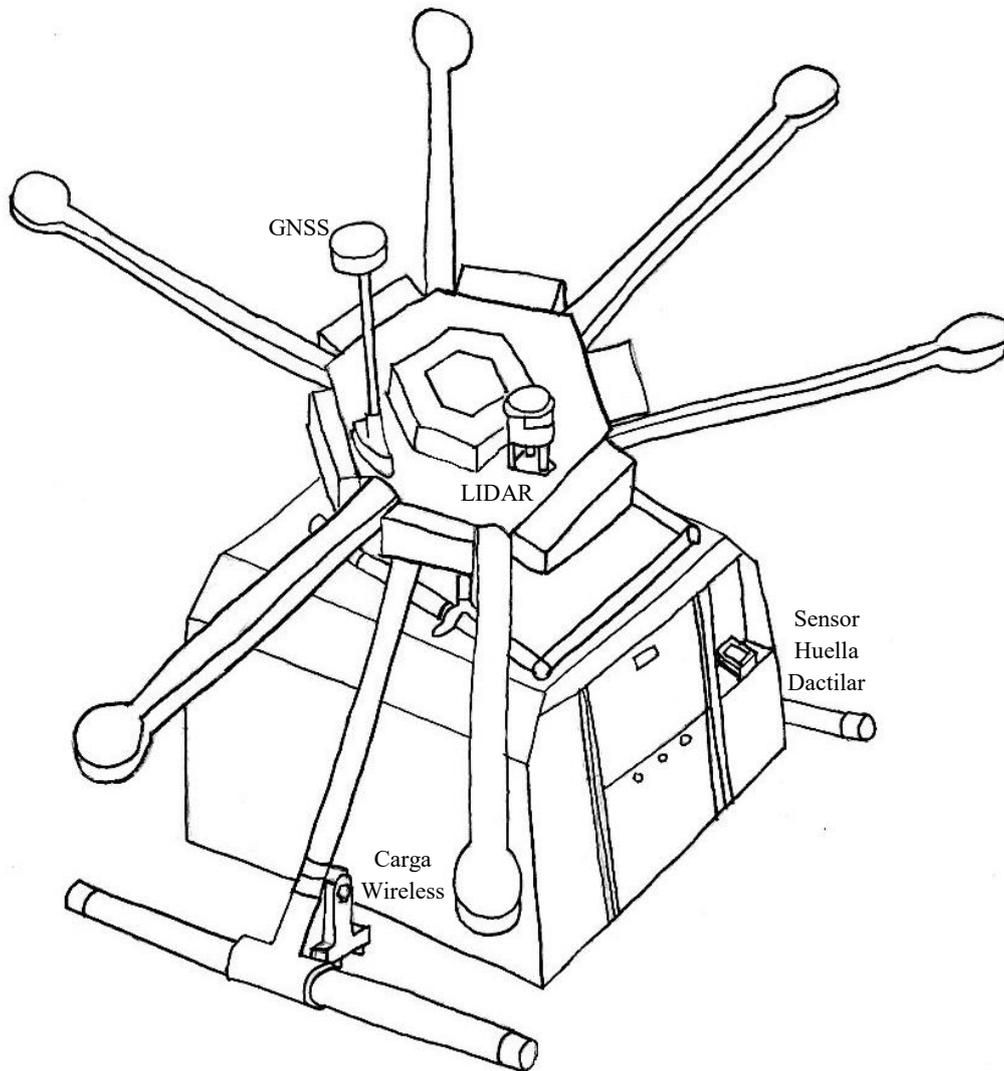


Figura 2. 41 Vista Isométrica de Sistema Móvil de Dispensación de la Solución Óptima
Fuente: Elaboración Propia

2.7.3. Diagrama de Operaciones

El siguiente diagrama presentado en la Figura 2. 42 muestra los pasos que el sistema de dispensación móvil realiza con el fin de poder completar un ciclo de dispensación.

Las condiciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema son las siguientes:

- El sistema debe de estar conectado al Sistema Central de Gestión de Datos, el cual está anexo a la red del banco (Datos Corporativos Ingresados)
- El sistema debe estar colocado en un área despejada y segura en la sucursal del banco con las facilidades para realizar el despegue
- Todos los sensores deben de funcionar de manera correcta
- Todos los actuadores deben de funcionar de manera correcta

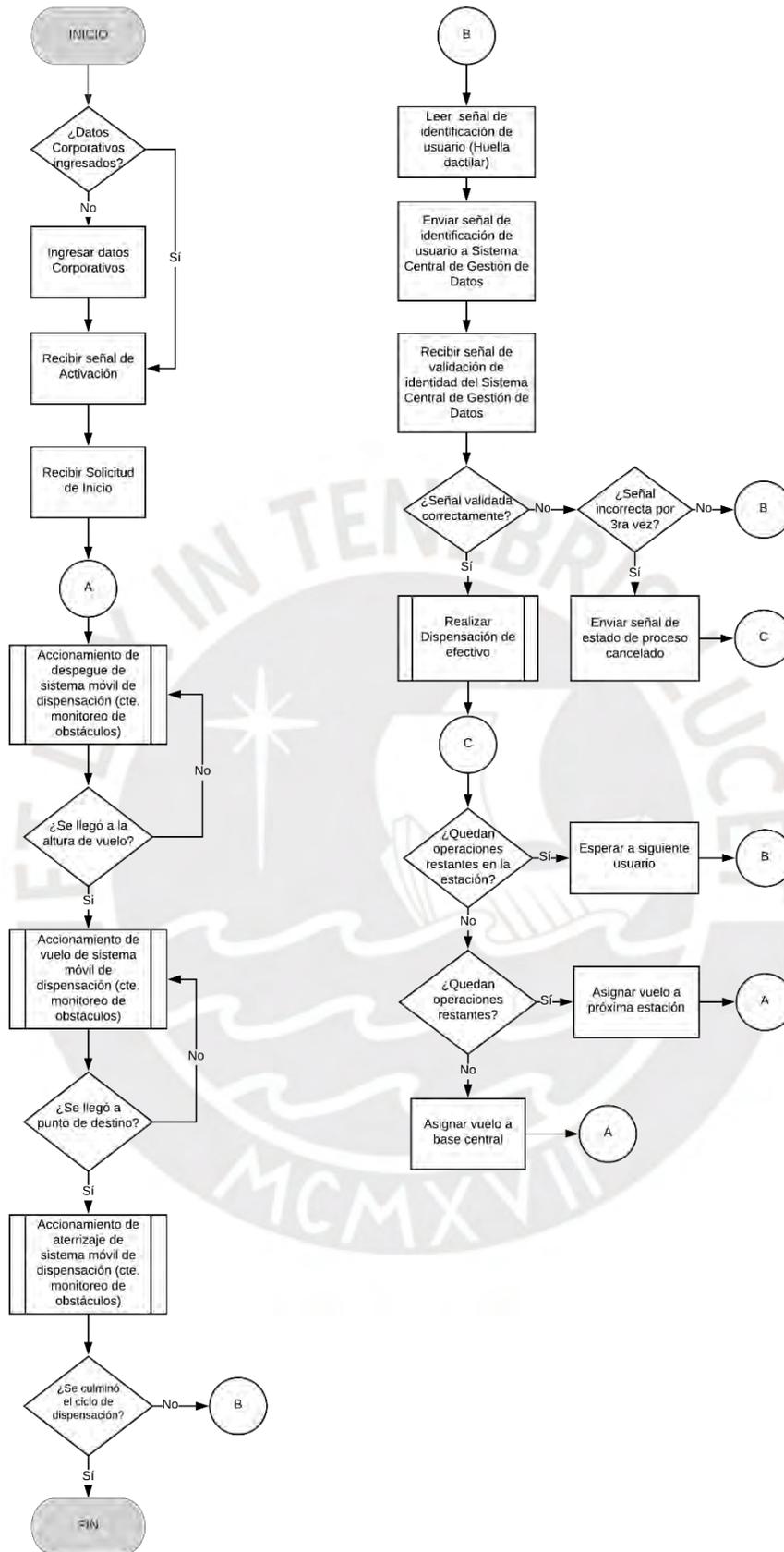


Figura 2. 42 Diagrama de Operaciones
Fuente: Elaboración Propia

En caso que durante el proceso se detecte una emergencia, el sistema será capaz de reaccionar de manera autónoma; sin embargo, en caso de ocurrida dicha situación, el operador del sistema deberá de realizar los siguientes pasos mostrados en la Figura 2. 43. Estos se resumen en ubicar la posición del sistema y verificar que presente la capacidad para volar de regreso; en caso contrario, recogerlo en el lugar indicado. Finalmente, realizarle la reparación y cambios de repuestos respectivos.

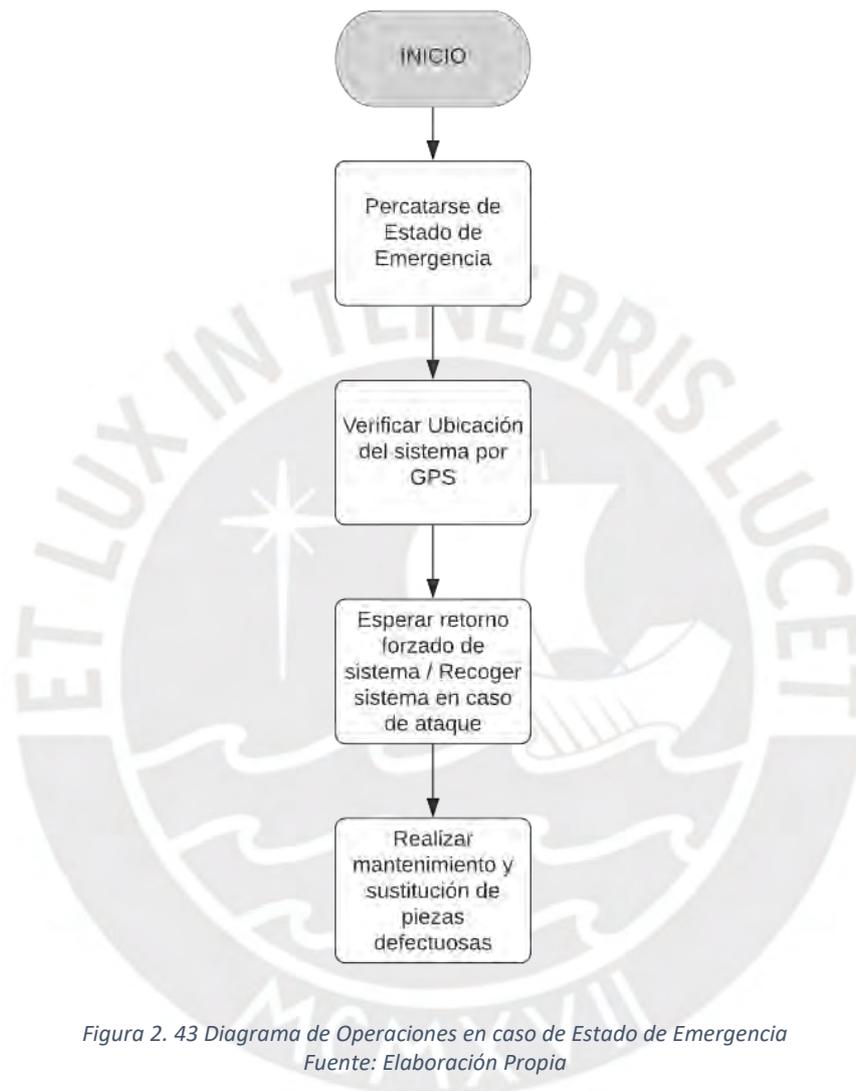


Figura 2. 43 Diagrama de Operaciones en caso de Estado de Emergencia
Fuente: Elaboración Propia

2.7.4. Diagrama de Conexiones

En la Figura 2. 44 se puede observar el diagrama de conexiones respectivo del sistema Móvil de Dispensación, en el cual se distinguen los diferentes tipos de relaciones existentes entre los componentes internos, tanto del módulo de dispensación, como del dron. De este modo, va a ser posible integrar todas las funcionalidades y lograr el objetivo principal.

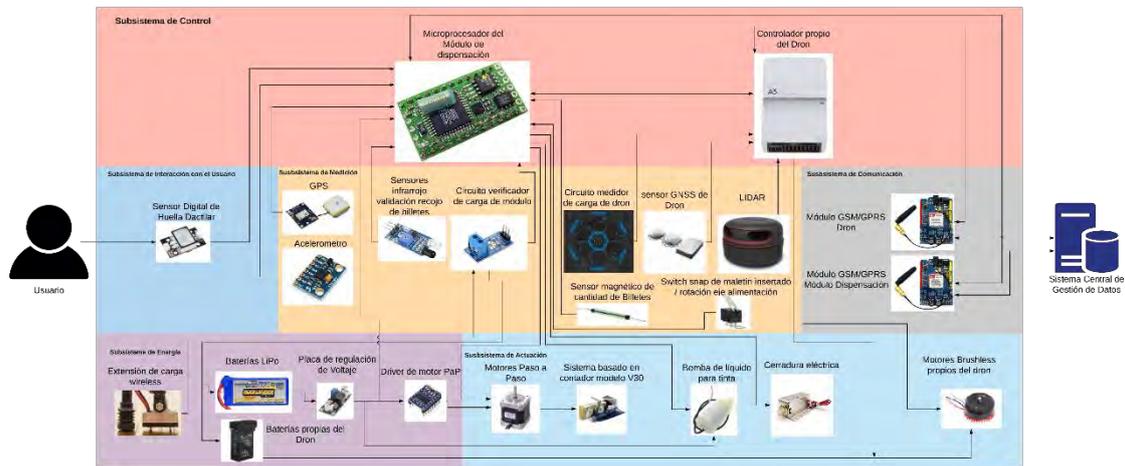


Figura 2. 44 Diagrama de Conexiones del Sistema Móvil de Dispensación de la Solución Óptima
Fuente: Elaboración Propia

2.8. Conclusiones y Lecciones Aprendidas

En base a la presente investigación, se han podido establecer las siguientes conclusiones:

- Se estudió el estado del arte asociado al funcionamiento interno de los cajeros automáticos, el cual fue de suma utilidad para poder entender los mecanismos que permiten realizar dicha labor y ayudaron en la elaboración de los conceptos de solución.
- Se estudió el estado del arte asociado al funcionamiento de los drones, el cual contribuyó para entender conceptos asociados a especificaciones técnicas y métodos innovativos para la implementación de un sistema que brinde un entorno controlado y seguro para el transporte de objetos.
- Se estudió el estado del arte asociado al aspecto energético del sistema, concluyendo en la viabilidad de poder implementar un sistema que permita realizar un proceso de carga autónomo entre ciclos de trabajo.
- Se elaboraron 3 conceptos de solución, los cuales fueron diseñados por medio de una selección metódica de componentes para cumplir la función encomendada. Luego, se realizó un análisis de criterios técnicos y económicos y se eligió una solución óptima.
- El concepto de solución óptimo es compatible con el transporte de diversos objetos con características físicas similares, tales como tickets, fuera del transporte de billetes. De este modo, el diseño del presente módulo podrá extender su funcionalidad según nuevas necesidades que se presenten a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Aerial Insights. (2018a). *6 aplicaciones para planificar el vuelo de tu dron*. Aerial Insights. <https://www.aerial-insights.co/blog/6-aplicaciones-para-planificar-el-vuelo-de-tu-dron/>
- Aerial Insights. (2018b). *Tipos de drones: ¿Cuántos tipos de drones existen en el mercado?* Aerial Insights. <https://www.aerial-insights.co/blog/tipos-de-drones/>
- Amazon. (2019). *A drone program taking flight*. The Amazon Blog. <https://blog.aboutamazon.com/transportation/a-drone-program-taking-flight>
- Amazon. (2020). *Amazon.com: Prime Air*. Amazon Prime Air. <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>
- Ardupilot. (2019). *Mission Planner Home*. Ardupilot. <https://ardupilot.org/planner/>
- Arias, K., Sánchez Ríos, M., Betancourt Cortez, F. J., Leguizamón Sierra, G., García, R., & Mendoza Patiño, D. (2018). Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+P+D3. Artículo de revisión. *Revista ESPACIOS*, 39(09), 3–5. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n09/a18v39n09p22.pdf>
- Asbanc. (2017). *Reducción del efectivo en el Perú*. <https://www.asbanc.com.pe/prensa/Reduccion-del-uso-del-dinero-en-efectivo-en-el-Peru.pdf>
- Baterías de Grafeno. (2016). *Tipos de Baterías*. Baterías de Grafeno. <http://bateriasdegrafenopara.com/tipos-de-baterias/>
- Chatterjee, A., & Reza, H. (2019). Path Planning Algorithm to Enable Low Altitude Delivery Drones at the City Scale. *2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, 750–753. <https://doi.org/10.1109/CSCI49370.2019.00142>
- Diebold Inc. (2005). *Máquina bancaria automática que distribuye, recibe y almacena billetes y otras hojas de instrumentos financieros* (Patent No. 2 344 298). Diebold Inc. <https://patentimages.storage.googleapis.com/a6/8a/da/7821c5f3e31ea2/ES2344298T3.pdf>
- DJI. (2020a). *DJI - Matrice 600 Pro*. DJI. <https://www.dji.com/matrice600-pro>
- DJI. (2020b). *DJI GS Pro - Mission Critical Flight Simplified*. DJI. <https://www.dji.com/500>
- Dynamo. (2020). *Baterías LiPo, características y cuidados*. Dynamoelectronics.Com. <https://www.dynamoelectronics.com/baterias-lipo-caracteristicas-y-cuidados/>
- Freepng.es. (2020). *Batería de Litio-ion Recargable*. Freepng.Es. <https://www.freepng.es/png-lout5d/download.html#>
- Fujitsu. (2017). *Seguridad en los cajeros automáticos*. https://www.fujitsu.com/es/Images/WP_Seguridad_en-red-ATMs_final.pdf

- Fundación Carlos Slim. (2020). DIFERENCIAS ENTRE MICROCONTROLADORES Y MICROPROCESADORES. *Fundación Carlos Slim*, 1–2. <https://capacitateparaeempleo.org/assets/761p6vm.pdf>
- Gestión. (2016, May 9). BCP: ‘Cajeros recicladores’ incrementarían disponibilidad de cajeros automáticos. *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/empresas/bcp-cajeros-recicladores-incrementarian-disponibilidad-cajeros-automaticos-119898-noticia/>
- Ingenieria.es. (2017). *Funcionamiento de los cajeros automáticos*. Ingenieria.Es. <https://www.ingenieria.es/los-cajeros-automaticos/>
- Matternet. (2020). *Matternet unveils new Station*. Matternet. <https://mttr.net/>
- Medium. (2018). *Microcontroladores vs. Microprocesadores*. Medium. <https://medium.com/@aploopve/microcontroladores-vs-microprocesadores-9e8c7edfb746>
- Montero, J. (2016). *Qué diferencias hay entre RPA, UAV, RPAS, UAS y dron*. Todrone. <https://www.todrone.com/diferencias-hay-entre-rpa-uav-rpas-uas-dron/>
- NCR. (2002). *NCR 5635 Spray Currency Dispenser Service Manual* (Issue April). <https://es.scribd.com/document/334847166/BillDispenser-NCR-5635-Service-Manual-pdf>
- Percepto. (2020a). *Percepto Home*. Percepto. <https://percepto.co/>
- Percepto. (2020b). *Percepto Sparrow - Autonomous Industrial Drone*. <https://www.southerncrossdrones.com/download/percepto-sparrow-drone-sxd-.pdf>
- R.A.S. (2020). *Robotic Air Systems | Pisu : Vehículo Aéreo No Tripulado*. R.A.S. <http://www.roboticairsystems.com/pisqu>
- Raspberry Pi. (2020). *Buy a Raspberry Pi 4 Model B – Raspberry Pi*. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- Robotshop. (2020). *Microcontrolador Arduino Yún rev 2 USB*. Robotshop. <https://www.robotshop.com/us/es/microcontrolador-arduino-yun-rev2-usb.html>
- Skysense. (2018). *Skysense Indoor Charging Pad*. Skysense. <https://www.skysense.co/indoor-charging-pad>
- UgCS. (2020). *Ground Station Software | UgCS PC Mission Planning*. UgCS. <https://www.ugcs.com/>
- UPS, & Matternet. (2020). *UPS Flight Forward, CVS To Launch Residential Drone Delivery Service In Florida Retirement Community To Assist In Coronavirus Response*. UPS Pressroom. <https://www.pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptType=PressReleases&id=1587995241555-272>
- Wibotic. (2019). *Wibotic Products*. Wibotic. <https://www.wibotic.com/products/>
- WordPress. (2015). *Microcontrolador vs Microprocesador*. Aprendiendo Arduino. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/29/microcontrolador-vs-microprocesador/>

Yoo, H. D., & Chankov, S. M. (2018). Drone-delivery Using Autonomous Mobility: An Innovative Approach to Future Last-mile Delivery Problems. *2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1216–1220. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607829>



ANEXOS

ANEXO A. LISTA DE REQUERIMIENTOS

ANEXO B. ESTRUCTURA DE FUNCIONES GLOBAL

