



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DEL CHASIS DE UN DRON DE CUATRO MOTORES PARA
CONTRIBUIR EN LAS TAREAS DE LOGÍSTICA DE LA EMPRESA CASA DEL
RULIMAN DEL ECUADOR S.A.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor(a)

Manrique Vera Tania Elizabeth

Tutor(a)

Ing. Remache Vinueza Byron Paúl

QUITO – ECUADOR

2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Manrique Vera Tania Elizabeth, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “DISEÑO DEL CHASIS DE UN DRON DE CUATRO MOTORES PARA CONTRIBUIR EN LAS TAREAS DE LOGÍSTICA DE LA EMPRESA CASA DEL RULIMAN DEL ECUADOR S.A.”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, del mes de febrero de 2022, firmo conforme:

Autor: Manrique Vera Tania Elizabeth

Firma:

Número de Cédula: 1718553884

Dirección: Pichincha, Quito, El Condado.

Correo Electrónico: tmanrique167@gmail.com

Teléfono: 0960140430

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**DISEÑO DEL CHASIS DE UN DRON DE CUATRO MOTORES PARA CONTRIBUIR EN LAS TAREAS DE LOGÍSTICA DE LA EMPRESA CASA DEL RULIMAN DEL ECUADOR S.A.**” presentado por Tania Elizabeth Manrique Vera, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, febrero de 2022.

.....
Ing. Byron Paúl Remache Vinueza

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, febrero de 2022



Tania Elizabeth Manrique Vera

1718553884

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO DEL CHASIS DE UN DRON DE CUATRO MOTORES PARA CONTRIBUIR EN LAS TAREAS DE LOGÍSTICA DE LA EMPRESA CASA DEL RULIMAN DEL ECUADOR S.A. previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, febrero de 2022

.....

MSc. Hernán Fabricio Espejo Viñán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

MSc. Fabian Alberto Sarmiento Ortiz
VOCAL 1

.....

MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea
VOCAL 2

DEDICATORIA

A mis padres René Manrique y Carmen Vera por sus enseñanzas, ejemplo y amor infinito, siempre estaré orgullosa de ser su hija, los amo y los llevo en mi corazón.
A mi esposo quien, con su amor, paciencia, apoyo incondicional y su ejemplo me ha inspirado a convertirme en una profesional de la República del Ecuador.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, mi fiel amigo, dador de vida, fuerza e inteligencia, Él es quien me ha proporcionado los medios para obtener uno de mis más grandes anhelos.

Agradezco a mi Padre quien desde pequeña me enseñó matemáticas y fue mi inspiración para estudiar una ingeniería, a mi Madre quien con su ejemplo me enseñó a dar todo de mí en cada cosa que haga sin importar los obstáculos, siempre agradeceré el amor que me brindaron, sé que desde el cielo me cuidan y están felices por esta meta cumplida.

A mi esposo Jorge Erazo, por estar en todo momento conmigo, ser mi apoyo constante y fortaleza.

A mi hermana Jessica Manrique quien estuvo para mí en los momentos más difíciles de mi vida, sosteniéndome en sus amorosos brazos, ayudándome a salir adelante; y a mi sobrina Antonella Ayala por quien me esfuerzo día a día para ser su guía y su amiga.

A mis suegros Nanci López y Jorge Erazo M. quienes me ayudaron y apoyaron incondicionalmente para poder ingresar a la universidad y en cada siguiente paso que he dado.

A mi querida Universidad Tecnológica Indoamérica por acogerme en sus aulas, brindándome el conocimiento y la oportunidad de ser una profesional.

A mi tutor de tesis Ing. Paúl Remache, quien con su sabiduría y experiencia me guiaron para concluir mi tesis.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	11
Antecedentes Históricos.....	11
Tipos de Drones y sus aplicaciones.....	15
Software CAD.....	18
Reglamento para el uso de drones en el Ecuador.....	19
JUSTIFICACIÓN	21
OBJETIVOS	23
Objetivos General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
CAPÍTULO II	24
DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA EMPRESA.....	24
ÁREA DE ESTUDIO	32

MODELO OPERATIVO.....	33
CAPÍTULO III.....	34
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	34
Criterios de diseño.....	34
Diseño del chasis.....	36
Análisis QFD.....	37
Selección del material para la carcasa	38
Selección de componentes.....	54
Cálculos	56
Motores.....	57
Baterías	58
Hélices – Propulsores	73
Modelado 3D.....	74
Digitación del inventario	81
Códigos QR y códigos de barras	82
Ruta de visualización.....	83
Procesamiento de datos	83
Almacenamiento de datos.....	83
RESULTADOS ESPERADOS.....	85
CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	91
ANÁLISIS DE COSTOS.....	94
CAPÍTULO IV.....	98
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES.....	101
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Requerimientos y características de calidad de datos.....	2
Tabla 2	Aplicaciones de drones.....	17
Tabla 3	Rangos de compensación de daños a terceros por parte de drones	19
Tabla 4	Nivel de impacto de las causas para inventarios ineficientes.....	28
Tabla 5	Escala de ponderación	28
Tabla 6	Problemas de inventario ineficiente y soluciones con la implementación de un dron para logística	29
Tabla 7	Tipos de materiales para fabricación.....	39
Tabla 8	Criterios para determinar prioridad de diseño	47
Tabla 9	Priorización de criterios para selección de elementos.....	48
Tabla 10	Evaluación Durable vs Alternativas	49
Tabla 11	Evaluación Económico vs Alternativas.....	50
Tabla 12	Evaluación Ligero vs Alternativas	51
Tabla 13	Evaluación No tóxico vs Alternativas	51
Tabla 14	Evaluación Resistente vs Alternativas.....	52
Tabla 15	Evaluación Ecológico vs Alternativas.....	53
Tabla 16	Matriz final de priorización	54
Tabla 17	Matriz de priorización de componentes	56
Tabla 18	Nomenclatura de baterías Lipo.....	59
Tabla 19	Relación entre Voltaje, corriente, empuje, eficiencia.....	60
Tabla 20	Tipos de batería LiPo.....	61
Tabla 21	Peso aproximado de componentes del Caso 1.....	62
Tabla 22	Relación total de empuje del Caso 1	62
Tabla 23	Peso aproximado de componentes del Caso 2.....	63

Tabla 24	Relación total de empuje del Caso 2	63
Tabla 25	Peso aproximado de componentes del Caso 3.....	64
Tabla 26	Relación total de empuje del Caso 3	64
Tabla 27	Valores de corriente, empuje y peso para Caso 1.....	65
Tabla 28	Cálculo de flujo de corriente específica para la batería 3S 3000mAh.	66
Tabla 29	Relación tiempo vs consumo de amperaje de batería 3S 3000mAh	67
Tabla 30	Cálculo de flujo de corriente específico para una batería de 3S 3000mAh....	67
Tabla 31	Valores de corriente, empuje y peso para Caso 2.....	69
Tabla 32	Cálculo de flujo de corriente específico para una batería de 4S 2200mAh....	69
Tabla 33	Relación tiempo vs consumo de amperaje de batería 4S 2200mAh	70
Tabla 34	Lista de partes y sus dimensiones.....	75
Tabla 35	Desarrollo de implementación de la propuesta	91
Tabla 36	Cronograma de implementación de la propuesta	93
Tabla 37	Materiales para el dron	94
Tabla 38	Costo aproximado de ingenieros para capacitaciones, pruebas, programación y seguimiento.....	95
Tabla 39	Costos de software y etiquetado	96
Tabla 40	Costos totales de la propuesta.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 DHL incorpora los primeros drones autónomos en sus centros logísticos en España.....	6
Figura 2 Compañía logística española Geodis crea una solución	7
Figura 3 Danone confía en los drones para inventarios.....	8
Figura 4 Árbol de problemas	9
Figura 5 Pasillos de una de las bodegas de Casa del Ruliman del Ecuador S.A.	12
Figura 6 Drone solar construido por AeroVironment HASOL	14
Figura 7 DJI Phantom.....	15
Figura 8 Espectro de clasificación de drones en función de su envergadura y peso	16
Figura 9 Diagrama organizacional de la empresa Casa del Ruliman	25
Figura 10 Diagrama causa y efecto de inventario ineficiente	27
Figura 11 Diagrama de análisis de procesos	31
Figura 12 Modelo operativo para el diseño de la propuesta.....	33
Figura 13 Diagrama de procesos para establecer los criterios de diseño	35
Figura 14 Matriz QDF	37
Figura 15 Chasis dron de Fibra de carbono	40
Figura 16 Chasis dron de Aluminio.....	41
Figura 17 Chasis dron de Plástico ABS.....	42
Figura 18 Chasis dron de Nylon.....	43
Figura 19 Chasis dron de Madera.....	44
Figura 20 Polietileno	45
Figura 21 Chasis dron de Acero	46
Figura 22 Chasis dron de Vidrio.....	47
Figura 23 Motor Brushless DC Emax RS1306 3300kv	58

Figura 24	Batería LiPo	59
Figura 25	Batería 3S ZOP Power 3000 mAh	65
Figura 26	Batería 4S 2200mAh	68
Figura 27	Diagrama de flujo para la determinación de batería adecuada para dron.	72
Figura 28	Hélices tripalas 3”	73
Figura 29	Configuración quadcóptero	74
Figura 30	Chasis del dron vista lateral y vista superior.....	77
Figura 31	Chasis del dron vista superior y lateral con dimensiones	78
Figura 32	Chasis del dron con componentes	79
Figura 33	Dron con sus componentes.....	80
Figura 34	Diagrama de bloques de digitación de inventario	81
Figura 35	84
Figura 36	Comparación toma de tiempos de inventario.....	89
Figura 37	Diagrama estimado de análisis de procesos con la implementación del dron	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica del motor Emax Rs1306.....	109
Anexo 2: Diseño del dron	110
Anexo 3: Diseño y modelados del dron en programa Fusion 360	111
Anexo 4: Propiedades del chasis.....	112
Anexo 5: Plano del chasis – Explosionado	113
Anexo 6: Plano del chasis – Conjunto	114
Anexo 7: Plano del chasis – Acotado.....	115
Anexo 8: Fotos del chasis, material ABS	118
Anexo 9: Proceso de toma de inventario en la empresa Casa del Ruliman	120

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
LA COMUNICACIÓN
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DEL CHASIS DE UN DRON DE CUATRO MOTORES PARA
CONTRIBUIR EN LAS TAREAS DE LOGÍSTICA DE LA EMPRESA CASA DEL
RULIMAN DEL ECUADOR S.A.**

AUTOR: Tania Elizabeth Manrique Vera

TUTOR: Ing. Byron Paul Remache Vinueza

RESUMEN EJECUTIVO

El diseño del chasis de un dron de 4 motores forma parte de la necesidad de establecer un sistema semiautomatizado para la realización de inventario de los elementos de bodega de la empresa Casa del Ruliman S.A. Esta empresa actualmente realiza un proceso de inventario manual, el cual consume considerable cantidad de tiempo y presupuesto, ya que la información obtenida por un operario debe ser anotada y digitalizada, convirtiéndolo en un proceso ineficiente. Este estudio está enfocado en determinar las causas principales de la ineficiencia de inventarios mediante un diagrama de Ishikawa, hallar las problemáticas que han enfrentado las personas involucradas en bodega y relacionarlas con el diseño mecánico del dispositivo, permitiendo así adaptarse a las labores específicas de bodega. Utilizando las herramientas de la calidad se determinaron los criterios de diseño necesarios para la elaboración del chasis del dron y se los plasmó mediante un diagrama de flujo para comprobar que aspectos críticos como diseño y empuje- peso se cumplan de manera estricta. Finalmente, se validaron los criterios de diseño y se estableció que la estructura del prototipo debía ser un monocasco con configuración de cuadricóptero, elaborado con un material resistente y de fácil fabricación como es el plástico ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), teniendo como resultado acceso a las todas las estanterías incluso estanterías altas, reducción del tiempo en la toma de inventarios, evitar errores humanos, interpretar y sistematizar la información, generando un ahorro y flujo constante confiable y conciso en las áreas de la organización.

DESCRIPTORES: Criterios de calidad, diseño asistido por computador, dron, logística, inventarios.

INDOAMERICA TECHNOLOGY UNIVERSITY
ENGINEERING, INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY
FACULTY
INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER

**THEME: CHASSIS DESIGN OF A DRIVE WITH A FOUR MOTORS TO
CONTRIBUTE TO THE LOGISTICS TASKS OF THE COMPANY CASA DEL
RULIMAN DEL ECUADOR S.A.**

AUTHOR: Tania Elizabeth Manrique Vera

TUTOR: Ing. Byron Paúl Remache

Vinueza

ABSTRACT

The design of 4-motor drone chassis is part of the requirement to establish a semi-automated system to carry out an inventory of the warehouse elements of the company Casa del Ruliman S.A. This company currently performs a manual inventory process, which consumes a considerable amount of time, since the information obtained by an operator must be recorded and digitized, making it an inefficient process. This study is focused on determining the main causes of inventory inefficiency through an Ishikawa diagram, find the problems that people involved in the warehouse have faced and relate them to the mechanical design of the device, thus allowing adaptation to specific tasks of the warehouse. Using the quality tools, the design criteria necessary for the elaboration of the drone were determined and they were reflected by means of a flow diagram to verify that critical aspects such as design and thrust to weight ratio are strictly accomplished. Finally, the design criteria were validated, and it was established that the structure of the prototype should be a monohull with a quadcopter configuration, made with a resistant and easily manufactured material such as ABS (acrylonitrile butadiene styrene) plastic, having as a result access to all the shelves, even high shelves, reduce the time in taking inventories, avoid human errors, interpret and systematize information, show savings and a constant flow of confidence and concise in the areas of the organization.

KEYWORDS: Quality criteria, computer-aided design, drone, logistics, inventories.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los responsables de las empresas están cada día más preocupados y son cada vez más conscientes de la necesidad de realizar una óptima gestión de los inventarios y una adecuada administración de sus almacenes. Esto sucede porque estos procesos afectan directamente en la gestión del departamento de compras y representan montos de inversión que pueden llegar a representar un porcentaje significativo de sus activos. El control de los inventarios son conocimiento y actividades que todo administrador y/o gerente de empresa debe manejar y saber, con el objetivo de optimizar las operaciones logísticas de su empresa. Lograrlo tendrá como consecuencia múltiples beneficios en lo funcional, en la gestión de los mismos, pero sobre todo en lo económico. Lo contrario, llevaría a serias deficiencias en los procesos operativos de las empresas, sobre todo en los procesos de logística de producción.

La gestión de inventarios es un punto determinante en el manejo estratégico de toda organización. Las tareas correspondientes a la gestión de un inventario se relacionan con la determinación de los métodos de registro, los puntos de rotación, las formas de clasificación y los modelos de inventario, determinados por los métodos de control. (Bonilla, 2010, párrafo primero)

El tema de la codificación de artículos dentro del buen desempeño de la logística muchas veces se subestima, y en múltiples ocasiones es ahí donde radica el problema de la mala gestión de los inventarios. La importancia de la correcta codificación de artículos que se tienen en inventario constituye la base de una correcta gestión del flujo logístico, la cual impacta directamente sobre la empresa y la cadena de suministro en la cual está inmersa. (Martínez et. al. 2014)

Una pieza clave para la correcta gestión de la empresa es el control preciso del inventario, ya que cualquier falla en este elemento puede ocasionar problemas en diferentes partes del proceso de venta. Es por ello que es de vital importancia planificar con anticipación los niveles de inventario para así aumentar las posibilidades de retención de clientes. Un exceso de stock de mercadería puede ser un desperdicio, mientras que una poca cantidad de productos ocasiona que no se puedan cumplir con las necesidades y expectativas de los consumidores. (Snuuper, 2020, párrafo primero)

Entre los problemas más comunes se presentan los siguientes:

- No conocer la demanda
- No contar con procesos automatizados
- Falta de comunicación
- Organización inadecuada
- Poca frecuencia de revisión de información
- Falta de trazabilidad
- Errores en la manipulación de la mercancía
- Demoras en las expediciones
- Señalización deficiente del almacén
- KPI logísticos incorrectos
- Integración con otros departamentos (ERP)

Estos indicadores pueden ser poco fiables cuando la información de la empresa no cumple con los requerimientos de calidad de los datos que se muestran en la Tabla 1, en la cual se destacan algunos requerimientos que deben ser cumplidos por cualquier sistema de codificación que la empresa emplee. Este elemento es considerado una exigencia para lograr sistemas de inventarios colaborativos. (López Martínez et al. 2014)

Tabla 1

Requerimientos y características de calidad de datos

Requerimiento	Características de la calidad
Exactitud	Los datos deben ser correctos, confiables, certificados y libres de error
Objetividad	Los datos deben ser imparciales
Confiabilidad	Los datos deben ser reconocidos como verdaderos, reales y creíbles
Unicidad	Los datos deben ser únicos, es decir no deben existir dobles

Relevancia	Los datos deben ser aplicables y brindar ayuda, cumpliendo de esta forma el objetivo para el cual fueron tomados
Puntualidad	Los datos deben presentar vigencia, es decir deben estar actualizados
Compleitud	Los datos deben ser los suficientemente profundos y tener un buen alcance, permitiendo llegar concretamente a la información, para lo cual fueron tomados.
Interpretabilidad	Los datos deben estar en un apropiado lenguaje, en unidades bien definidas, además las definiciones de los datos deben ser claras.
Facilidad de entendimiento	Los datos deben ser claros, es decir sin ambigüedad y fácilmente comprensibles.
Representación Concisa	Los datos deben ser representados de forma compacta, es decir sin ser redundantes.
Accesibilidad	Los datos deben estar disponibles y poseer la capacidad de ser fácilmente modificables.
Seguridad de acceso	El acceso a los datos debe ser restringido y deben mantenerse de forma segura.

Nota. En la Tabla 1 se muestra los requerimientos y características que se deben considerar para la toma de inventarios adecuados en las empresas. Adaptado de Scielo, *Problemas de codificación de productos que afectan la gestión de inventarios: Caso de estudio en empresas cubanas*, 2014, Scielo, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532014000500007.

Un dron, o vehículo no tripulado, también conocido como UAV por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle) es un vehículo terrestre, naval o aeronáutico que posee control remoto a distancia o puede funcionar de forma autónoma. Es decir, no lleva ningún piloto a bordo. Son probablemente una de las tecnologías más avanzadas en el campo de la robótica, aeronáutica y electrónica (Technology, 2016, párrafo tercero)

El uso de drones a nivel mundial se está volviendo cada día más común, estos pueden ser usados en sin fin de trabajos que representan complejidad y riesgo para el ser humano. Estos dispositivos han llegado a ser empleados tanto en aplicaciones recreativas como profesionales.

En la industria son ampliamente utilizados en funciones de logística para el transporte de carga tanto así que empresas como Amazon han realizado estudios que determinan que su aplicación beneficia en una reducción de entrega (cercano a los 30 minutos) y costos operacionales (menores a \$1) (Sunol, 2020)

En la construcción ha permitido realizar levantamientos topográficos para elaboración de mapas con un grado de precisión superior a los trabajos realizados por equipos humanos (Li & Liu, 2019), mientras que en el segmento de entretenimiento son utilizados para en competencias de velocidad a nivel mundial, tal es el punto que existen una asociación denominada *The Drone Racing League*, que agrupa a los mejores pilotos de élite en carrera de drones con sus propios diseños y construcción personalizada. (DRL, 2020)

Los drones tienen un gran potencial en diversas áreas, ya que pueden desplazarse a alta velocidad sobre un terreno irregular o accidentado y superar obstáculos ofreciendo imágenes de alta resolución y otro tipo de información recogida por sensores. Actualmente se han fabricado de diversas formas, dependiendo de su aplicación, los más comunes simulan helicópteros en miniatura (Roger González, 2019, párrafo primero). En este ámbito, en la ciudad de Cuenca se desarrolló un estudio con la aplicación de cartografía y modelos 3D proporcionados por un dron, que permitiera establecer daños y cambios de bienes patrimoniales para su intervención en mantenimiento de fachada. (Pacheco, 2017)

Hoy en día se tiene que empresas en logística como DHL han desarrollado su propio UAV denominado Paketcopter. El Paketcopter se utiliza para entrega de paquetes de forma autónoma en sitios como los Alpes bávaros con clientes ubicados en montañas, transportando una carga útil de hasta 2 kg y con velocidades máximas de 70 km/h

(Kückelhaus, 2020, p. 31). DHL Supply Chain, que realizó su primer proyecto con drones tripulados (manejados por un operario) a finales de 2017, tiene estandarizado en la actualidad el modelo de gestión con estos dispositivos en la mayor parte de sus 53 centros logísticos en España. El nuevo paso en la gestión del almacén avanza hacia la utilización de estos drones no tripulados, que gozan de total autonomía durante la operativa tras haber sido previamente programados. DHL Supply Chain utilizará los nuevos drones autónomos para realizar, fundamentalmente, tareas de inventario. Como explica José Luis González, IT Business Partner del sector Retail en DHL Supply Chain, “El dron autónomo tiene numerosas ventajas. Una de las más importantes radica en la mejora de la seguridad de los trabajadores, ya que elimina la necesidad de que el operador realice trabajos en altura porque el dispositivo está preparado para volar hasta 12,5 metros. Además, el dispositivo consta de un sensor anticolidión 360° capaz de detectar objetos tanto estáticos como en movimiento, lo que permite, por ejemplo, realizar inventarios en zonas donde hay carretillas u otra maquinaria en funcionamiento. Si surge algún problema, el dron aterriza automáticamente de forma segura”. (DHL, 2020, párrafo tercero)

Gracias a la utilización de drones autónomos, DHL Supply Chain logra optimizar la automatización del inventario del almacén, mantener una actividad continua en su gestión, integrar automáticamente los datos en el Sistema de Gestión de Almacén mediante un modelo de parametrización rápida, y reducir la necesidad de costosos y voluminosos recursos materiales como, por ejemplo, carretillas elevadoras, escaleras o grúas. (DHL, 2020, párrafo quinto)

Figura 1

DHL incorpora los primeros drones autónomos en sus centros logísticos en España



Nota. Adaptado de DHL, *DHL incorpora los primeros drones autónomos en sus centros logísticos en España*, 2020, (<https://www.dhl.com/es-es/home/prensa/archivo-de-prensa/2020/dhl-incorpora-los-primeros-drones-autonomos-en-sus-centros-logisticos-en-espana.html>)

La compañía logística Geodis y el fabricante de drones Delta Drone crearon una solución para el control y gestión de inventario. Los dispositivos se mueven por los pasillos de acuerdo a las rutas trazadas. Durante el trayecto sus cámaras fotografían los códigos de barras de los pallets. La información se manda al WMS. Una solución muy innovadora, “CountBot” es un sistema automatizado estabilizado que incluye un dron y es capaz de hacer inventario y control de inventario. El inventario se puede hacer en tiempo real, sin intervención humana más que un operador supervisor y sin ningún equipo especial. “CountBot” es el resultado de más de tres años de investigación y desarrollo y pruebas para crear un servicio de inventario automatizado confiable que no requiere ningún equipo estacionario adicional dentro del almacén y es totalmente seguro, protegiendo tanto a las personas como a la propiedad. En términos de rendimiento, las primeras asignaciones realizadas en tiempo real, en un almacén de 10 000 m², permiten estimar el tiempo de inventario en menos de tres horas en lugar de uno o dos días que solía tomar. (DeltraDrone, 2020)

Figura 2

Compañía logística española Geodis crea una solución



Nota. Adaptado de The Logistics World, Empresas que usan drones para inventarios, 2020, (<https://thelogisticsworld.com/innovacion/3-empresas-que-se-usan-drones-para-inventarios/>)

En Irlanda, el fabricante de alimentos francés utiliza drones para las lecturas de etiquetas RFID en sus almacenes. El proveedor de Danone es Airvant, un fabricante español que configura los dispositivos con software especializado para inventarios y almacenes. Los drones mapean el almacén, leen cientos de códigos de barra por hora y transmiten la información a sistemas de ERP o WMS. (Mendoza, 2020, párrafo quinto)

Airvant ha desarrollado un software para sus drones que no solo mapea el almacén, sino que es capaz de leer los códigos de barra y las etiquetas RFID de la mercancía. Con uno de sus drones se pueden leer los códigos de entre 700 y 1.200 pales a la hora, lo que equivale aproximadamente al trabajo en tiempo de cuatro o cinco personas en tareas de contabilizar mercancía. (Ibañez, 2020, párrafo tercero)

Figura 3

Danone confía en los drones para inventarios



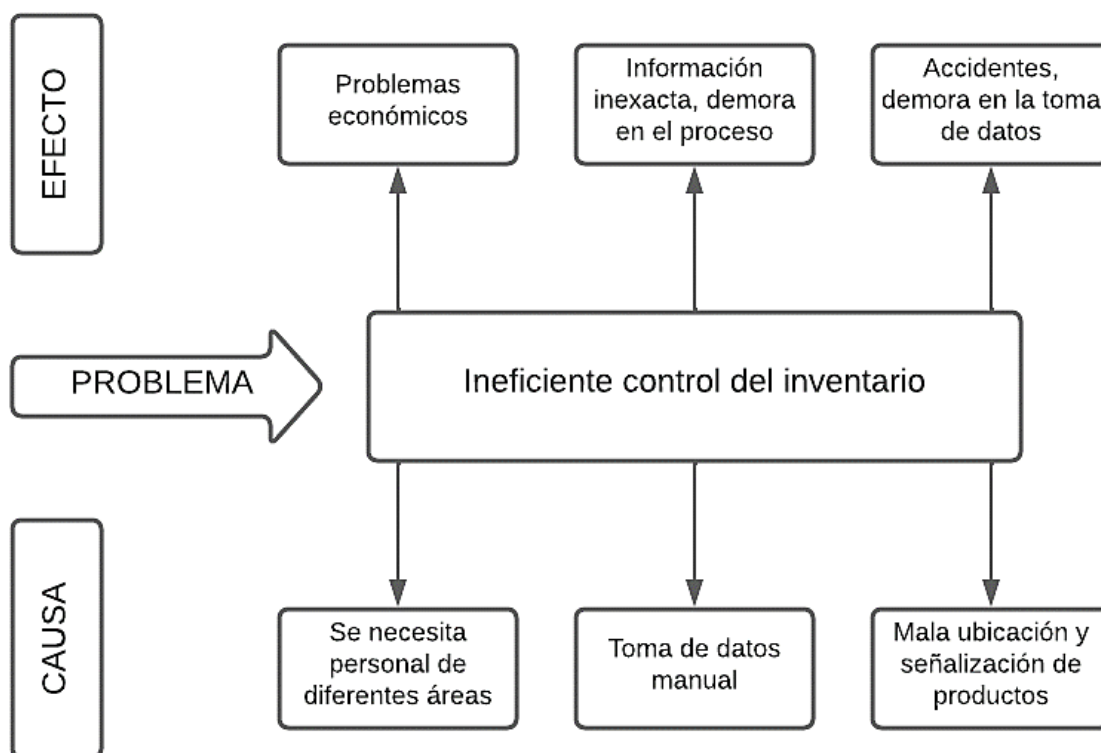
Nota. Adaptado de El Español, Este dron español automatiza inventarios, como los de Danone, 2020, (https://www.elespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/innovadores/20200514/dron-espanol-automatiza-inventarios-danone/489452299_0.html)

En el Ecuador no existen drones especialmente diseñados para control de inventarios, es decir, que cuenten con un chasis adecuado que permita el acople de los elementos que se requieren para el control de inventario y la protección contra colisiones de los mismos, con un peso adecuado para el tiempo de vuelo necesario, con la capacidad de maniobrabilidad y estabilidad para ser utilizado dentro de una bodega, con un diseño aerodinámico para reducir la resistencia al aire, cuyas partes del dron se puedan desmontar y volver a montar en el caso de que algún componente se dañe y que genere un menor consumo de energía, características que no poseen los drone comerciales. La implementación de un dron con estas propiedades serviría como una herramienta importante en la industria ecuatoriana, esta tecnológica en las bodegas ayudaría a un mejor manejo y control de inventario, optimizando el tiempo y recursos, evitando accidentes y mejorando los servicios.

En Quito – Ecuador se encuentra la empresa Casa del Ruliman del Ecuador S.A., que se dedica a la importación y distribución de las mejores marcas de rodamientos, retenedores, complementos para el mercado automotriz, agrícola, industrial y energético (Casa_del_Ruliman, 2020), donde se concentrará el estudio del presente proyecto de titulación, debido a que la empresa cuenta con bodegas de almacenamiento y se ha verificado que se ha estado realizando un mal manejo en el proceso de inventarios, se ha necesitado el apoyo del personal de diferentes áreas lo que ha causado problemas económicos, el tiempo que conlleva realizar este proceso ha sido de tres a cinco días, la toma de datos manual causa errores humanos no ha permitido que haya una información exacta y real del inventario actual que se tiene en las bodegas, la ubicación y señalización retrasa el conteo y verificación de la información, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Árbol de problemas



Nota. En la Figura 4 se representa el árbol de problemas que existe en la empresa Casa del Ruliman, elaborado por el autor.

Finalmente, el aporte de esta investigación sobre el diseño del chasis de un dron contribuirá a que estos dispositivos sean usados en más aplicaciones debido a su reducido costo final comparado con modelos comerciales, en especial para brindar soporte en la industria del Ecuador y tener empresas más competentes a nivel mundial, para mejorar y optimizar métodos, reducir el riesgo de exposición del personal y mejorar el tiempo de los procesos beneficiando al mercado ecuatoriano.

ANTECEDENTES

Antecedentes Históricos

La empresa Casa del Ruliman del Ecuador S.A. inicia sus actividades en 1983, por idea del Ing. Johnny Soriano Casanova, quien decidió ser para los consumidores la mejor solución de calidad, bajo el motivo social de Rulimanes y Aceros. Ha importado y comercializado rodamientos y retenedores de marcas reconocidas a nivel mundial, además de otros productos y servicios como son:

- Bandas
- Grasas y lubricantes
- Cadenas, piñones, acoples, reductores
- Herramientas y equipos industriales
- Baterías
- Productos adhesivos y siliconas
- Formadores de empaque, sellos mecánicos, empaquetaduras y láminas de empaque
- Servicio de reparación de bombas, equipos de desmontaje, análisis de vibración,
- Calentadores de inducción, equipos de alineación y capacitaciones.

La nueva organización se encuentra dirigida por sus descendientes: Ing. Juan Alfredo Soriano Samán Gerente Gral., Ing. Francisco Soriano Samán Director Comercial, Ing. Doménico Soriano Samán Gerente de Suministro y de un maravilloso equipo de ingenio humano, cuyo objetivo y razón de existir es ofrecer la mejor solución a los anhelos y necesidades del personal, consumidores y sociedad, para que el avance de la nación continúe con éxito.

En la empresa se tiene su matriz en la ciudad de Guayaquil en la Av. Machala 1101 y Av. Vélez esquina y dos sucursales en la ciudad de Daule en el Km. 8.5 y en Quito en la Av. La Prensa y Mariano Echeverría, además distribuye sus productos a nivel nacional gracias a la cadena de distribuidores que posee.

Casa del Ruliman cuenta con tres bodegas ubicadas en Guayaquil, Durán y Quito, estas bodegas se encuentran divididas en pisos, pasillos y cada estantería en secciones como se muestra en la Figura 5, donde se ubican los productos que se distribuyen para el

área comercial, automotriz e industrial, una de las bodegas más importantes para la empresa y en la que se va a basar este trabajo de titulación será la bodega de Quito, ya que desde esta bodega se distribuyen los productos a las zona de la Sierra y Oriente. También se considera que en el caso de realizar la implementación de la propuesta se pueda adaptar también a las otras bodegas.

Figura 5

Pasillos de una de las bodegas de Casa del Ruliman del Ecuador S.A.



Nota: Tomado de “Casa del Ruliman del Ecuador S.A. En la figura 5 se muestra dos pasillos de la empresa Casa del Ruliman, donde se puede visualizar como tienen divididas las secciones con rodamientos de diferentes codificaciones, en la parte superior ubican los rodamientos más grandes, elaborado por el autor, 2021.

A raíz de que la empresa ha ido creciendo las bodegas también se han ido ampliando y causando que no haya un correcto funcionamiento y control del inventario, al no tener una revisión precisa de los ítems que existen en stock se han presentado fallas que han ocasionado problemas en diferentes partes del proceso de venta.

Para realizar el conteo de todos los productos de la bodega de Quito es necesario realizar el inventario en días festivos. En la bodega sólo laboran tres personas y no se abastecen con todo el trabajo así que se solicita el apoyo del personal de otras áreas, lo que ocasiona gastos extras para la empresa, se debe pagar a cada colaborador el 100% de horas extras, además la empresa cubre con los valores de transporte del personal y alimentación, contando con un total de 15 a 20 personas que realizar el inventario, además que al ser colaboradores que no manejan o no conocen el proceso se debe dar una

capacitación rápida y se ha encontrado que debido a esto también existen errores en el conteo o en la digitación, dando como resultado faltantes y sobrantes, datos irreales y malos registros contables, incoherencias en los datos obtenidos, demoras en el proceso y por la mala ubicación y señalización de los productos existe la posibilidad de que hayan accidentes, ya que los productos más pesados se ubican en las estanterías superiores, todo esto ocasiona que también se tenga que realizar un recuento del inventario para asegurar la existencia del producto.

Es por ello, que se considera como de vital importancia buscar una solución para mejorar el sistema de gestión del inventario, es así que con la implementación de un dron con un chasis diseñado para utilizarse dentro de una bodega para el conteo de productos servirá para mantener una información real del stock actual existente con información precisa al tener un equipo con tecnología que ayudaría a disminuir el tiempo de conteo del inventario, ya que no se necesitaría realizar un recuento de los productos, el dron tendrá un acceso más rápido a las bodegas y lugares de altura y así se evitarían accidentes, además que desde la matriz de Guayaquil se envía a dos o tres personas de apoyo y fiscalizadores del proceso lo incurre en gastos de pasajes de avión, transporte y hospedaje, para tener de 15 a 20 personas para realizar el proceso, tomando en cuenta todas estas consideraciones se reducirían los gastos que la empresa realizaba al pagar alimentación, hospedaje, boletos de avión y transporte, la sucursal no tendría que paralizar sus actividades por tres a cinco días para realizar el inventario y podría atender a sus clientes estos días para generar más ingresos.

Un primer concepto sobre la aplicación de los drones data del año 1849 cuando Austria utilizó un sistema de globos cargados con explosivos, los cuales al llegar a su posición final liberaban este cargamento con la finalidad de destruir objetivos militares de Venecia. Desde entonces el uso de drones fue exclusivo de las Fuerzas Armadas de cada país y no fue hasta la década de los 30s, que la Armada estadounidense experimentó con un aeroplano controlado por radio control, el cuál fue denominado Curtiss N2C-2 (DronesVilla, 2019)

Durante los años 1980 a 1989 los drones militares para asalto fueron potenciados pese a que su costo y desarrollo seguía siendo elevado. En 1982 la Fuerza Aérea israelí usó un nuevo dron para ganar el combate sobre Siria con mínimas bajas, esto sirvió para demostrar la funcionalidad de esta tecnología (Sadot, 2016). Posteriormente, EEUU e Israel comenzaron a trabajar en un programa conjunto para desarrollar nuevos prototipos

de UAVs utilizando energía alternativa, esto permitió desarrollar drones potenciados por energía solar incluido al denominado AeroVironment HASOL en la Figura 6. (NASA, 2014)

Figura 6

Drone solar construido por AeroVironment HASOL



Nota: Adaptado de NASA Pathfinder y Pathfinder Plus, por Dricus De Rooij, *AeroVironment HASOL*, 2015, Sinovoltaics, <https://sinovoltaics.com/technology/top8-leading-companies-developing-solar-powered-drone-uav-technology/>

De 1990 a 2010 fue un periodo que marcó un giro para el desarrollo de drones en el área militar como civil. En esta etapa se desarrolló el ya conocido *Predator*, un arma de lanzamiento de misiles que fue utilizada en la búsqueda del terrorista Osama Bin Laden, que posteriormente fue desarrollado por la industria americana para ser utilizado en los conflictos bélicos como vehículo de exploración y ataque (Connor, 2018)

Desde entonces hasta la actualidad los drones han pasado de tener un uso exclusivo militar hacia un uso mucho más comercial. Desde el año 2010 la innovación de esta tecnología se ha enfocado en UAVs más pequeños con nuevas configuraciones y dotados de motores eléctricos principalmente. Es así que, en los últimos 6 años, estas naves comenzaron a ser dotadas de cámaras, sensores, acelerómetros y variedad de dispositivos que potencian su diseño y aplicación. Esto permitió el desarrollo del primer

dron multirotor comercial especializado en fotografía y video, el DJI Phantom mostrado en la Figura 7, el cual tenía un atractivo diseño, GPS, sistema de vuelo estable y controlado por RC (radio control). (Carlos Ramos, 2021, págs. 233-236)

Figura 7

DJI Phantom



Nota: Adaptado de DJI, *DJI Phantom Estándar*, 2017, <https://www.dji.com/phantom-3-standard>

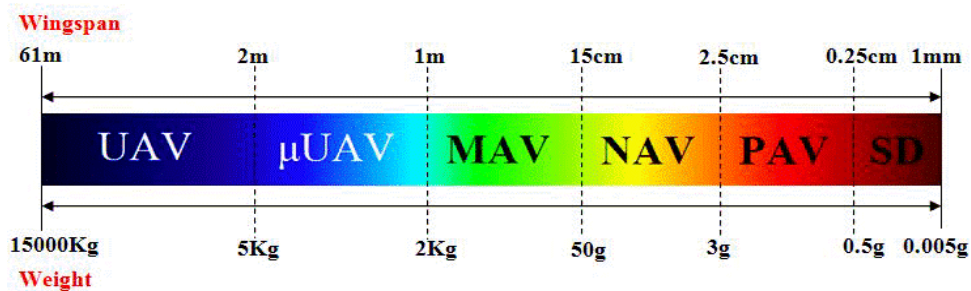
Tipos de Drones y sus aplicaciones

Clasificación

En la actualidad, la compactación de los componentes electrónicos, sensores, microprocesadores y baterías, y la evolución de los sistemas de navegación, han permitido que los drones pasen de ser vehículos de gran tamaño y costosos, a pequeños robots integrados de costo moderado. De acuerdo a (Hassanalain & Abdelkefi, 2017) los drones pueden ser presentados en un espectro tomando en cuenta su peso y extensión como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Espectro de clasificación de drones en función de su envergadura y peso



Nota. En la Figura 8 existe un amplio espectro de clasificación de Drones en base a su peso y envergadura, dentro de lo cual los UAVs presentan características como un peso máximo de 15000 kg y una envergadura de hasta los 61 m. Por el contrario, según esta clasificación, el dron más compacto (SD) tendría como características principales de tamaño una envergadura de hasta 1 mm y un peso que llegaría a los 0.005g, adaptado de Hassanalian et al. 2017.

https://www.researchgate.net/publication/351123703_Smart_mining_through_the_application_of_unmanned_aerial_vehicles_UAV_and_internet_of_things_IoT

Otro de los factores que definen (Hassanalian & Abdelkefi, 2017) con la clasificación de estos dispositivos es que debido a su tamaño y peso pueden llegar a utilizar motores de combustión, en especial aquellos de gran tamaño con una alta capacidad de operación y largo rango de vuelo mientras que los motores eléctricos sirven como método de propulsión para aquellos de mediano y pequeño tamaño, los cuales por lo general poseen cargas reducidas y un tiempo de vuelo mucho menor a los de gran tamaño.

Aplicaciones

Los drones actualmente son utilizados en un amplio rango de operaciones, civiles y militares. Dado el nivel de equipamiento que pueden llevar estos dispositivos como sensores y cámaras pueden ser empleados en misiones ya sea de inteligencia, reconocimiento, logística y transporte o audiovisuales. Las principales aplicaciones se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2*Aplicaciones de drones*

Aplicaciones	Descripción
Búsqueda y rescate	Los drones usados para búsqueda y rescate tienen la ventaja que pueden ser accionados de una manera mucho más rápida y eficiente comparados con helicópteros o aviones de búsqueda dependiendo de la zona y terreno.
Vigilancia	El uso de la cámara que puede llevar consigo un dron, ha permitido que se apliquen en tareas de vigilancia. Durante la época de pandemia se utilizaron para alertar a autoridades de control sobre la presencia de aglomeración de personas en lugares públicos.
Entrega de productos	Los servicios de entrega de productos es otra clara aplicación de esta tecnología, muchas empresas han recurrido a usar drones para la entrega de paquetes a sus usuarios con la finalidad de reducir el tiempo de entrega y aumentar el área de cobertura.
Fotografía y fotogrametría	Se han empleado para grabar películas, documentales y tomar de fotografías. En el área de la ingeniería civil han sido empleados para elaborar mapas 3D de superficies que complementan labores topográficas permitiendo obtener resultados más precisos que los que se obtienen con métodos convencionales.
Militares	En el área militar los drones han traído muchos beneficios en tareas de vigilancia de zonas exclusivas, fronteras e incluso como equipos de guerra no tripulados que pueden ser desplegados en cualquier momento desde campamentos donde, por su ubicación remota, no exista la posibilidad de desplegar aviones o helicópteros.

Espacial Actualmente existe un solo caso, y es el UAV denominado ‘Ingenuity’, este dispositivo fue desplegado en Marte por parte de la NASA y forma parte de la misión espacial de exploración de este planeta con la finalidad de conseguir resultados de factibilidad para el vuelo de aeronaves dadas las condiciones de densidad de aire.

Nota: En la Tabla 2 se detallan las diferentes aplicaciones que tienen los drones en la actualidad, elaborado por el autor.

Software CAD

Los procesos de fabricación de un producto se han visto potenciados por la flexibilidad de diseño que ofrecen los sistemas CAD, la facilidad de diseño, simulación de propiedades físicas del material y análisis de esfuerzos han mejorado la rentabilidad de fabricación de productos.

Fusion360

Dentro del diseño computarizado la empresa Autodesk desarrolló un software basado en la nube que integra herramientas de CAD (Diseño asistido por computador), CAE (Ingeniería asistida por computador) y CAM (Manufactura asistida por computador). (Autodesk, 2022)

La necesidad de combinar el diseño industrial con el diseño mecánico, la simulación de fuerzas que actúan sobre un objeto y la visualización previa del proceso de maquinado ha hecho que este programa pueda ser considerado como una herramienta integral para un previo desarrollo de productos (prototipado). Así, dentro de sus potencialidades se ha podido determinar las más importantes:

- Flexibilidad de diseño.
- CAM integrado con máquinas multi-ejes de hasta 5 grados de libertad.
- Utilidad de modelado para impresión 3D.
- Análisis estructural.
- Simulación de movimiento.

Esto representa ventajas a los ingenieros a la hora de elaborar prototipos, puesto que los modelos pueden ser modificados, escalados o corregidos sin incurrir en costos de fabricación. Esto resulta en un producto final de mayor calidad y a menor costo.

Reglamento para el uso de drones en el Ecuador

Mediante disposición con fecha 4 de noviembre del 2020 la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) emitió un reglamento denominado “*Reglamento de Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAs)*”, o también conocidos como drones, el cuál regula su vuelo. Este reglamento se aplica para dispositivos que van desde los 0.25kg hasta los 150kg de peso. (Aviacion_Civil_Ecuador, 2020, pág. 3)

De acuerdo con este documento, la DGAC obliga a los usuarios de drones a registrar sus dispositivos y contratar un seguro que responda ante cualquier accidente causado a terceros. Así mismo el reglamento en su *Artículo 26* establece una tabla de montos mínimos de compensación en caso de daños causados a terceros, siempre y cuando el dispositivo sea usado en actividades de trabajos aéreos como se muestra a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3

Rangos de compensación de daños a terceros por parte de drones

PESO	PRECIO
De 0,25 kg hasta 25 kg de peso (masa) máximo de despegue (MTOW)	USD 3.000,00
De más de 25 kg hasta 50 kg de peso (masa) máximo de despegue (MTOW)	USD 6.000,00
De más de 50 kg hasta 150 kg peso (masa) máximo de despegue (MTOW)	USD 12.000,00

Nota. Adaptado Aviación Civil, Dirección de Aviación Civil (DAC), 2020, <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/5-DGAC-DGAC-2020-0110-R-Reglamento-de-RPAs.pdf> , (Aviacion_Civil_Ecuador, 2020, pág. 8)

Para el caso de drones usados en actividades recreativas, el reglamento recomienda que se exceptúan de la contratación de seguro, únicamente aquellos dispositivos cuyo peso (masa) máximo de despegue (MTOW) sea inferior a los 25 kg. (Aviacion_Civil_Ecuador, 2020, pág. 8)

Finalmente, este reglamento en su Artículo 17 menciona que la operación de las RPAs en ningún momento deberá exceder los 400 ft (122 m) sobre el terreno posicionado mientras que dentro de otro apartado indica su prohibición de vuelo en zonas como aeródromos, helipuertos, zonas prohibidas, zonas de seguridad del estado, etc.

JUSTIFICACIÓN

Casa del Ruliman del Ecuador S.A. al ser una empresa visionaria con 39 años de experiencia, enfocada en el constante crecimiento, cuyo propósito y razón de existir es dar la mejor solución a los anhelos y necesidades del personal, clientes y sociedad, se encuentra en un periodo de crecimiento y mejora de procesos, por lo que estima muy importante la utilización de tecnología para mejorar los procesos en el sistema de gestión de inventarios en su sucursal ubicada en la ciudad de Quito, donde se encuentra una de sus bodegas más trascendentales y es desde ahí se distribuyen sus productos a la zona de la Sierra y Oriente del país, busca realizar mejoras y evitar errores que se han dado al realizar el inventario de forma manual, es así que se considera de suma importancia la implementación de un dron para ayudar con las tareas del área de logística.

La elaboración de un chasis de dron para un sistema tecnológico innovador con poca antecedencia dentro del país contribuirá con un impacto positivo como el punto inicial para la inclusión de tecnologías en las áreas de logística e inventario, lo cual genera un valor agregado a la industria ecuatoriana en la mejora del rendimiento.

El establecimiento de un proceso metodológico basado en las herramientas de calidad y de diseño mecánico es de gran utilidad y busca contribuir para crear un proceso ordenado en el cual se tomen en cuenta la voz del cliente para establecer los criterios de diseño del chasis y que este sirva para la elaboración a posterior de un sistema tecnológico que solucione la ineficiencia de inventarios en la bodega “Casa del Ruliman del Ecuador”, sucursal de Quito.

La empresa, colaboradores, cliente y sociedad se verán beneficiados debido que existirá una mejora en la toma de inventarios, reducción de tiempos, se evitarán accidentes, disminución de costos y una información precisa y real de los productos, permitiendo así a la empresa cumplir con sus objetivos propuestos de brindar soluciones, crecimiento y mejora continua.

La implementación es viable ya que Casa del Ruliman del Ecuador S.A. ha considerado la futura implementación de un dron en el área de logística y ha expresado

su apoyo total, brindado toda la información y facilidades para la realización del mismo, con la apertura por parte de la empresa se realiza este trabajo de titulación del diseño de un chasis para apoyar en las tareas de logística se considera un diseño donde se puedan ensamblar los elementos y exista una protección contra colisiones, con un peso apropiado para que el tiempo de vuelo sea óptimo, que el chasis soporte el peso de los componentes que se coloquen, que sea estable y maniobrable para utilizarlo en la bodega de la sucursal Quito, también que permita reducir la resistencia al aire con un diseño aerodinámico y que en el caso de que uno o más componentes del dron se dañen estos puedan cambiar con facilidad. Un dron con un chasis con estas características no existe en el mercado ecuatoriano, la implementación de dron así ayudaría a la empresa a la toma de inventarios eficiente y si se implementa en el país también beneficiaría al desarrollo tecnológico en las industrias del Ecuador.

OBJETIVOS

Objetivos General

Diseñar un chasis de dron para aplicaciones de verificación de inventarios, utilizando herramientas de diseño asistido por computador y herramientas de la calidad.

Objetivos Específicos

- Establecer criterios de diseño en base a herramientas de la calidad para satisfacer las necesidades del cliente y generar una lista preliminar de partes.
- Dimensionar los componentes en base a una lista preliminar de partes y mediante un proceso iterativo para aproximar la geometría del chasis del dron.
- Diseñar el chasis del dron utilizando software de diseño asistido por computador (CAD) para facilitar la posterior manufactura y ensamble.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA EMPRESA

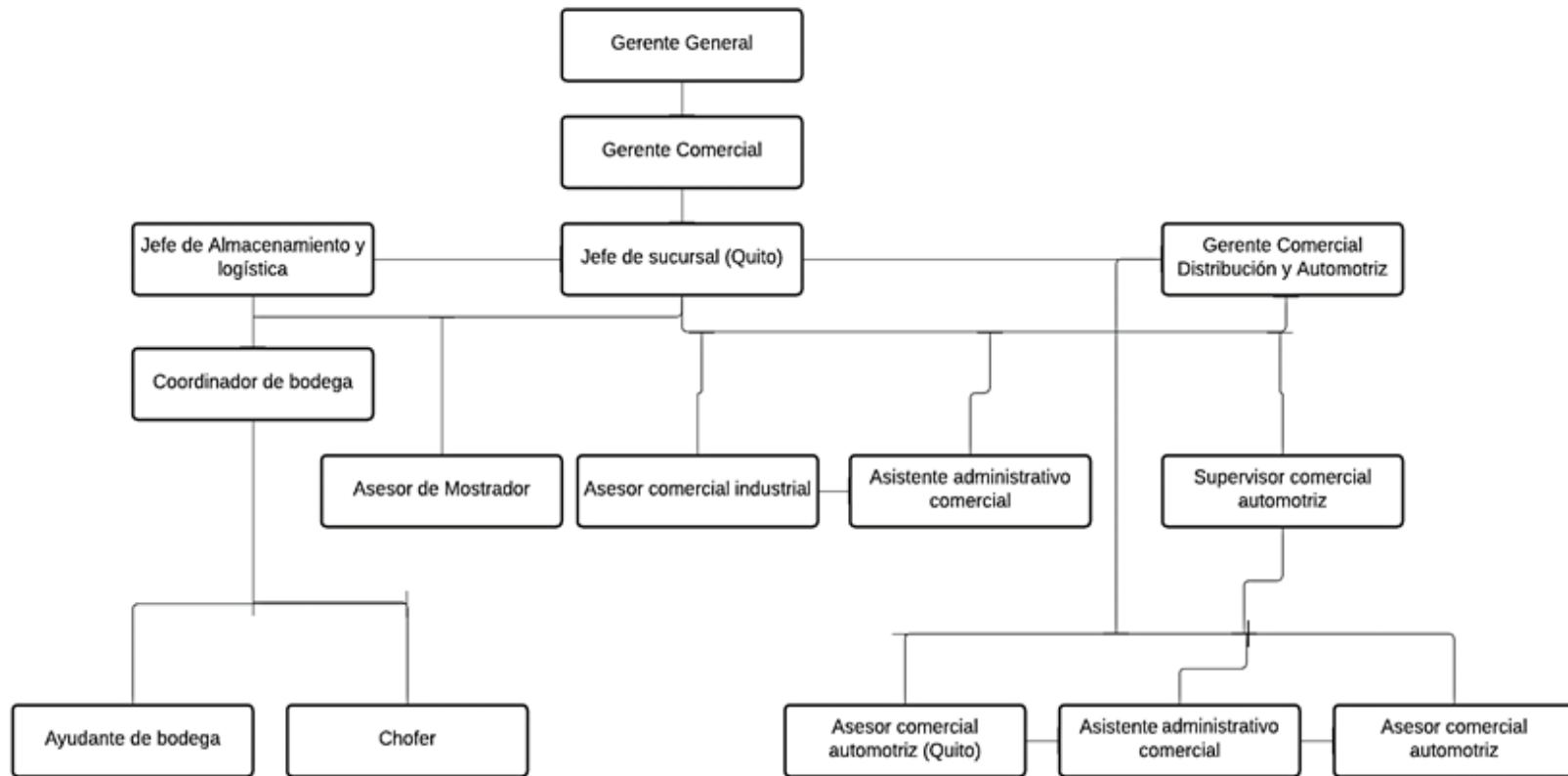
La empresa Casa del Ruliman del Ecuador tiene una visión de crecimiento constante, cuya razón de existir y propósito es dar la mejor solución a los anhelos y necesidades del personal, clientes y sociedad para que el progreso del país no se detenga.

Con Valores Corporativos como el valor de Dios, de la persona, de la orientación al futuro, de la planificación de objetivos, de la calidad integral y del ambiente físico y que, como actividad económica pone al alcance de la sociedad la mejor tecnología en rodamientos, repuestos y productos afines, fabricados en el mundo. (Casa_del_Ruliman, 2020)

Se inicia el estudio definiendo el diagrama organizacional de la sucursal para conocer la línea de producción y el rol que desempeña cada colaborador, se lo muestra en la Figura 9.

Figura 9

Diagrama organizacional de la empresa Casa del Ruliman



Nota. La Figura 9 muestra la organización actual de la sucursal Quito de Casa del Ruliman S.A., elaborado por el autor.

El proceso de inventario conlleva un trabajo manual de conteo y toma de inventarios físicos. Este procedimiento permite determinar qué y cuánto existe en la bodega. Se realiza para probar documentalmente las existencias de los ítems que se ven reflejadas dentro del sistema de la empresa y a su vez de la aplicación de controles regulares.

El conteo del inventario en la bodega de Quito conlleva un tiempo de tres a cinco días. Para ello se solicita la colaboración de 15 a 20 trabajadores, de los cuales el 50% realiza el conteo y el otro 50% la digitación manual. Una vez anotado el stock existente se tabula la información obtenida en un archivo de Excel y se realiza una comparación de los datos obtenidos con los registrados en el sistema que maneja la empresa: “Microsoft Dynamics AX”. Estos días se pagan a cada trabajador como horas extras al 100%, y se realizan en días festivos del calendario. En este caso se realiza anualmente desde el 2 de noviembre, además, se reconoce el valor de alimentación y transporte para cada persona. Al realizar esta actividad se deben tomar las medidas de seguridad necesarias, debido a que existen cajas en perchas de altura, y se debe manipular correctamente el producto, también suelen existir errores al momento de realizar el conteo o la digitación manual y digital. El personal de logística también realiza el conteo de inventario parcial cada quince días para así intentar mantener un control de los productos en existencia y los despachados.

Durante la ejecución de inventario de bodega, se ha logrado identificar que existen problemas al momento de comparar los productos disponibles físicamente con los que fueron inventariados. A fin de evitar esta problemática se vuelve fundamental conocer las causas que generan esta ineficiencia. Para analizar las posibles causas de este problema se ha realizado un diagrama de Ishikawa. Se realizaron entrevistas a los encargados del área de logística y de inventario de tal manera que se obtuvo una lista de factores:

- Costos
- Medio
- Material
- Métodos
- Personal
- Máquinas

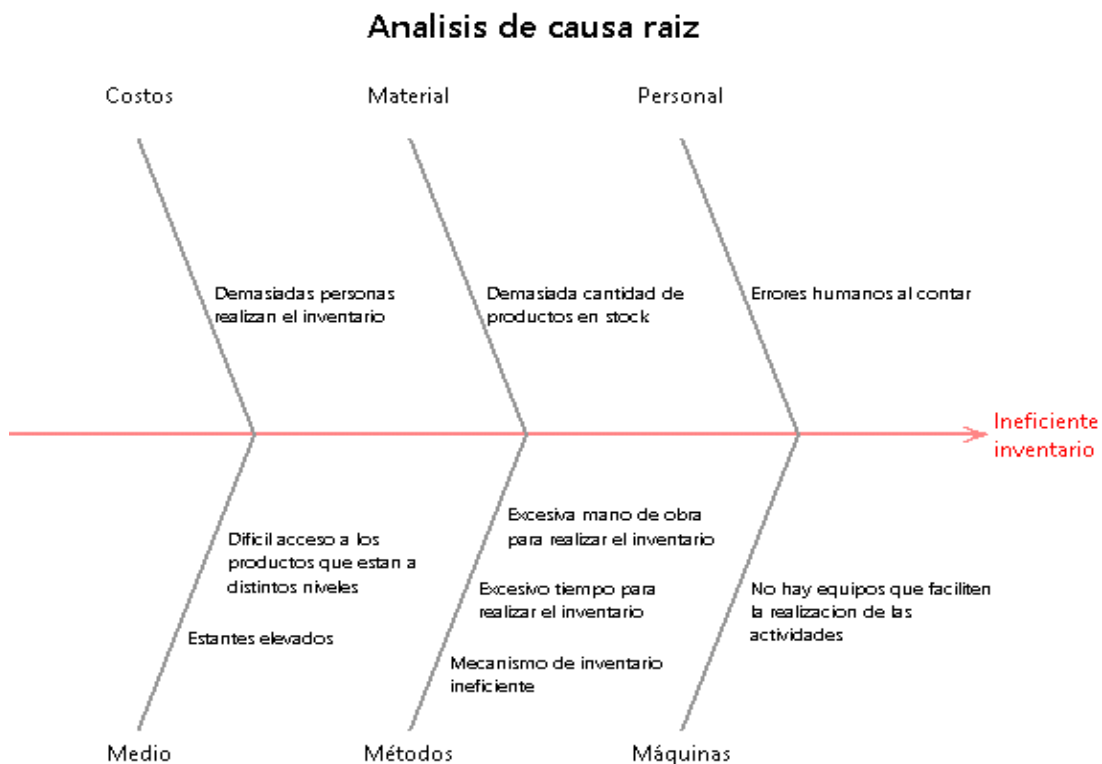
Fuente de información:

Para obtener la información de los procesos de conteo de inventario se entrevistó al jefe de inventario *Sr. Alex Castro*, quien trabaja en la empresa por más de 10 años y es el encargado de las bodegas de Quito, Guayaquil y Daule, y de realizar los inventarios programados de toda la empresa. A la jefa de la Sucursal *Sra. Daisy Aguirre* quien es la encargada de coordinar el personal y solicitar los recursos para realizar el proceso. Se realizaron las siguientes preguntas:

- ¿Qué actividades se realizan?
- ¿Cuáles son los problemas que se han presentado al realizar el inventario?
- ¿Qué personas realizan el inventario?
- ¿Con qué frecuencia se realiza el inventario?
- ¿Qué tiempo dura la actividad?
- ¿Cuáles son los recursos necesarios para desarrollar la actividad?

Figura 10

Diagrama causa y efecto de inventario ineficiente



Nota: La Figura 10 muestra el resultado de las encuestas realizadas a los encargados de bodega de la sucursal Quito, se identifica en el diagrama de Ishikawa los problemas que tiene la empresa cuando se realiza el inventario, elaborado por el autor.

De la Figura 10, se determina la correlación de las causas que deben ser examinadas mediante un voto ponderado para resolver el problema de los inventarios ineficientes, permitiendo realizar un plan de acción sobre las causas con mayor impacto. Su ponderación se la ha determinado como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Nivel de impacto de las causas para inventarios ineficientes

NIVEL	PONDERACIÓN
Alto	10
Medio	5
Bajo	1

Nota: La tabla 4 muestra el Sistema de ponderación, elaborado por el investigador

Tabla 5

Escala de ponderación

Causas	Impacto			Ponderación conseguida
	Alto	Medio	Bajo	
Errores humanos	X			10
Demasiada cantidad de productos en stock		X		5
Demasiadas personas realizan inventario		X		5
Difícil acceso a los productos			X	1
Estantes elevados	X			10
Excesiva mano de obra		X		5
Excesivo tiempo	X			10
Mecanismo de inventario			X	1
No hay equipos que faciliten el conteo de productos		X		5

Nota: En la Tabla 5 se determina que los errores humanos, estantes elevados y el excesivo tiempo obtuvieron la mayor ponderación siendo las causas más importantes para un inventario ineficiente. De tal manera que la implementación de un sistema que disminuya la intervención del personal en el control de inventario traería beneficios al proceso, elaborado por el investigador.

Una vez que se conocen los problemas más importantes que se presentan en la empresa al realizar el inventario se detalla como la implementación de un dron con un chasis diseñado para utilizarse dentro de una bodega pueda mejorar los procesos, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Problemas de inventario ineficiente y soluciones con la implementación de un dron para logística

	PROBLEMA	AL IMPLEMENTAR DE UN DRON PARA CONTEO DEL INVENTARIO
Personal	Errores humanos al contar	Permite tener información precisa y actual al tener un equipo con alta tecnología capaz de realizar el conteo de los productos.
Medio	Estantes elevados Difícil acceso a los productos que están a distintos niveles	Permite el acceso total a estantes elevados. Permite el acceso a todos los estantes.
Métodos	Excesiva mano de obra Excesivo tiempo al realizar el inventario	Dispositivo puede ser operado por una persona. No habría necesidad de realizar recuento de productos de forma manual, el dispositivo tendría fácil acceso a todos los estantes, no se realizaría recuento de los productos al tener información actual.

	Mecanismo de inventario ineficiente	Al contar con una cámara lectora de códigos QR y de barras la información procesada sería precisa.
Material	Demasiada cantidad de stock	Con la información actual se conoce cuáles son los productos de alta rotación y baja rotación que se tienen en stock.
Costos	Demasiadas personas realizan el inventario	Se necesitaría de un operador para realizar el inventario, lo que reduciría los gastos que la empresa realizaba al pagar a los empleados, alimentación y transporte. La sucursal no tendría que paralizar sus actividades por tres o cinco días para realizar el inventario y podría atender estos días para generar más ingresos.
Máquinas	No hay equipos que faciliten las actividades	La empresa contaría con un equipo con tecnología para realizar el inventario de la bodega.

Nota. En la Tabla 6 se analizan problemas que se obtuvieron de la Figura 10 del diagrama de Ishikawa y como se indica en la Tabla 1 como se solucionaría cada punto con la implementación de un dron diseñado para el área de logística.

Para conocer el tiempo que se toma realizar el inventario de unas de las marcas de rodamientos se realizó una toma de tiempo y se realizó un diagrama de procesos, como se muestra en la Figura 11, el proceso de inventario general se encuentra detallado en el Anexo 9.

Figura 11

Diagrama de análisis de procesos

		DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS					Código	Página 1/1
							Elaborado	Tania Manrique
							Fecha	Diciembre 2020
Empresa: Casa del Rulimán del Ecuador S.A.		Resumen						
Lugar: Área de logística		Evento	TOTAL GENERAL	Comentarios: Para el cálculo se tomó				
Actividad: Conteo de inventario sucursal Quito		OPERACIÓN O ACTIVIDAD	17	en cuenta el trabajo realizado por un				
Fecha: Diciembre 2020		INSPECCIÓN	2	colaborador y el analista de inventario con				
El diagrama termina en: Stock marca Fag		TRANSPORTE	2	una de las marcas.				
Metodo Actual		RETRASO O DEMORA	2					
Elaborado: Tania Manrique Vera		ALMACENAMIENTO	1					
		TIEMPO	603	TIEMPO TOTAL (MIN)				
Pasos	DESCRIPCION	OPERACIÓN O ACTIVIDAD	INSPECCIÓN	TRANSPORTE	RETRASO O DEMORA	ALMACENAMIENTO	TIEMPO	OBSERVACIONES
	INICIO DEL PROCESO	○	□	→	D	▽	min	
1	Analista realiza apertura de la toma física	○	□				2	
2	Entrega de documento generado por el sistema de los ítems (Kardex)	○		→			1	
3	Capacitación con indicaciones de la toma de inventario	○					10	
4	Recepción de materiales	○		→			1	Entrega de tablero, esferos, escalera
5	Contar y anotar las cantidades de cada ítem	○					240	
6	Subir a escalera para conteo de productos en percha de altura				D		25	Se debe verificar stock de productos pesados ubicados en percha alta
7	Realizar digitación de ítems en Excel	○					130	
8	Realizar consolidado de la toma física de la marca	○					5	generación de diferencias
9	Generar diferencia entre digitación y Kárdex	○					6	
10	Realizar recuento de los ítems que generaron diferencias de stock	○					35	
11	Realizar reporte con los resultados del conteo	○					45	
12	Realizar reporte de diferencias finales	○					25	
13	Realizar segundo recuento de ítems de que cuadran	○			D		35	
14	Inspección de información del área contable	○	□				30	Validación del inventario
15	Enviar y archivar los resultados obtenidos del inventario	○				▽	5	
16	El analista de inventario realiza el cierre del conteo.	○					3	
17	Limpieza del área de trabajo y entrega de materiales	○					5	
TOTALES		17	2	2	2	1	603	

Nota. En la Figura 11 se puede visualizar el proceso que realiza uno de los colaboradores junto con el analista de bodega, como resultado se obtiene el tiempo que se demora en realizar el conteo, recuento y validación y envío de la información, en total se realizó en inventario de la marca Fag en 10.05 horas.

ÁREA DE ESTUDIO

Área de estudio: Diseño Mecánico

Dominio: Tecnología y Sociedad

Línea de Investigación: Línea 1: Diseño, realización y caracterización de sistemas inteligentes, automáticos, semiautomáticos o manuales.

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Automatización

Aspecto: Verificación de inventarios, calidad de diseño e ingeniería asistida por computador.

Objetivo del estudio: Empresa Casa del Ruliman del Ecuador S.A., ubicada en la Provincia de Pichincha, Ecuador.

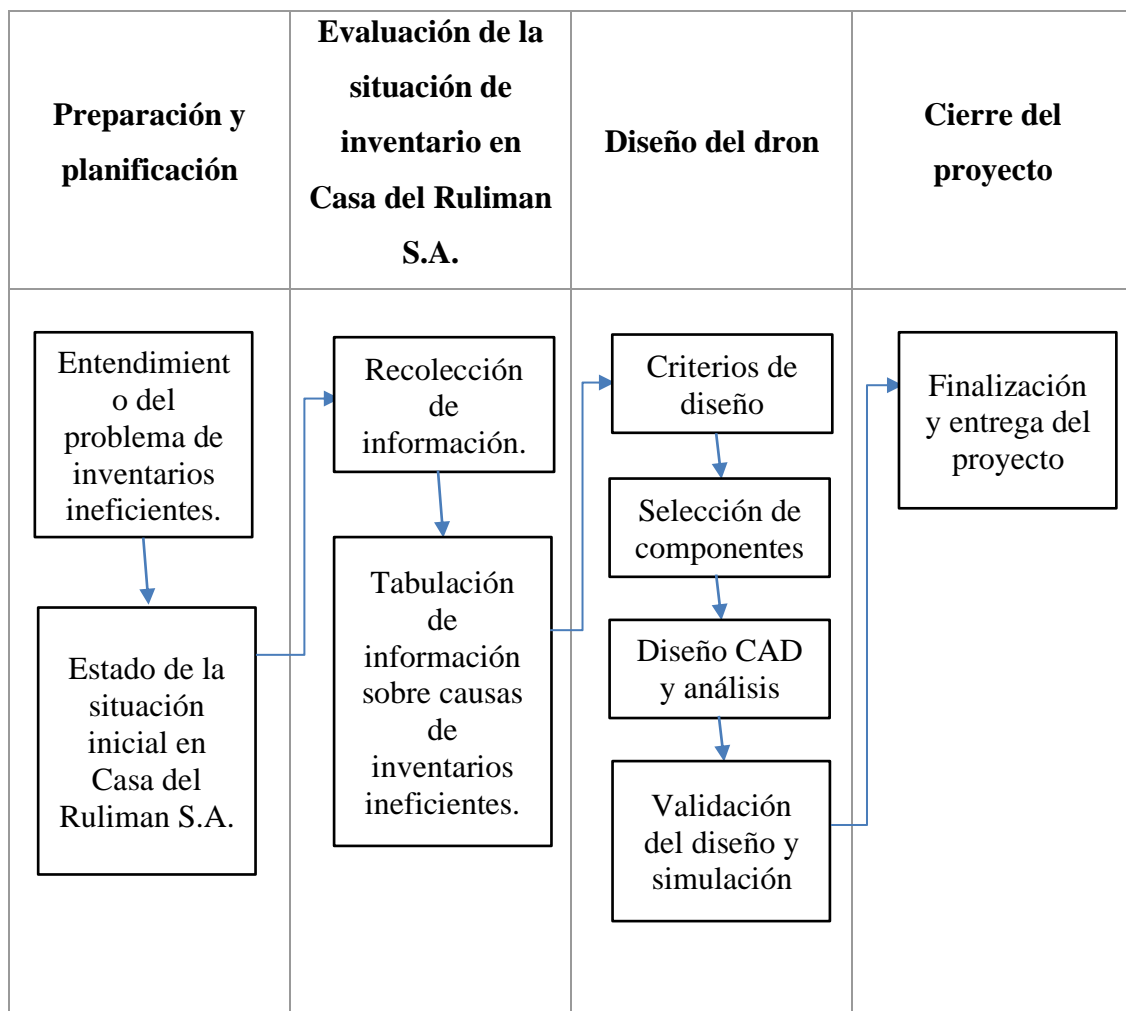
Período de análisis: 2020 – 2021

MODELO OPERATIVO

Para generar una solución al problema de inventarios ineficientes se ha decidido conformar un mapa de procesos como se observa en la Figura 12, en el que se establece el análisis de la problemática como punto de partida hasta el diseño del chasis del dron como cierre del proyecto.

Figura 12

Modelo operativo para el diseño de la propuesta



Nota: Tomado de Dtyoc, *Metodología RUP (Rational Unified Process)*, Modelo RUP – IBM, 2016, <https://dtyoc.com/2016/06/07/modelo-rup-ibm/>, elaborado por el investigador. (Castellanos, 2016)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Criterios de diseño

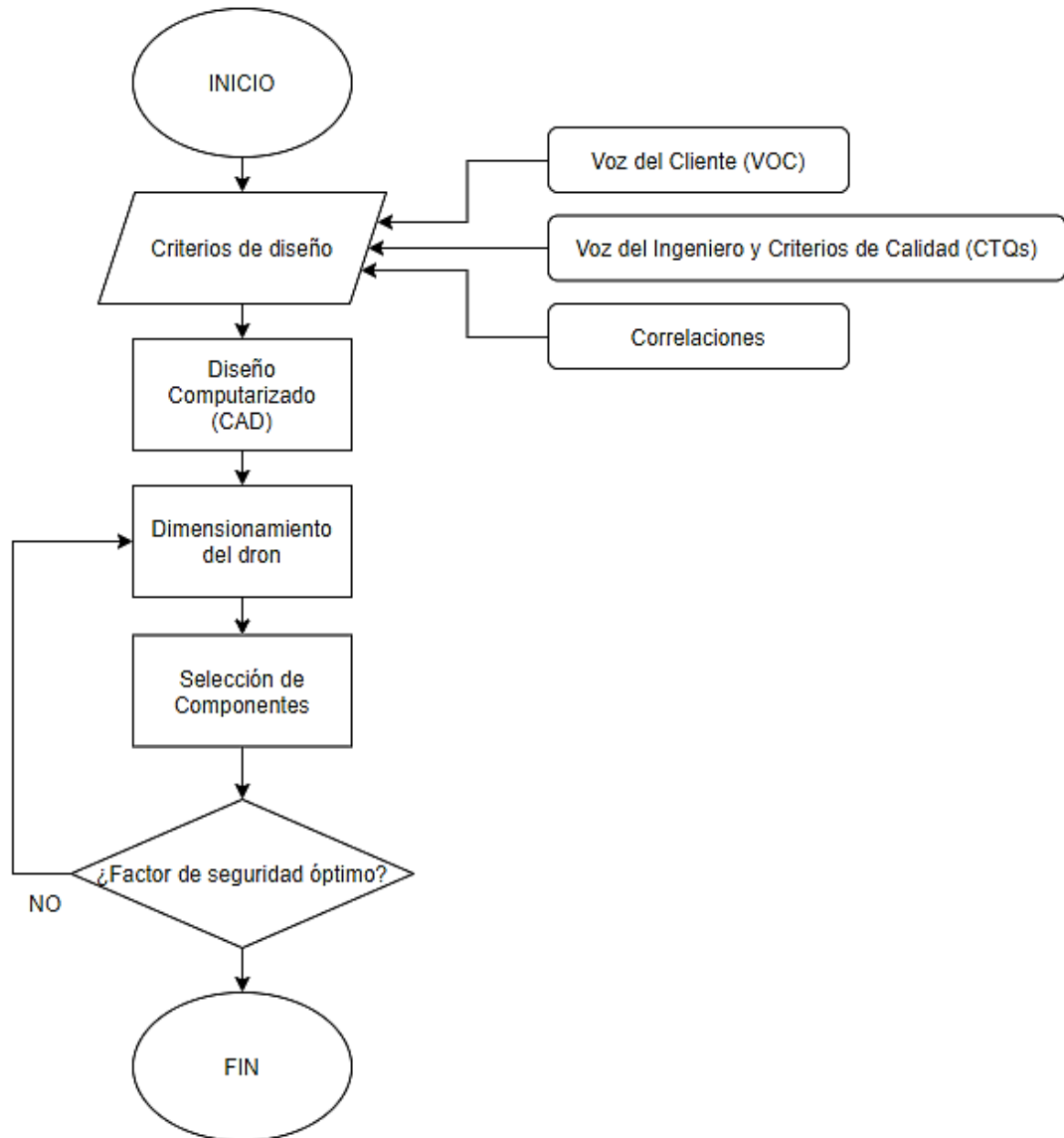
Para definir los criterios de diseño se plantea el uso de tres herramientas de la calidad que se describen a continuación.

- **Voz del cliente.** Por medio de encuestas se asegura que el proyecto cumpla con requisitos de rendimiento, tecnología, seguridad y costos. Se realizan evaluaciones y comparaciones con productos de similares características.
- **Voz del Ingeniero y Críticos de calidad (CTQ's).** El grupo de ingenieros traduce las necesidades de los clientes en las siguientes soluciones técnicas: elementos electrónicos, hélices, motores, armazón, baterías y cámara de video.
- **Correlaciones** se refiere a las relaciones entre las demandas del cliente y las especificaciones técnicas, representando el grado de cumplimiento de las demandas con una característica técnica seleccionada. Se establecen cuatro niveles de relaciones, fuerte, mediano, débil y nula. Las características también se evalúan entre sí.

Como acción de mejora a las principales causas, se propone diseñar el chasis de un dron que cumpla las especificaciones de tamaño y funcionalidad solicitada por la empresa autopartista. Para lo cual se utilizará la metodología VOC (voz del cliente), matriz de afinidad y CTQ (críticos de calidad) representados en una casa de calidad QFD. Adicionalmente se tomará como referencia la metodología Diseño para Ensamble y Manufactura o Design for Manufacturing and Assembly (DFMA), además utilizar matrices de priorización para analizar cuáles serán los componentes principales que se van a seleccionar, con el objetivo de mejorar los aspectos de manufactura y costes, respetando las funciones esenciales del producto. Se tomarán en cuenta los recursos y costes asociados, así como también las herramientas basadas en la modelización 3D, herramientas de simulación, cálculos y prototipos. Esta relación se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Diagrama de procesos para establecer los criterios de diseño



Nota. Adaptado de Seguridad Integral Un enfoque integral, por (Cavassa, 2005, pág. 107), Limusa Noriega Editoriales, Elaborado por el autor.

Diseño del chasis

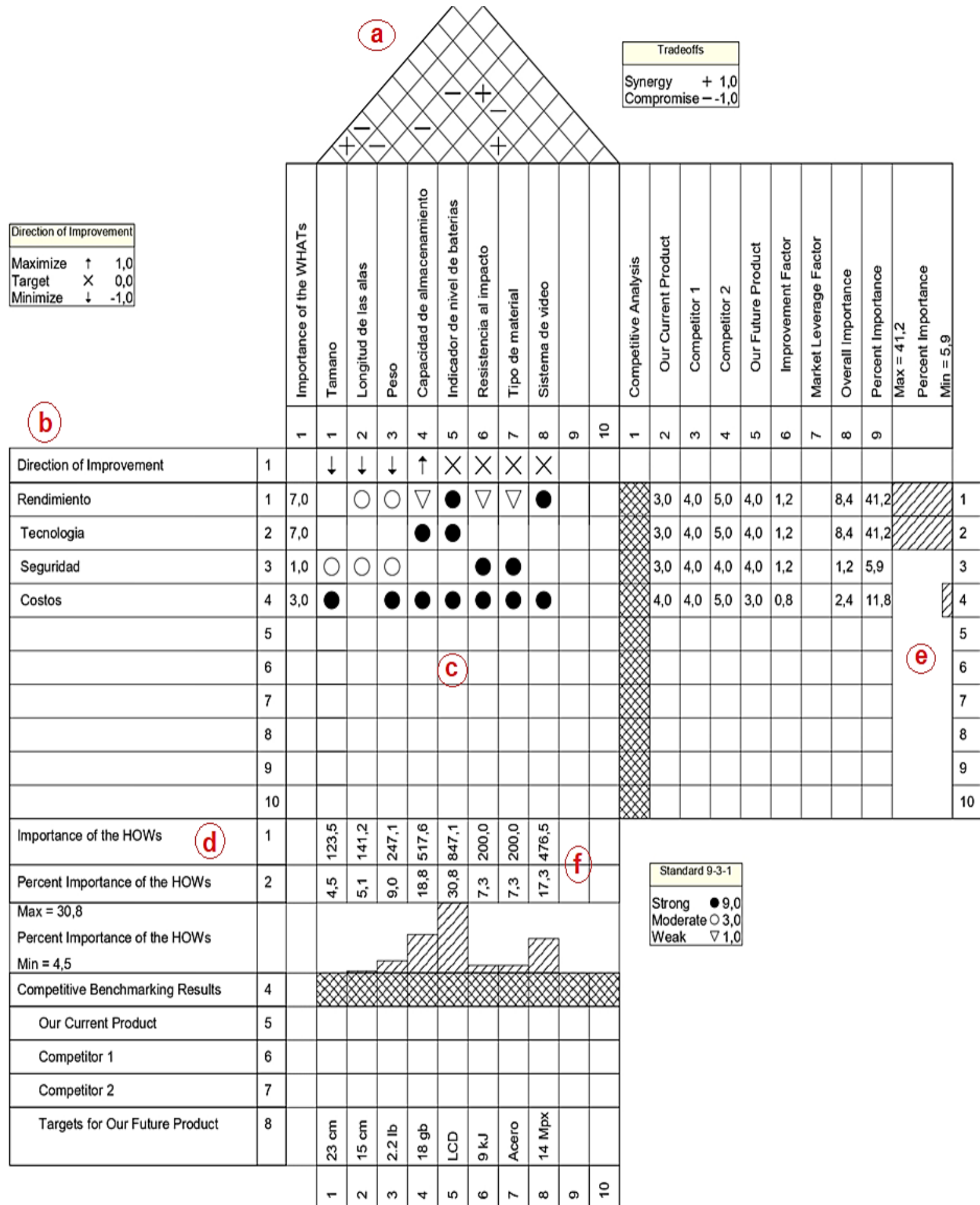
El diseño del chasis tiene como base la geometría de los componentes a usar. Para esto utilizando el software CAD Fusion 360 de Autodesk, se diseñará la estructura que se adapte a cada uno de los componentes. El chasis deberá ser liviano para brindar maniobrabilidad y reducir el consumo de energía. En este proyecto se diseñará un monocasco (monobody) con lo que se evitará el peso adicional de tornillería.

Antes de realizar el diseño se analizará el tipo de material de fabricación del chasis, ya que este tendrá un impacto significativo en el comportamiento del dron, en la distribución de peso, soporte de los elementos, resistencia y la aerodinámica. Luego se realizará la selección de componentes y los cálculos necesarios para conocer cuáles van a ser los elementos óptimos que se van a utilizar, sus medidas y características, y así tener una referencia del tamaño de chasis que se va a necesitar para finalmente proceder con el diseño del chasis.

Analisis QFD

Figura 14

Matriz QDF



Nota. En la Figura 14 se muestra el análisis QFD, en el cual se abarca el análisis VOC, matriz de afinidad y CTQ. (Cruz Villacis & Saquina Maigua, 2019). En la parte superior (a) se puede ver la relación de los HOW's, en el lado izquierdo (b) se muestra los WHAT's correspondientes a la voz del cliente, la importancia (c), el valor objetivo de los HOW's (d), además también la relación que existen entre los HOW y WHATS (e). Al final (e) un gráfico que indica la característica de calidad de mayor peso en este caso, la tecnología y el rendimiento con 41,2% correspondiente a lo más importante para el cliente. En la parte inferior (f) vemos la importancia de los CTQ's o parámetros críticos de calidad, concluyendo que lo más importante son las baterías con un peso de 30,8%, otro HOW importante es la capacidad de almacenamiento con 18,8% y el sistema de video con 17,3%, elaborado por el autor en el programa QFD CAPTURE Professional Edition.

El objetivo de utilizar la casa de calidad es encontrar los CTQ's que indican dónde se deben enfocar los esfuerzos. Se deben controlar los CTQ's más importantes ya que estos están relacionados directamente con las necesidades de los clientes.

Selección del material para la carcasa

La carcasa o cuadro es la estructura que determina donde se van a acomodar los componentes, para mantener unidos a todos los elementos del cuadricóptero.

En la actualidad este tipo de UAV es construido en base a plásticos con la finalidad de minimizar el peso y aumentar el rendimiento de las baterías. Para el caso actual se ha escogido diseñar una estructura original que se adapte a las necesidades del diseño. (Remache Vinueza et al. 2021, págs. 869-875)

Los drones se fabrican en una gran variedad de materiales como madera, fibra de vidrio, aluminio, fibra de carbono, titanio, tubos de PVC, polímeros termoplásticos, placas de fibras de madera, entre otras. (Prometec, 2020)

Para definir los criterios de selección en el tipo de material que se va a usar para el chasis, se va a realizar una comparación entre los distintos materiales y sus características, para la evaluación de la mejor propuesta y selección del material más adecuado para el diseño se analizó el libro *Los materiales en la Ingeniería y sus propiedades de Michael F. Ashby*, en el cual se describe los diferentes tipos de materiales, métodos y procesos de selección de tipos de materiales en ingeniería. (Ashby, 2009, pág. 20)

Al elegir un material para una determinada aplicación, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Sus propiedades: dureza, flexibilidad, resistencia al calor, etc.
- Las posibilidades de fabricación: las máquinas y herramientas de las que se dispone, la factibilidad con que se trabaja.
- Su disponibilidad: la abundancia del material, la proximidad al lugar donde se necesita.
- Su impacto
- Su precio, etc.

Se seleccionan los materiales utilizados para la fabricación de drones teniendo en consideración los materiales de la Tabla 7 que serán analizados.

Tabla 7

Tipos de materiales para fabricación

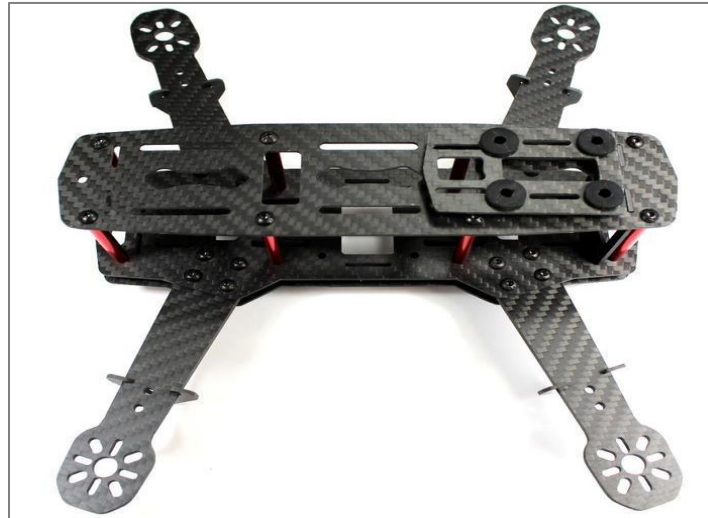
MATERIALES	
1	Fibra de carbono
2	Aluminio
3	Plástico ABS
4	Nylon
5	Madera
6	Polietileno
7	Acero
8	Fibra de vidrio

Nota. Adaptado de *Los materiales en la ingeniería y sus propiedades*, por Michael F. Ashby, 2008, Editorial Reveté S.A., elaborado por el autor.

Fibra de carbono: es un material formado por fibras de 50-10 micras de diámetro, compuesto principalmente de átomos de carbono. Es un material muy fuerte que también es muy ligero. La fibra de carbono es cinco veces más resistente que el acero y el doble de rígida. Aunque la fibra de carbono es más resistente y rígida que el acero, es más ligera que el acero; por lo que es el material de fabricación ideal para muchas piezas. Estas son solo algunas de las razones por las que los ingenieros y diseñadores prefieren la fibra de carbono para la fabricación. Las propiedades de las fibras de carbono, tales como una alta flexibilidad, alta resistencia, bajo peso, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica, las hacen muy populares en la industria aeroespacial, ingeniería civil, aplicaciones militares, deportes de motor junto con muchos otros deportes. (CarboSystem, (s/f), párrafo primero)

Figura 15

Chasis dron de Fibra de carbono

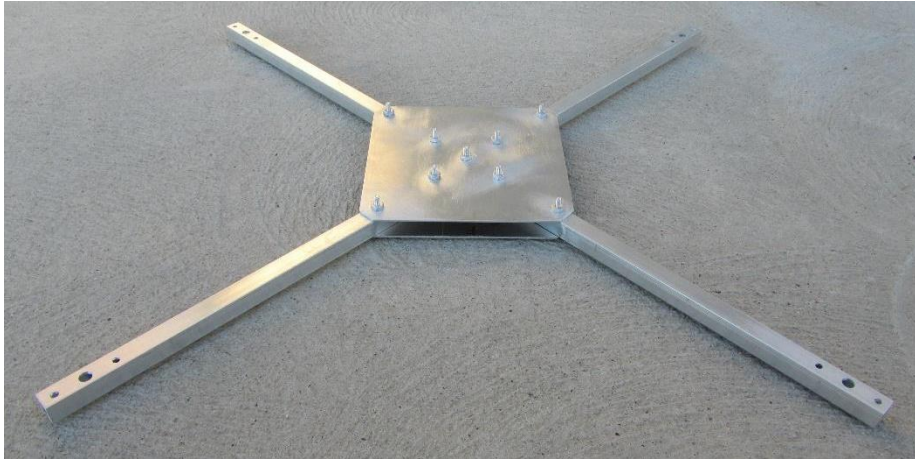


Nota. Adaptado de Talos Electronics, por Talos Electronics, (s/f),
<https://www.taloselectronics.com/products/chasis-de-fibra-de-carbono-para-drone-de-carreras-250-fpv>

Aluminio: Se trata de un metal no ferromagnético y es el tercer elemento más común en la corteza terrestre. El aluminio genera de forma natural una capa de óxido que lo hace muy resistente a la corrosión. La hoja de aluminio, incluso cuando se lamina a un grosor de 0,007 mm., sigue siendo completamente impermeable y no permite que las sustancias pierdan ni el más mínimo aroma o sabor. Además, el metal no es tóxico, ni desprende olor o sabor. Los diferentes tipos de tratamiento de superficie pueden mejorar aún más esta propiedad. Resulta especialmente útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación. La gran ventaja del aluminio es su facilidad de ser reciclado. (Asoc-aluminio.es, 2013)

Figura 16

Chasis dron de Aluminio



Nota. Adaptado de Prometec, por Prometec, (s/f), <https://www.prometec.net/elegir-chasis-dron/>

Plástico ABS: El acrilonitrilo butadieno estireno, a menudo denominado ABS, es un tipo de plástico que es un termoplástico opaco y un polímero amorfo. Cuando decimos termoplástico, queremos decir que este tipo de plástico responde al calor de diferentes maneras. En el caso del ABS, este plástico se vuelve líquido cuando se somete a 221 grados Fahrenheit. Lo que distingue a los termoplásticos de otros plásticos es que se pueden fundir a su forma líquida, enfriarse y recalentarse nuevamente sin causar demasiado daño a su composición química. Entonces, el ABS no se quema, simplemente se derrite y se convierte en una forma líquida. Una vez enfriado, vuelve a su estado sólido nuevamente. Un termoplástico como el ABS es mejor que los plásticos termoendurecibles porque los plásticos termoendurecibles solo se pueden calentar una vez (generalmente durante el tiempo en que se moldea en una forma particular). (Plasticcollectors, 2020, párrafo primero)

Cuando los plásticos termoendurecibles se calientan, sufren un cambio químico que no se puede revertir. Es por eso que no se pueden derretir una y otra vez como los termoplásticos. Cuando uno intenta calentar plásticos termoendurecibles, en lugar de derretirse, terminan quemándose, a diferencia de los termoplásticos, que pueden volverse líquidos nuevamente y pueden removerse. Esta propiedad de poder recalentar ABS una y

otra vez lo convierte en un candidato increíble para el reciclaje. (Plasticcollectors, 2020, párrafo segundo)

Dado que el ABS es un plástico muy resistente y no se corroe fácilmente cuando entra en contacto con materiales abrasivos, el ABS a menudo se usa para fines de impresión 3D, teclados de computadoras, juguetes de lego, carcasas de herramientas eléctricas, enchufes de pared, piezas de computadoras, piezas de automóviles, maletas, aplicaciones de aviones, cascos, sillas, mesas, contenedores, etc. ¡Las aplicaciones de ABS son ilimitadas! Una de las razones por las cuales el ABS es tan ampliamente utilizado es porque también es un plástico barato. El ABS no debe usarse en artículos sometidos a altas temperaturas porque tiene un bajo punto de fusión en comparación con otros plásticos. Este plástico es opaco y puede ser coloreado por diferentes pigmentos con gran facilidad. Una vez enfriado, el ABS proporciona un acabado liso y brillante. (Plasticcollectors, 2020, párrafo cuarto)

Figura 17

Chasis dron de Plástico ABS



Nota. Adaptado de Prometec, por Prometec, (s/f), <https://www.prometec.net/elegir-chasis-dron/>

Nylon: El nylon es un polímero artificial que pertenece al grupo de las poliamidas. Se genera por policondensación de un di ácido con una diamina, es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no requiere de planchado y se utiliza en la confección

de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales. El nailon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc. Los nylons han encontrado campos de aplicación como materiales plásticos en aquellos sectores o usos particulares donde se requiere más de una de las propiedades siguientes: alta tenacidad, rigidez, buena resistencia a la abrasión, buena resistencia al calor. Debido a su alto costo no han alcanzado, naturalmente, la aplicabilidad de materiales tales como polietileno o poliestireno, los cuales tienen un precio tres veces más bajo que el del nylon. (Mariano, 2011)

Figura 18

Chasis dron de Nylon



Nota. Adaptado de Robotistan, por Robotistan, (s/f), <https://www.robotistan.com/kk260-black-nylon-4-axis-quadcopter-frame-kit>

Madera: es un material natural, flexible y resistente con el que generan sus troncos los distintos tipos de árboles conocidos, creciendo año tras año mediante un sistema de capas concéntricas y circulares. De hecho, según su producción de madera en el tronco, se distingue a los árboles de las plantas herbáceas. La madera es una materia prima abundante, renovable, económica y fácil de trabajar, que procesada de la manera correcta puede resistir al embate del tiempo durante muchos años. (Uriarte, 2020)

La madera es higroscópica, capaz de absorber humedad del aire o incluso directamente del agua, y su polaridad la hace receptiva a sustancias como barnices, pegamentos o pinturas. Es un aislante térmico y eléctrico, que transmite muy bien el sonido. La madera es un material abundante, económico y ecológico, ya que es totalmente renovable. (Uriarte, 2020)

Figura 19

Chasis dron de Madera



Nota. Adaptado de Drone Blogger, por Drone Blogger, (s/f), <http://dronegb.blogspot.com/2018/08/drone.html?m=1>

Polietileno: Se conoce como polietileno (PE) o polimetileno al más simple de los polímeros desde un punto de vista químico, compuesto por una unidad lineal y repetitiva de átomos de carbono e hidrógeno. Se trata de uno de los materiales plásticos de fabricación más económica y simple, por lo que se generan aproximadamente unos 80 millones de toneladas anuales en el mundo entero. La rigidez y resistencia del polietileno son sus principales ventajas. Se trata de un material resistente a los impactos, a la tracción y a las temperaturas altas y bajas. Su resistencia no solo es física, ya que no es atacado por los ácidos o el disolvente. (Ondarse Álvarez, Polietileno, 2021, párrafo primero)

Se trata de un material incoloro y casi opaco. Su facilidad para imprimir, pintar y pegar sobre él permite un amplio abanico de opciones de personalización. Además, es un

material muy fácil de procesar mediante métodos como inyección o extrusión. El polietileno de alta densidad es un material reciclable, especialmente mediante reciclaje mecánico y térmico. (Envaselia, 2020, párrafo cuarto)

Figura 20

Polietileno



Nota. Adaptado de Concepto.de, *Polietileno*, por Concepto.de, (s/f), <https://concepto.de/polietileno/>

Acero: El acero es un material sumamente importante en el mundo industrial contemporáneo, pues se utiliza en la fabricación de objetos en casi todos los rubros de la industria. Las propiedades del acero más importantes son la conformabilidad y durabilidad, resistencia a la tracción y su buena resistencia a la fluencia, buena conductividad térmica, y, para los aceros inoxidables, la resistencia a la corrosión.

El acero puede reciclarse, tal y como otros metales, al final de su vida útil. Para ello sirven los desguazaderos de automóviles y otros vehículos, que obtienen chatarra reusable, que es prensada y reenviada a la acería para su fundición y reutilización. La chatarra de este tipo suple el 40 % de las necesidades de acero mundiales. (Uriarte, 2021)

Figura 21

Chasis dron de Acero



Nota. Adaptado por (Hobby, 2020), <https://todohobby.net/es/3044-chasis>

Fibra de vidrio: es un material compuesto por filamentos de vidrio muy finos, que se entremezclan dando lugar a diferentes estructuras de refuerzo para otros materiales que pueden adoptar diversos formatos textiles como tubos, mallas y tejidos. Se caracteriza por ser un material muy ligero, resistente, estable y es un muy buen aislante térmico. Asimismo, se utiliza en muchas aplicaciones que involucran la construcción, la impermeabilización, la creación de esculturas o la fabricación de tablas de surf y palos de hockey, entre otras. (Motorex, 2020, párrado segundo)

Es un material muy liviano, de poco peso y muy fácil de trabajar con herramientas básicas para el bricolaje. Es, además, un muy buen aislante térmico y eléctrico. Este material se convierte en un producto apto para propagar el calor y la electricidad, tanto en proyectos de interior como exterior. Es un material que no se corroe y es impermeable. Por eso, puede utilizarse sin problemas en proyectos náuticos o expuestos a la intemperie. Al ser un producto de origen mineral, la fibra de vidrio es incombustible. Es decir, no propaga el fuego al entrar en contacto con una fuente de calor. (Estació, 2021)

Figura 22

Chasis dron de Vidrio



Nota. Adaptado de Vistronica, *Chasis para dron fibra de vidrio QAV280*, por Vistronica, (s/f), <https://www.vistronica.com/aeromodelismo/chasis-para-dron-fibra-de-vidrio-qav280-detail.html>

Luego de realizar una investigación para la selección de materiales se toma como referencia los criterios para la realización de una matriz de priorización con los criterios que se detallan en el libro “Los materiales en la ingeniería y sus propiedades, de Michael F. Ashby”, a continuación, se muestra la Tabla 8, con los criterios para la realización de la matriz de priorización. (Ashby, 2009, págs. 29-81)

Tabla 8

Criterios para determinar prioridad de diseño

Criterios	
1	Durable
2	Económico
3	Ligero
4	No tóxico
5	Resistente
6	Ecológico

Nota. Adaptado de *Los materiales en la ingeniería y sus propiedades*, por Michael F. Ashby, 2008, pág. 29-91, Editorial Reveté S.A., elaborado por el autor.

Evaluación para la selección del material para el chasis

Para lograr una correcta evaluación de los criterios se atribuye una ponderación a los pesos de importancia relativa entre los mismos:

- Sumamente importante = 9;
- Más importante = 7;
- Igual de importante = 5;
- Menos importante = 3;
- Levemente importante = 1;

Para realizar la valoración se comienza por las filas y en cada celda de esta matriz se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es la importancia de *criterio en la fila* con respecto al *criterio de la columna en la misma fila*?

Tabla 9

Priorización de criterios para selección de elementos

Criterios	Durable	Económico	Ligero	No tóxico	Resistente	Ecológico	Suma	%
1 Durable		5	5	7	5	5	27	18%
2 Económico	5		5	7	5	7	29	19%
3 Ligero	5	5		7	5	7	29	19%
4 No tóxico	3	3	3		3	5	17	11%
5 Resistente	5	5	5	7		7	29	19%
6 Ecológico	5	3	3	5	3		19	13%
						TOTAL	150	100%

Nota. De la Tabla 9 se ha definido que los principales criterios: económico, ligero y resistente, son igual de trascendentales y se encuentran con el mayor porcentaje de

importancia puesto que el diseño del chasis debe ser lo más liviano posible con bajo costo de fabricación y resistente para que soporte los componentes que se van a colocar en el chasis, elaborado por el autor.

Para que la elaboración de la matriz permite seleccionar el mejor material de construcción de la propuesta, se debe responder a la siguiente pregunta:

¿En qué medida *la alternativa que se encuentra en la fila* cumple con el criterio evaluado, con relación a *la alternativa que se encuentra en la columna respectiva*?

- Cumple perfectamente = 9;
- Cumple más = 7;
- Cumple igualmente = 5;
- Cumple menos = 3;
- Cumple levemente = 1;

Tabla 10

Evaluación Durable vs Alternativas

	Fibra de carbono	Aluminio	Plástico ABS	Nylon	Madera	Polietileno	Acero	Fibra de vidrio		
DURABLE	1	2	3	4	5	6	7	8	Suma	%
1 Fibra de carbono		7	7	7	9	7	7	5	49	18%
2 Aluminio	3		7	7	9	7	5	5	43	15%
3 Plástico ABS	3	3		7	9	7	3	3	35	13%
4 Nylon	3	3	3		9	3	3	3	27	10%
5 Madera	1	1	1	1		1	1	1	7	3%
6 Polietileno	3	3	3	7	9		3	3	31	11%
7 Acero	3	5	7	7	9	7		7	45	16%
8 Fibra de vidrio	5	5	7	7	9	7	3		43	15%
					Total				280	100%

Nota. De la Tabla 10 se define que el material más durable es la fibra de carbono, su dureza tiene mayor resistencia al impacto, elaborado por el autor.

Tabla 11

Evaluación Económico vs Alternativas

	Fibra de carbono	Aluminio	Plástico ABS	Nylon	Madera	Poli etileno	Acero	Fibra de vidrio		
ECONÓMICO	1	2	3	4	5	6	7	8	Suma	%
1 Fibra de carbono		3	1	1	1	1	3	7	17	6%
2 Aluminio	7		3	3	3	3	7	3	29	10%
3 Plástico ABS	9	7		7	7	7	9	3	49	18%
4 Nylon	9	7	3		7	7	7	3	43	15%
5 Madera	9	7	3	3		3	3	5	33	12%
6 Polietileno	9	7	3	3	7		7	3	39	14%
7 Acero	7	3	7	7	3	3		3	33	12%
8 Fibra de vidrio	3	7	7	7	5	7	1		37	13%
					Total				280	100%

Nota. De la Tabla 11 se define al Plástico ABS como el material más económico, ya que es un material barato de producir, elaborado por el autor.

Tabla 12

Evaluación Ligero vs Alternativas

	Fibra de carbono	Aluminio	Plástico ABS	Nylon	Madera	Poliétileno	Acero	Fibra de vidrio		
LIGERO	1	2	3	4	5	6	7	8	Suma	%
1 Fibra de carbono		7	3	7	9	9	9	9	53	19%
2 Aluminio	3		3	3	7	3	7	3	29	10%
3 Plástico ABS	7	7		7	9	7	7	9	53	19%
4 Nylon	3	7	3		7	3	7	3	33	12%
5 Madera	1	3	1	3		3	7	3	21	8%
6 Polietileno	1	7	3	7	7		7	7	39	14%
7 Acero	1	3	3	3	3	3		3	19	7%
8 Fibra de vidrio	1	7	1	7	7	3	7		33	12%
Total									280	100%

Nota. De la Tabla 12 se define a la fibra de carbono y plásticos ABS como más ligeros ya que son materiales poco densos en comparación con los otros ítems, elaborado por el autor.

Tabla 13

Evaluación No tóxico vs Alternativas

	Fibra de carbono	Aluminio	Plástico ABS	Nylon	Madera	Poliétileno	Acero	Fibra de vidrio		
NO TÓXICO	1	2	3	4	5	6	7	8	Suma	%
1 Fibra de carbono		5	5	5	1	5	5	5	31	11%
2 Aluminio	5		5	5	1	5	5	5	31	11%
3 Plástico ABS	5	5		5	1	5	5	5	31	11%

4	Nylon	5	5	5		1	5	5	5	31	11%
5	Madera	9	9	9	9		9	9	9	63	23%
6	Polietileno	5	5	5	5	1		5	5	31	11%
7	Acero	5	5	5	5	1	5		5	31	11%
8	Fibra de vidrio	5	5	5	5	1	5	5		31	11%
Total										280	100%

Nota. De la Tabla 13 se define que la madera es el único material no tóxico al ser un material natural. elaborado por el autor.

Tabla 14

Evaluación Resistente vs Alternativas

	Fibra carbo no	Alu min io	Plástic o ABS	Nailo n	Made ra	Polie tilen o	Acer o	Fibra de vidrio			
RESISTENCIA	1	2	3	4	5	6	7	8	Suma	%	
1	Fibra carbono		7	3	9	9	9	7	9	53	19%
2	Aluminio	3		5	7	7	7	5	7	41	15%
3	Plástico ABS	7	5		5	9	7	3	5	41	15%
4	Nylon	1	3	5		7	5	3	7	31	11%
5	Madera	1	3	1	3		3	1	3	15	5%
6	Polietileno	1	3	3	5	7		3	7	31	11%
7	Acero	3	7	5	7	7	7		9	45	16%
8	Fibra de vidrio	1	3	5	3	7	3	1		23	8%
Total									280	100%	

Nota. De la Tabla 14 se define a la fibra de carbono como el material más resistente por su elevada resistencia mecánica a la fatiga y baja densidad, elaborado por el autor.

Tabla 15*Evaluación Ecológico vs Alternativas*

	Fibra de carbono	Aluminio	Plástico ABS	Nylon	Madera	Polietileno	Acero	Fibra de vidrio		
Ecológico	1	2	3	4	5	6	7	8	Suma	%
1 Fibra de carbono	5	5	5	5	1	5	5	5	31	11%
2 Aluminio	5	5	5	5	1	5	5	5	31	11%
3 Plástico ABS	5	5	5	5	1	5	5	5	31	11%
4 Nylon	5	5	5	5	1	5	5	5	31	11%
5 Madera	9	9	9	9	1	9	9	9	63	23%
6 Ecológico	5	5	5	5	1	5	5	5	31	11%
7 Acero	5	5	5	5	1	5	5	5	31	11%
8 Fibra de vidrio	5	5	5	5	1	5	5	5	31	11%
					Total				280	100%

Nota. De la Tabla No. 15 se define que la madera como el material más ecológico por ser natural y biodegradable, elaborado por el autor.

El resultado de la evaluación de los materiales de fabricación con respecto a sus distintas alternativas detalladas en las Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14 Tabla 15 muestran que cuando se considera el peso, el ABS y la fibra de vidrio son los materiales más ligeros para la construcción mientras que en el factor resistencia, la fibra de carbono resulta el material con más durabilidad y finalmente con respecto al precio el ABS es el material más económico.

Tabla 16*Matriz final de priorización*

		Durab le	Económ ico	Ligero	No tóxico	Resistent e	Ecológ ico	%
		18%	19%	19%	11%	19%	13%	
1	Fibra de carbono	18%	6%	20%	11%	19%	11%	14%
2	Aluminio	15%	10%	10%	11%	15%	11%	12%
3	Plástico ABS	13%	18%	19%	11%	15%	11%	15%
4	Nylon	10%	15%	12%	11%	11%	11%	12%
5	Madera	3%	11%	8%	23%	5%	23%	10%
6	Polietileno	11%	14%	14%	11%	11%	11%	12%
7	Acero	16%	12%	6%	11%	16%	11%	12%
8	Fibra de vidrio	15%	13%	12%	11%	8%	11%	12%
	TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Nota. El resultado final de la Tabla 16, muestra que el material ABS ofrece las mejores características para la fabricación del chasis del dron, puesto que, es el que menos peso tendría en base al diseño realizado con una dureza lo suficientemente aceptable para resistir golpes o colisiones en su entorno y con menor precio. Con esta selección del material se puede verificar que se está cumpliendo con lo solicitado por la voz del cliente y CTQ', elaborado por el autor

Selección de componentes

Basándose en la matriz QFD de la Figura 14 se obtiene que lo más importante para el cliente son las características de “rendimiento” y “tecnología” en donde las baterías (30,8%), la capacidad de almacenamiento (18,8%) y el sistema de video (17,3%) reúnen el mayor porcentaje de importancia en el momento de seleccionar los componentes para la construcción del dron.

Por estas consideraciones, se ha definido una lista de componentes que deberán ser analizados mediante una matriz de priorización, para determinar los criterios técnicos

que se deben tener en cuenta al momento de escoger los elementos más críticos del dispositivo, enlistados a continuación:

- Elementos electrónicos
- Hélices
- Motores
- Armazón
- Batería
- Cámara de video

Para la evaluación de los criterios se atribuye una ponderación:

- Sumamente importante = 9;
- Más importante = 7;
- Igual de importante = 5;
- Menos importante = 3;
- Levemente importante = 1;
-

Se comienza con la validación por filas y en cada celda se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es la importancia del criterio *en la fila* con respecto al criterio *de la columna en la misma fila*?

Tabla 17

Matriz de priorización de componentes

		Criterio de columna						Suma	%
		1	2	3	4	5	6		
Criterio de fila	Elementos	Electrónicos	Hélices	Motores	Chasis	Baterías	Cámaras		
		Elementos electrónicos		3	3	7	3	3	19
	Hélices	7		5	3	3	9	27	18.00%
	Motores	7	5		7	5	7	31	20.67%
	Chasis	3	7	3		1	5	19	12.67%
	Batería	7	7	5	9		9	37	24.67%
	Cámara	7	1	3	5	1		17	11.33%
								150	100.00%

Nota. Como resultado de la Tabla 17, la batería, hélices y el tipo de motor son los elementos más críticos por analizar, ya que son los que permiten determinar la cantidad de empuje necesario para elevar el dron, así como el tiempo de vuelo, elaborado el autor

Cálculos

El diseño está basado en un modelo propuesto en un curso realizado en Autodesk¹, donde se analizan los componentes, cálculos y el diseño estructural. Se considera un solo cuerpo compacto, de manera que tenga una estructura que permita al dispositivo cubrir cada elemento y a la vez mantener una configuración con cuatro soportes a tierra, lo que permitirá el aterrizaje de manera estable y segura sin comprometer sus componentes internos. (Autodesk, 2022)

En base al material del chasis y con una estimación de la masa de los componentes se dimensionan los componentes para posteriormente definir la relación de empuje, porcentaje de aceleración de los motores y tiempo de vuelo estimado.

¹ <https://www.coursera.org/specializations/autodesk-cad-cam-cae-mechanical-engineering>

Durante este proceso los aspectos que se van a controlar son el tipo de propulsor que genere la fuerza de empuje para elevar la masa total del dron, el voltaje de trabajo que estará relacionado al tipo de batería y finalmente el flujo de corriente para alimentar los motores durante un tiempo de vuelo específico.

Para poder empezar con este proceso iterativo es necesario saber, en base a una investigación simple de mercado, cuáles serían los valores de peso referencial de cada uno de los componentes que van a intervenir en el cálculo, de tal manera que sirvan como una estimación preliminar.

Se analizarán tres casos, cada uno con diferentes baterías que configuran distintos pesos del dispositivo, esto con la finalidad de encontrar la batería más adecuada posible. Se propone que el tamaño del chasis no supere los 270 mm para que pueda movilizarse libremente en los pasillos de las bodegas de la empresa, sin obstaculizar las tareas diarias que realizan los colaboradores.

Motores

El motor comúnmente utilizado para drones multirrotores es el denominado sin escobillas o brushless (en inglés). La ventaja que posee es que, a diferencia de los motores eléctricos de escobillas, los motores sin escobillas generan menor desgaste, por lo que son aptos para aplicaciones que requieren elevados niveles de autonomía. Necesitan un tren de pulsos de corriente generado en sincronía para excitar sus bobinas de una forma concreta y hacerlos girar. (Electrónica, 2019)

Para la elección de los motores más adecuados habrá que determinar su relación con las propelas en función de la constante de voltaje, el número de celdas y el empuje para el despegue del dispositivo.

Se va a considerar la utilización de motores de la marca EMAX, al ser comercial y líder en la venta de motores para drones, poseen una excelente relación entre calidad, dimensiones y costo. Se selecciona el motor EMAX RS1306 mostrado en la Figura 23, puesto que es una generación compacta, posee un diseño de enfriamiento que reduce la temperatura hasta en un 30%, también cuenta con rodamientos de alta calidad y fuertes imanes N52. (Carreras, 2018)

El EMAX RS1306 3300kv según sus características técnicas con ficha técnica del Anexo 1, tiene un voltaje de funcionamiento en baterías tanto de 3 celdas (11.1v) así como también para 4 celdas (14.8v), un rango de amperaje entre (1 - 6.5) A para 3 celdas y (1 -

11.5) A para 4 celdas, un empuje de (51 – 183) GF para 3 celdas y (43 – 340) GF para 4 celdas y una velocidad de rotación de (12130 – 24730) RPM para 3 celdas y (12550 – 30720) RPM para 4 celdas. (Emaxmodel, 2020)

Figura 23

Motor Brushless DC Emax RS1306 3300kv



Nota. Adaptado de Emaxmodel.com, 2020, <https://emaxmodel.com/products/emax-1306-rs1306-version-2-rs1306b-2700kv-4000kv-brushless-motor-3-4s-for-rc-drone-multi-rotor-2700kv>

El motor tiene un peso de 9.6 g con cables incluidos, lo cual significa que la incidencia del peso de los motores va a ser de 38.4g. A su vez, el fabricante de este motor sugiere que el tipo de hélice óptimo para alcanzar los valores de empuje y consumo de corriente específica denotados en la tabla de características técnicas, se lo logra usando los propulsores de 3 hélices EMAX-AVAN3024 con un peso de 0.43g c/u y 1.7g en total. (Emaxmodel, 2020)

Baterías

Los drones usan comúnmente baterías denominadas LiPo (Polímero de Litio) de la Figura 24, que tienen capacidad para entregar una potencia superior acorde a los requerimientos de alto voltaje y corriente necesarios para girar motores a grandes revoluciones, tienen una alta densidad de energía y son ligeras de peso, lo que las convierte en una excelente opción. (Dron_Profesional, 2020)

Figura 24

Batería LiPo



Nota. Adaptado de Mi dron de carreras, Batería LiPo que es y como elegirlas, (s/f), <https://www.midronedecarreras.com/bateria-lipo/> (Serrano Cordero & Pérez Curutchet, 2020)

El número de celdas (S) dependerá de las baterías de polímero de litio que se vayan a usar y el voltaje de cada una va a variar como se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18

Nomenclatura de baterías Lipo

NOMENCLATURA	# CELDAS	VOLTAJE (V)	VOLTAJE MÁXIMO (V)
1S	1	3,7	4,2
2S	2	7,4	8,4
3S	3	11,1	12,6
4S	4	14,8	16,8
5S	5	18,5	21
6S	6	22,2	25,2

Nota. Adaptado de Mi drone de Carreras, *Batería LiPo que es y como elegir las*, (s/f), <https://www.midronedecarreras.com/bateria-lipo/>, elaborado por el autor.

Se ha extraído los datos de corriente y empuje proporcionados por el fabricante del motor para los casos de baterías de 3 celdas (Caso A) y batería de 4 celdas (Caso B) como se muestra en la Tabla 19. Se consideran estos datos en base a un consumo moderado de las, los valores fueron los siguientes:

Tabla 19

Relación entre Voltaje, corriente, empuje, eficiencia

	Propelas (hélices)	Voltaje (V)	Voltaje Máximo (V)	Corriente (A)	Empuje (GF)	Eficiencia (G/W)	CASO
EMAX	GF 3040 BN 3"	11,1	12,6	5,2	168	2,69	Caso A
RS1306 3300kv	GF 3040 BN 3"	14,8	16,8	7	210	2,03	Caso B

Nota. Adaptado de RCpapa, *Emax brushless Motor RS1306 3300Kv*, <https://www.rcpapa.com/products/emax-rs1306-3300kv-4000kv-brushless-motor-for-fpv-racing?variant=21500333894>, elaborado por el autor.

Ya que los motores no deben trabajar en un rango de potencia máxima se ha considerado tomar un valor intermedio de corriente de los datos proporcionados por el fabricante, de tal manera que se halle la relación de empuje/peso y que este sea de un valor igual o superior a 2. (Serrano Cordero et al. 2020, pág. 3)

Para calcular la fuerza de empuje por los 4 motores se toma en cuenta los valores de la Tabla 19 con respecto al empuje para el Caso A y Caso B respectivamente aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{Empuje total} = \text{empuje} * \text{número de motores} \quad [\text{Ec.1}]$$

- **Caso A:**

$$\text{Empuje 4 motores} = 168 \text{ gf} * 4 = 672 \text{ gf}$$

- **Caso B:**

$$\text{Empuje 4 motores} = 210 \text{ gf} * 4 = 840 \text{ gf}$$

A continuación, se procede a calcular la *Relación de empuje*, la cual indica si la batería cumple la relación empuje-peso de valor 2 o superior.

$$\text{Relación de empuje/peso} = \frac{\text{empuje total}}{\text{peso del drone}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Para el cálculo en cada caso se ha tomado en cuenta la utilización de 3 baterías de diferente capacidad de almacenamiento de corriente y que son descritas a continuación como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Tipos de batería LiPo

Tipo de batería	CASO DE ESTUDIO
Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo)	Caso 1
Batería 4S (ZOP Power 14.8V 2200mAh 60C Lipo)	Caso 2
Batería 4S (ZOP Power 14.8V 4000mAh 100C Lipo)	Caso 3

Nota. En la Tabla 20 se definen las tres baterías que se van a analizar, para encontrar cual es la adecuada para colocar en el chasis diseñado, elaborado por el autor.

De acuerdo con las características de cada una de las baterías, sumado a los pesos aproximados de cada uno de los componentes se han establecido tres tipos de casos a evaluar para determinar la relación de empuje y se muestran en las siguientes tablas: Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23.

- *Caso 1:*

Tabla 21

Peso aproximado de componentes del Caso 1

Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo)			
Componente	Cantidad	Masa unitaria (g)	Masa total (g)
Carcasa	1	60	60
Motores	4	9.60	38.40
Batería	1	158.9	158.9
Hélices	4	0.43	1.70
Cámara	1	5	5
Componentes electrónicos	1	15	15
TOTAL			279.0

Nota. En la Tabla 21 se determinan pesos aproximados para la batería del Caso 1, elaborado por el autor.

Tabla 22

Relación total de empuje del Caso 1

Empuje total – Caso A	672
Peso referencial – Caso 1	279
Relación total de empuje	2.41

Nota. De la Tabla 22, la relación total de empuje para el Caso 1 se calcula dividiendo el empuje total del Caso A con el peso referencial del Caso 1, elaborado por el autor.

Para el Caso 1 la relación de empuje es 2,41, por lo que sí estaría cumpliendo y sobrepasando la relación de empuje mínima de 2, es decir, se podrá maniobrar el dron.

- *Caso 2:*

Tabla 23

Peso aproximado de componentes del Caso 2

Batería 4S (ZOP Power 14.8V 2200mAh 60C Lipo)			
Componente	Cantidad	Masa unitaria (g)	Masa total (g)
Carcasa	1	60	60
Motores	4	9.60	38.40
Batería	1	224	224
Hélices	4	0.43	1.70
Cámara	1	5	5
Componentes electrónicos	1	15	15
TOTAL			344.10

Nota. En la Tabla 23 se determinan pesos aproximados para la batería del Caso 2, elaborado por el autor.

Tabla 24

Relación total de empuje del Caso 2

Empuje total – Caso B	840
Peso referencial – Caso 2	344.10
Relación total de empuje	2.44

Nota. De la Tabla 24, la relación total de empuje para el Caso 2 se calcula dividiendo el empuje total del Caso B con el peso referencial del Caso 2, elaborado por el autor.

Para el Caso 2 la relación de empuje es 2,44, por lo que sí estaría cumpliendo y sobrepasando la relación de empuje mínima de 2/1, es decir, se podrá maniobrar el dron.

- *Caso 3:*

Tabla 25

Peso aproximado de componentes del Caso 3

Batería 4s (ZOP Power 14.8V 4000mAh 100C Lipo)			
Componente	Cantidad	Masa unitaria (g)	Masa total (g)
Carcasa	1	60	60
Motores	4	9.60	38.40
Batería	1	405	405
Hélices	4	0.43	1.70
Cámara	1	5	5
Componentes electrónicos	1	15	15
TOTAL			525.10

Nota. En la Tabla 25 se determinan pesos aproximados para la batería del Caso 3, elaborado por el autor.

Tabla 26

Relación total de empuje del Caso 3

Empuje total – Caso B	840
Peso referencial – Caso 3	525.10
Relación total de empuje	1.59

Nota. De la Tabla 26, la relación total de empuje para el Caso 3 se calcula dividiendo el empuje total del Caso B con el peso referencial del Caso 3, elaborado por el autor.

Para el Caso 3 la relación de empuje es 1.59, por lo que al ser inferior a 2, inmediatamente se procede a descartar esta batería al ser demasiado pesada.

Utilizando la hoja de características técnicas y masas referenciales de los tres casos, se procede a realizar el cálculo del flujo de corriente que cada motor va a consumir. Para estos cálculos se utiliza la fórmula de interpolación lineal.

- **Caso 1:** Utilizando la Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo) mostrada en la Figura 24

Figura 25

Batería 3S ZOP Power 3000 mAh



Nota. Adaptado de Banggood, (s/f), https://es.banggood.com/ZOP-Power-11_1V-3000mAh-15-or-30C-3S-Long-Range-Li-ion-Battery-XT60-Plug-for-FPV-RC-Racing-Drone-p-1790130.html?cur_warehouse=CN

Tabla 27

Valores de corriente, empuje y peso para Caso 1

Batería	Propelas (hélices)	Voltaje (V)	Masa Unitaria por propulsor	Masa Total	Corriente (A)	Empuje
Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo)	GF 3040	11,1	69,75	279	1	51
	BN 3"				3	119

Nota. La tabla 27 muestra los datos de masa obtenidos para el Caso 1 más los datos de corriente y empuje del fabricante del motor del Anexo 1, elaborado por el autor.

Tabla 28

Cálculo de flujo de corriente específica para la batería 3S 3000mAh.

Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo)		
Tipo de motor	Amperaje (A)	Empuje (gF)
	1 (X_1)	51 (Y_1)
Emax RS3300 kv	A_x (X_0)	69.75 (Y_0)
	3 (X_2)	119 (Y_2)

Nota. La Tabla 28 se obtiene tomando en cuenta el valor unitario de la masa como se verifica con la tabla del Anexo 1 y masa unitaria de la Tabla 27, a estos valores se aplica la fórmula de interpolación lineal para el cálculo de flujo de corriente específica, elaborado por el autor.

Utilizando el método de interpolación se despeja A_x como se muestra a continuación:

$$\frac{X_1 - X_0}{X_1 - X_2} = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_1 - Y_2} \quad (\text{Interpolación lineal}) \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$\frac{1 - A_x}{1 - 3} = \frac{51 - 69,75}{51 - 119}$$

$$A_x = 1,58 A \quad (\text{Despejando } A_x)$$

Para el consumo total de energía se multiplicará el amperaje obtenido (A_x) por el número de propulsores, como se muestra a continuación:

$$A_{total} = A_x * 4 \quad [\text{Ec. 4}]$$

$$A_{total} = 1,58 A * 4$$

$$A_{total} = 6,32 A \quad (\text{Consumo total de energía})$$

El resultado del flujo de corriente o consumo total es de 6.32 A.

Tabla 29

Relación tiempo vs consumo de amperaje de batería 3S 3000mAh

Tiempo (hr)	Amperios
1	3 A
0.5	6 A
0.25 (15 minutos)	X

Nota. Para los datos de la Tabla 29 se considera que la batería de tres celdas tiene 3 amperios en el lapso de tiempo de una hora, con este dato se puede calcular el amperaje en 15 minutos o cuarto de hora.

En base a la capacidad de corriente que posee la batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo) se determina el tiempo de vuelo mediante el siguiente cálculo tomando en cuenta los valores de la Tabla 29.

$$0.5 h * 6 A = 0,25 * X$$
$$x = 12 A$$

El amperaje que entregan las baterías del *Caso I* durante los 15 minutos es de 12A y el amperaje en total que se va a consumir es de 6,32A, por lo que se puede utilizar la fórmula de interpolación lineal para determinar el tiempo exacto de duración de la batería:

Tabla 30

Cálculo de flujo de corriente específico para una batería de 3S 3000mAh

Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo)		
Tipo de motor	Corriente (A)	Tiempo (minutos)
	6 (X_1)	30 (Y_1)
Emax RS3300 kv	6.32 (X_0)	T_v (Y_0)
	12 (X_2)	15 (Y_2)

Nota. La Tabla 30 se obtiene tomando en cuenta el valor unitario de la corriente como verifica con la tabla del Anexo 1 y con el resultado de la ecuación 4, a estos valores se

aplica la fórmula de interpolación lineal para el cálculo del tiempo de vuelo, elaborado por el autor.

Utilizando el método de interpolación se despeja T_v como se muestra a continuación:

$$\frac{X_1 - X_0}{X_1 - X_2} = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_1 - Y_2} \quad (\text{Interpolación lineal}) \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$\frac{30 - T_v}{30 - 15} = \frac{6 - 6,32}{6 - 12}$$

$$T_v = 29,2 \text{ minutos}$$

Finalmente, el resultado de tiempo de vuelo es de 29.2 minutos con un consumo de corriente de 6,32 A.

- **Caso 2:** Utilizando la Batería 4S (ZOP Power 14.8V 2200mAh 60C Lipo) mostrada en la Figura 25.

Figura 26

Batería 4S 2200mAh



Nota. Adaptado de Banggood, *ZOP Power 7.4V 2200mAh 60C 2S Lipo Batería XT60 Enchufe para RC Drone*, (s/f), https://es.banggood.com/ZOP-Power-7_4V-2200mAh-60C-2S-Lipo-Battery-XT60-Plug-for-RC-Drone-p-1655151.html?cur_warehouse=CN

Tabla 31

Valores de corriente, empuje y peso para Caso 2

Batería	Propelas (hélices)	Voltaje (V)	Masa Unitaria/propulsor	Masa Total	Corriente (A)	Empuje
Batería 4S (ZOP Power 14.8V 2200mAh 60C Lipo)	GF 3040 BN 3"	14,8	86,03	344,1	1	43
					3	102

Nota. En la Tabla 31 se realizar el cálculo de consumo de energía con los datos de masa obtenidos para el Caso 2 y los datos del fabricante del motor del Anexo 1.

Considerando el valor unitario de la masa se verifica con la tabla del Anexo 1 y este valor se aplica la fórmula de interpolación lineal el cálculo de flujo de corriente específica se tiene el siguiente cuadro de la Tabla 32:

Tabla 32

Cálculo de flujo de corriente específico para una batería de 4S 2200mAh.

Batería 4S (ZOP Power 14.8V 2200mAh 60C Lipo)		
Tipo de motor	Amperaje (A)	Empuje (G)
Emax RS1306 3300kv	1 (X_1)	43 (Y_1)
	A_x (X_0)	87.30 (Y_0)
	3 (X_2)	102 (Y_2)

Nota. La Tabla 31 se obtiene tomando en cuenta el valor unitario de la masa como se verifica con la tabla del Anexo 1 y con el valor de la masa unitaria de la Tabla 31, a estos valores se aplica la fórmula de interpolación lineal el cálculo de flujo de corriente específica, elaborado por el autor.

Utilizando el método de interpolación se despeja A_x como se muestra a continuación:

$$\frac{X_1 - X_0}{X_1 - X_2} = \frac{Y_1 - Y_0}{Y_1 - Y_2} \quad (\text{Interpolación lineal}) \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$\frac{1 - Ax}{1 - 3} = \frac{43 - 102}{43 - 87,30}$$

$$A_x = 2,5 \text{ A}$$

$$A_{total} = 2,5 * 4 \quad [\text{Ec. 4}]$$

$$A_{total} = 10 \text{ A (Consumo total de energía)}$$

El resultado del flujo de corriente o consumo total por los 4 propulsores es de 10 A para el *Caso 2*.

Ahora en base a la capacidad de corriente que posee la batería 4S (ZOP Power 14.8V 2200mAh 60C Lipo) se procede a determinar el tiempo de vuelo mediante el siguiente cálculo tomando en cuenta los valores de la Tabla 33.

Tabla 33

Relación tiempo vs consumo de amperaje de batería 4S 2200mAh

Tiempo (hr)	Amperios
1	2.2 A
0.5	4.4 A
0.25 (15 Minutos)	X

Nota. Los datos de la Tabla 33 se considera que la batería de cuatro celdas tiene 2.2 amperios en el lapso de tiempo de una hora, con este dato se puede calcular el amperaje en 15 minutos o cuarto de hora.

Se realiza una regla de 3 inversa para despejar X como se muestra a continuación:

$$0.5 \text{ h} * 4,4 \text{ A} = 0,25 * X$$

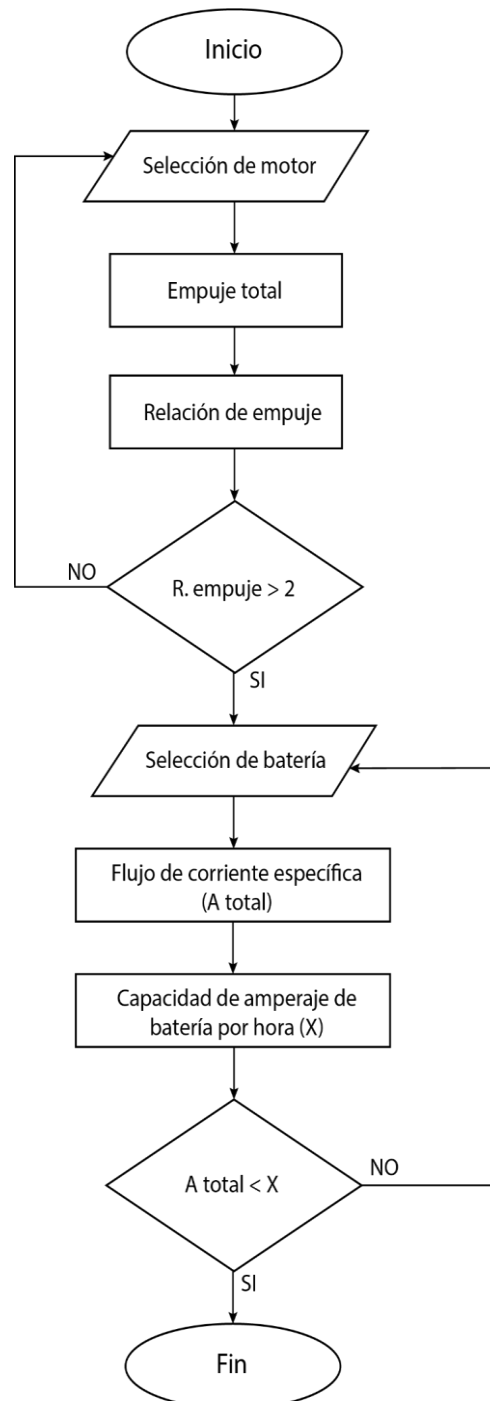
$$x = 8,8 \text{ A}$$

El amperaje que entregan las baterías del *Caso 2* durante los 15 minutos es de 8.8A y el amperaje en total que se va a consumir es de 10 A, por lo que se puede concluir que el tiempo de vuelo con este tipo de batería va a ser inferior a los 15 minutos lo que hace inviable su utilización.

Finalmente se realiza el proceso de verificación de los cálculos a través del diagrama de flujo para el Caso 1, Caso 2 y Caso 3 y los resultados demuestran que la batería que sí cumpliría con los requerimientos, tanto de tener un valor mayor a 2 para la relación total de empuje y que el consumo total de corriente por los 4 motores (A_{total}) sea superior al consumo de amperaje que la batería puede entregar en un tiempo mínimo de vuelo es la del **Caso 1: Batería 3S (ZOP) Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo**, debido a que la energía es suficiente para alcanzar un tiempo de vuelo de 29.2 minutos.

Figura 27

Diagrama de flujo para la determinación de batería adecuada para dron.



Nota. La Figura 27 se muestra el diagrama de flujo, donde se recoge todo el proceso desde la selección de motor, cálculos de la relación total de empuje y validación con las características para conseguir una autonomía de vuelo igual o semejante a los drones comerciales de gama media.

Hélices – Propulsores

Las hélices al girar proporcionan el empuje para que el dron se eleve, normalmente están hechas de un material resistente. Cuanto mayor sea el aire que consigue mover la hélice mayor será el empuje. Las hélices vienen con distintos diámetros y ángulos de pala.

En base a las características técnicas del motor Emax RS1306 el fabricante recomienda las hélices EMAX AVAN3024, este tipo de hélices son las más adecuadas para generar la fuerza de empuje de 672 gf detallada en los cálculos preliminares. Estas son hélices tripalas (3 aspas) de 3” de diámetro con un peso de 0.43gr c/u y son elaboradas en material de policarbonato de alta resistencia, diseño aerodinámico compuesto para máxima eficiencia, con gran resistencia a golpes y rendimiento de resistencia a colisiones. como se muestra en la Figura 28.

Figura 28

Hélices tripalas 3”



Nota. Adaptado de Amazon, *EMAX Avan Flow Hélices de 3 aspas 4 CW+4 CCW para RC FPV Drone Quadcopter, Rojo y transparente*, (s/f), <https://www.amazon.com/-/es/H%C3%A9lices-aspas-Drone-Quadcopter-transparente/dp/B07D6PCBBM>

Modelado 3D

Una vez analizados los criterios de diseño y seleccionados los componentes se realiza el diseño del chasis, se toma en consideración los requerimientos del cliente y requerimientos técnicos.

Inicialmente se ha considerado usar una configuración de un multicoptero de 4 hélices mostrado en la Figura 29, con la ubicación de los ejes de los motores lo más cercanos posibles a su centro de masa, para garantizar la estabilidad del dron, tener una mejor maniobrabilidad para optimizar el tiempo de vuelo. Además, esta configuración permite una capacidad de carga suficiente para sostener una cámara de video.

Se ha diseñado un cuerpo curvo con un grado elemental de diseño aerodinámico para reducir la resistencia al aire y generar un menor consumo de energía, con los parámetros realizados en el modelo propuesto en el curso de Autodesk – Fusion360. (Autodesk, 2022)

Figura 29

Configuración quadcóptero



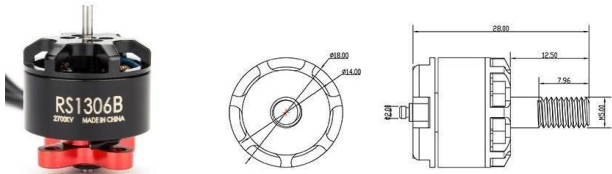
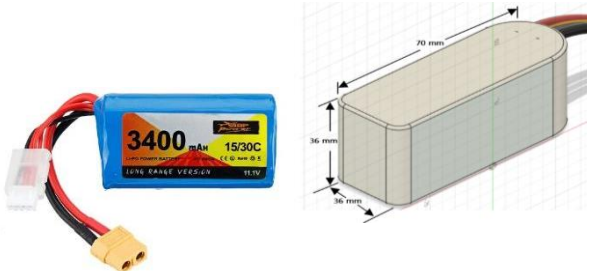
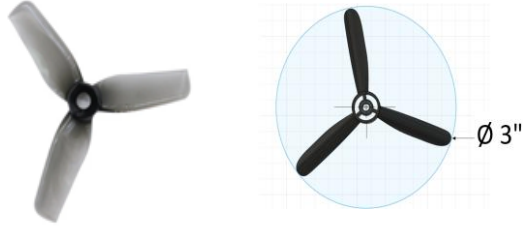

Nota. Adaptado de *Control de Posicionamiento de un Cuadricóptero*, por Aitor Cortés Sáez, 2015, Universidad Politécnica de Valencia, <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55285/CORT%C3%89S%20-%20Control%20de%20Posicionamiento%20de%20un%20Cuadric%C3%B3ptero.pdf?ssequence=2>.

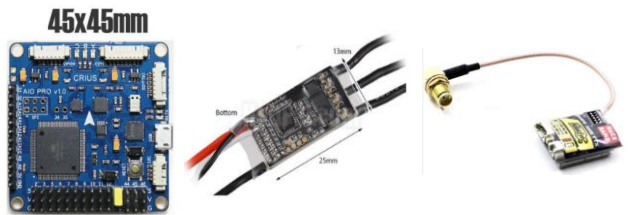
Geometría y dimensiones de los componentes para diseñar el chasis

El diseño del chasis corresponde a seleccionar la ubicación de los diferentes componentes mecánicos que estarán sujetos al chasis del dron, en particular se da prioridad a la ubicación de los elementos más importantes como se muestra en la siguiente Tabla 34, los cuales son: batería, hélices y motores, así como también se consideró la ubicación de la cámara y los componentes electrónicos.

Tabla 34

Lista de partes y sus dimensiones

LISTA DE PARTES Y SUS DIMENSIONES			
Parte	Modelo	Dimensiones	Imagen
Motor	EMAX RS1306 3300kv	18*28 mm	
Batería	Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mA h 30C Lipo	36 * 36 * 70 mm	
Hélices	EMAX AVAN3 024	Ø 3"	
Cámara ^a	700tvl NTSC 1020 H 508 V CMOS mini FPV	14 mm * 14 mm * 16 mm	

Componentes electrónicos	Controlador de vuelo / ESC o variadores / Transmisión de video	
--------------------------	--	--

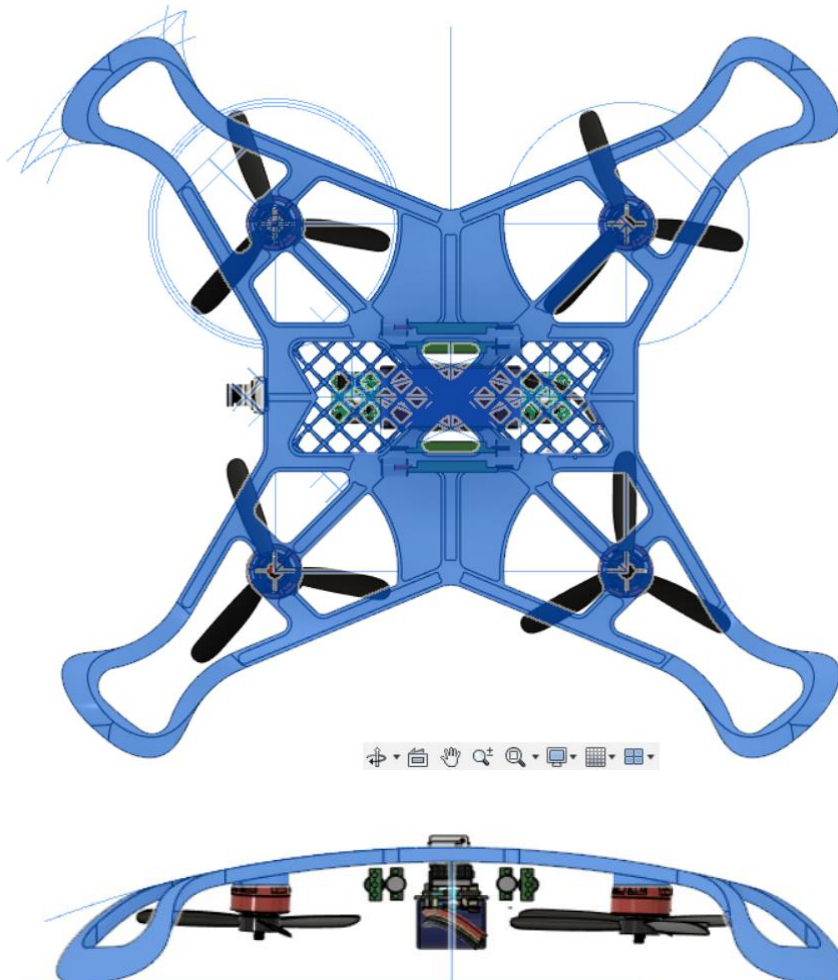
Nota. En la Tabla 34 se encuentra el listado de partes que recomiendan instalar en el chasis diseñado, las dimensiones e imágenes de cada una sirve para poder simular en el programa Fusion 360 y tener un diseño apropiado a las medidas que se requiere.

- a. Tomado de Modeltronic, *Micro Cámara FPV EOS2 1200TVL CMOS NTSC/PAL Global lente 2.1mm*, (s/f), <https://www.modeltronic.es/micro-camara-fpv-eos2-1200tvl-cmos-ntscpal-global-lente-21mm-p-22247.html>

Para lograr un diseño de configuración completo se modelaron los elementos de la Tabla 34, que soporta el chasis mediante bloques que simulan el volumen y la ubicación de cada elemento Figura 30. Dicho diseño de configuración completo se muestra en la Figura 33, donde se puede observar el volumen ocupado y la ubicación del motor, batería, hélices y demás componentes.

Figura 30

Chasis del dron vista lateral y vista superior

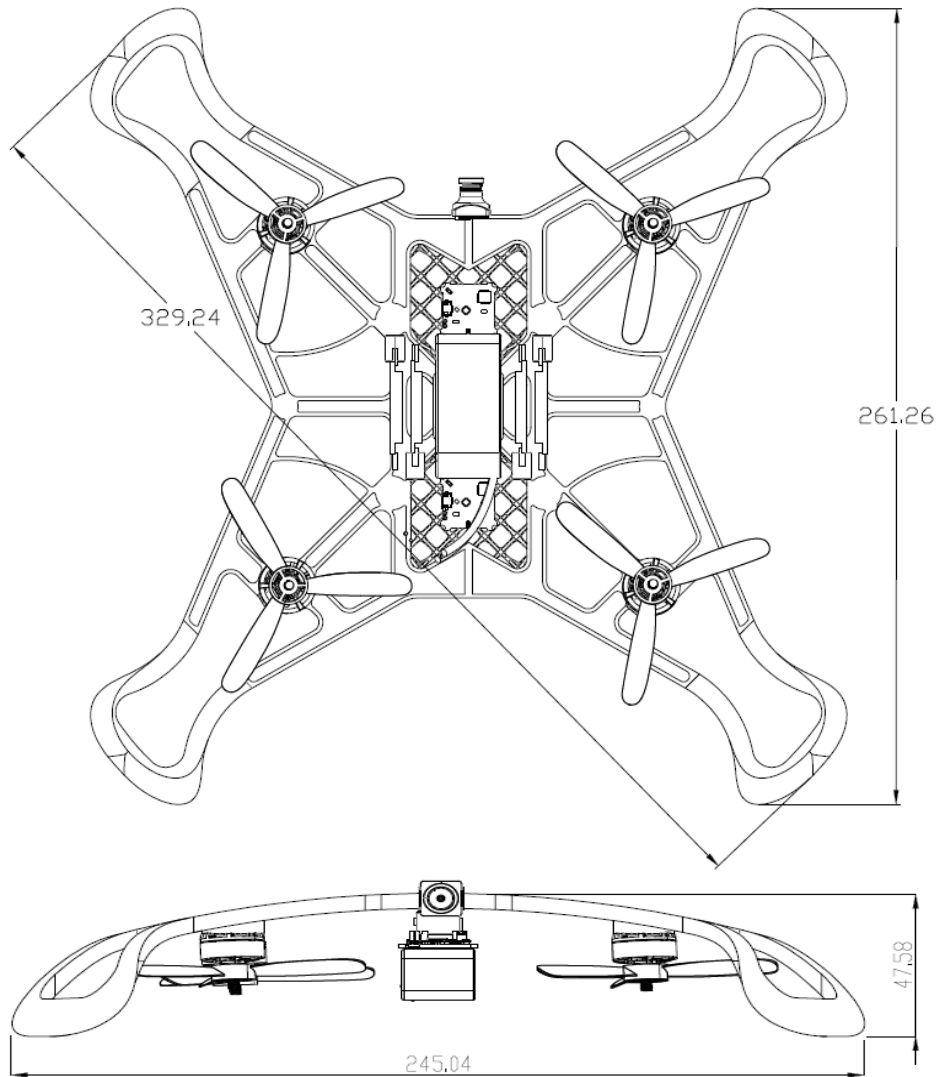


Nota. En la figura 30 se encuentra simulado el chasis con los componentes: hélices, batería, motores, cámara, componentes electrónicos, diseñado en el Programa Fusion360, elaborado por el autor.

El tamaño del dron se ha considerado que sea lo más compacto posible para que pueda encapsular todos los componentes electrónicos y que no supere un área de 650 cm^2 , De esta manera, se ha podido definir que el diseño debe mantener dimensiones específicas de 245.04 mm de ancho por 261.26 mm de largo, como se muestra en la Figura 33.

Figura 31

Chasis del dron vista superior y lateral con dimensiones

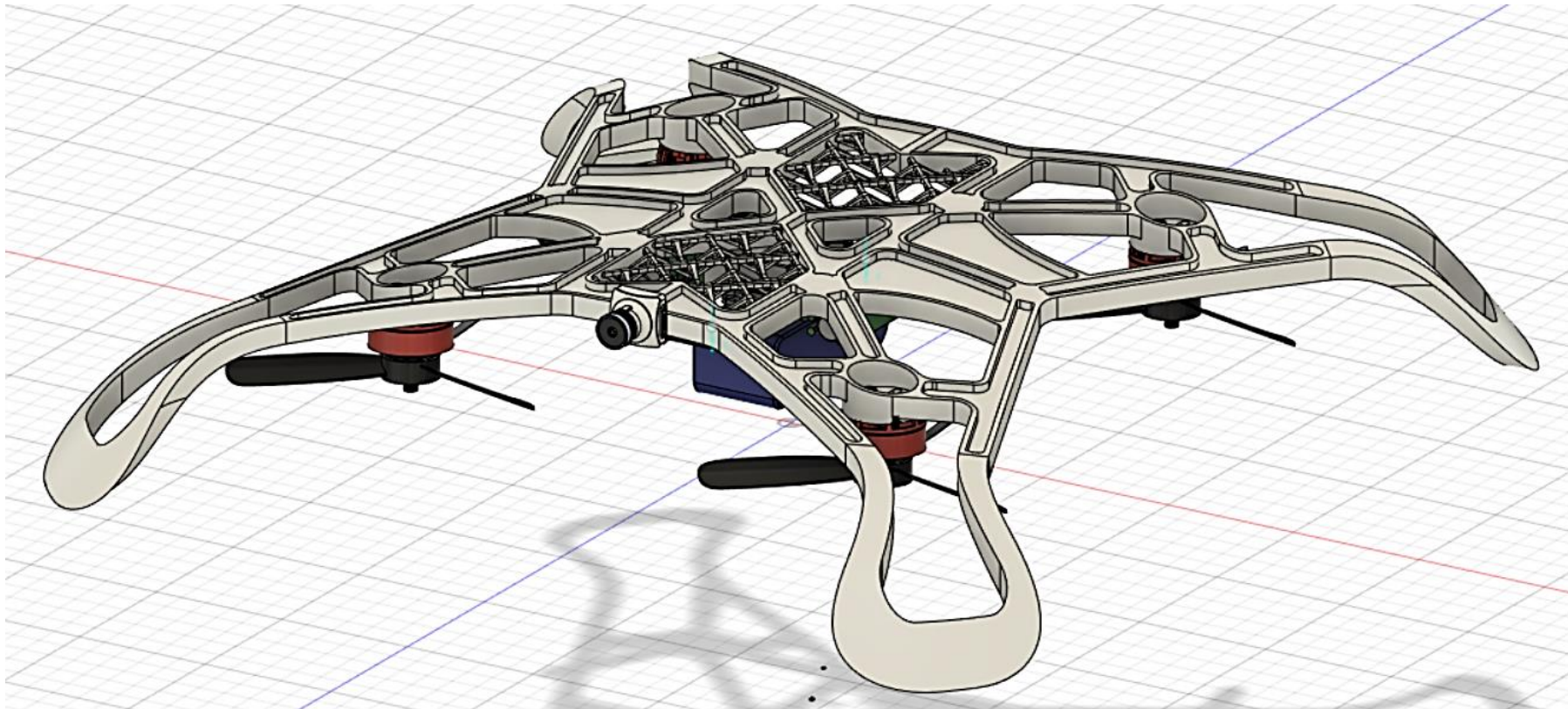


Nota. En la figura 31 se observa las medidas de largo, ancho y altura del chasis del dron, realizado en el Programa Fusion360, elaborado por el autor.

La estructura está formada por una disposición en cruz en la cual los motores se encuentran lo más cerca posible del centro de masa del dron, de esta manera se obtiene estabilidad y maniobrabilidad, fácil transporte y almacenamiento. La parte central de la estructura consta de una malla para acoplar la tarjeta de control de vuelo, conexión de motores, batería y cámara de video.

Figura 32

Chasis del dron con componentes

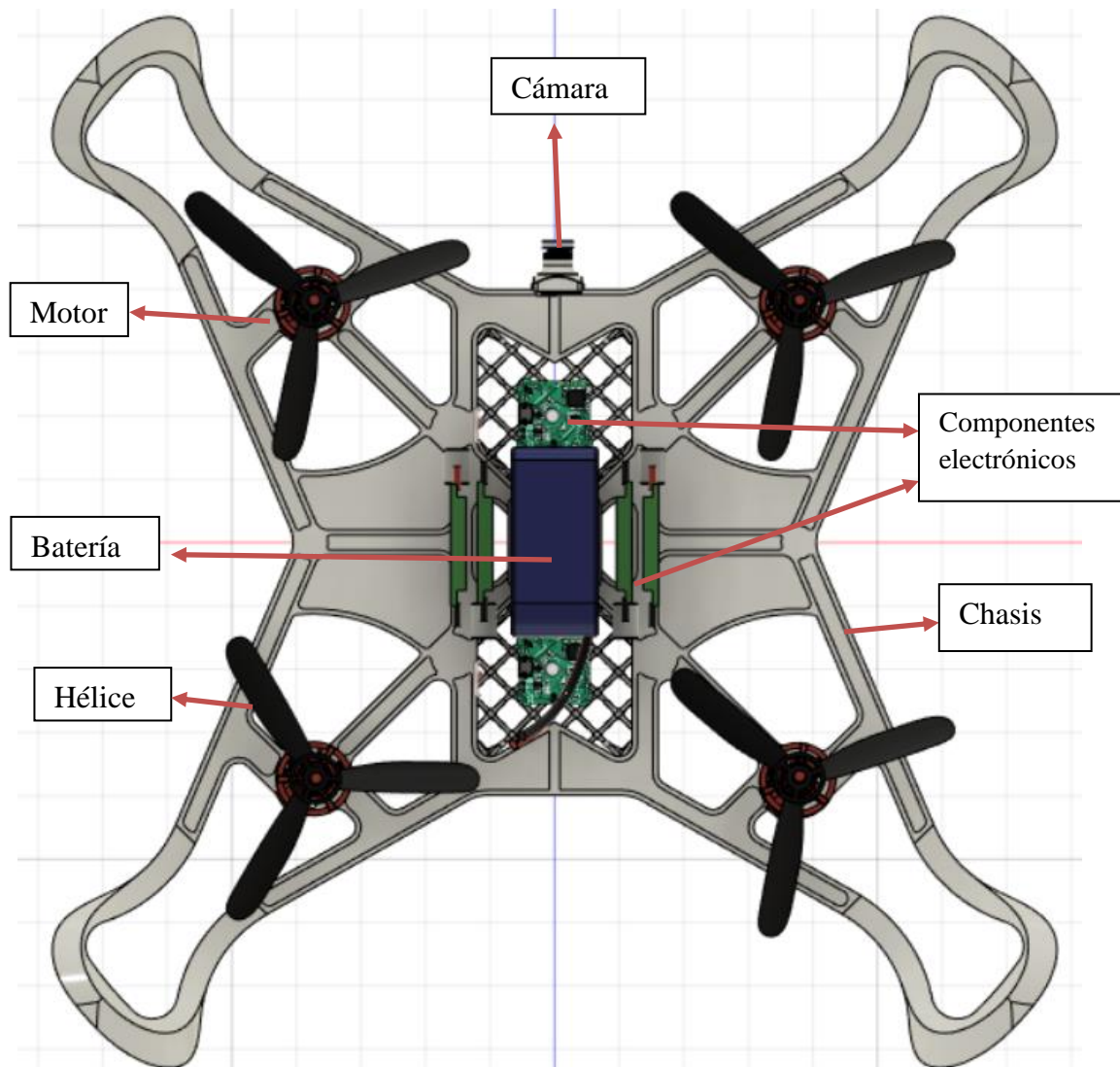


Nota. En la Figura 32 se observa en diseño del chasis y sus componentes en 3D, diseñado en el programa Fusión 360, elaborado por el autor.

Las partes del dron se pueden desmontar y volver a montar en el caso de que algún componente se dañe, como se muestra en la Figura 33 y Anexo 5.

Figura 33

Dron con sus componentes



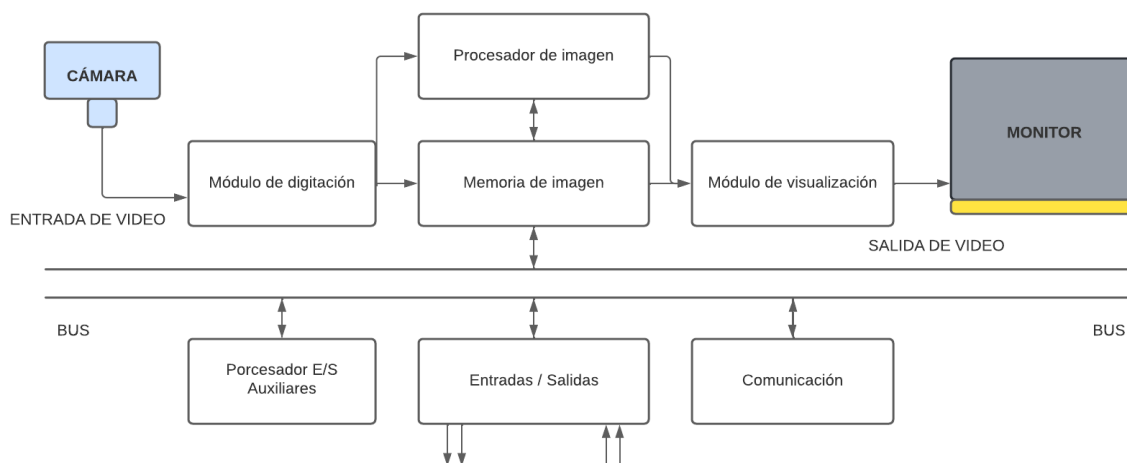
Nota. La figura 33 se observa el chasis del dron con sus componentes en una vista inferior, realizado en el Programa Fusion360, elaborado por el autor.

Digitación del inventario

Para la digitación del inventario se lo haría por medio de la cámara, la cual realizaría la lectura de datos, los cuales serían tomados por el sistema de ingreso, el cual conecta a un módulo de la digitalización donde se lleva los datos por medio de los procesadores auxiliares que paralelamente transforman los datos en la memoria del dispositivo de imágenes, los cuales son reproducidos por medio de un modelo de visualización que transporta la información a un monitor convertida en datos. (Fernández Fernández, 2015, pág. 8)

Figura 34

Diagrama de bloques de digitación de inventario



Nota. En la Figura 34 se puede visualizar el diagrama para la digitación de inventario, por Visión Artificial, (Artificial, 2012, pág. 6), elaborado por el autor.

De la Figura 34 se definen los siguientes conceptos:

- **Módulo de digitalización.-** Convierte la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital (para su posterior procesamiento).
- **Memoria de imagen.-** Almacena la señal procedente del módulo de digitalización.

- **Módulo de visualización.-** Convierte la señal digital residente en memoria, en señal de vídeo analógica para poder ser visualizada en el monitor de TV.
- **Procesador de imagen.** Procesa e interpreta las imágenes captadas por la cámara.
- **Módulo de entradas/salidas.-** Gestiona la entrada de sincronismo de captación de imagen y las salidas de control que actúan sobre dispositivos externos en función del resultado de la inspección. (Artificial, 2012, pág. 6)

Códigos QR y códigos de barras

Los códigos QR fueron fundados en 1994 por Denso Wave, subsidiaria de Toyota, y su nombre viene del inglés Quick response, que significa respuesta rápida, los códigos QR son muy populares en Japón, con la aparición y la popularización de los Smartphones y tablets, han sido cada vez más populares. (Ecuador Verifica, 2022, párrafo primero)

QR se ha realizado, con el fin de rotular de forma inmediata y eficiente los productos, por su estructura y diseño este código no ocupan mayor espacio dentro de la unidad de empaque y permite catalogar e identificar mayores caracteres que un código de barrar normal, tiene una mayor resistencia reduciendo en 30% la posibilidad de daños referente a los códigos de barras que solo pueden ser leídos de izquierda a derecha los Códigos QR se identifican en cualquier origen y dirección, un código QR se encuentra en la capacidad de almacenar más de 2000 caracteres. (Información Digital, 2020)

El código de barras es un código universal que está formado por una serie de líneas verticales escaneables (y, en ocasiones, también por números), se usa para identificar un producto. Cada artículo vendido y sus respectivas variaciones —como tamaños, colores, etcétera— tienen un código de barras único. (Reyes, 2022, párrafo tercero)

Entre los principales beneficios que tiene el uso de los códigos QR y de barras se encuentran:

- Identificar el aumento y la caída de las ventas de los productos
- Hacer un seguimiento de inventario y contabilizar las piezas
- Facilitar el cobro en tiendas físicas
- Agilizar procesos de distribución y almacenamiento
- Mejorar el registro de las ventas
- Identificar piezas faltantes (posibles robos o pérdidas)

Ruta de visualización

El mapa de la ruta que se hace en la bodega donde se encuentran los productos y sus ubicaciones en las estanterías, teniendo presente que todos los recursos a inventariar cuenten con una etiqueta QR o códigos de barra legible y en perfectas condiciones. Estas etiquetas tienen que hallarse en la parte frontal continuamente visibles y sin barreras o productos que obstaculicen la lectura de esta.

La actividad de recepción y procesamiento de video en vivo y en directo, por medio de la cámara del dron la cual se transmitirá a un servidor configurado con el servicio de streaming, para la recepción y almacenamiento de la transmisión. Esta información será procesada por un software el cual cumplirá con la identificación y transformación de los datos, así como de la localización de los productos a inventariar, a través de un algoritmo que interprete los códigos QR o de barras obtenidos en la transmisión de video.

Procesamiento de datos

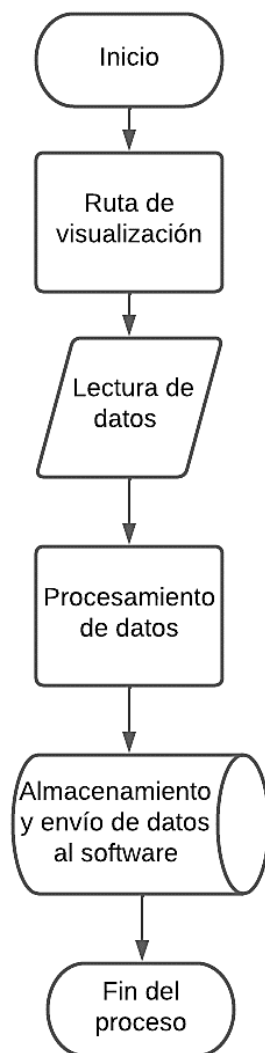
La transmisión de video del dron es visualizar a través de un navegador web sobre el cual se carga un desarrollo frontend interactuando del lado del cliente. Con este desarrollo el usuario estará visualizando las lecturas en línea de los códigos QR o de barras que contiene la información de cada uno de los objetos identificados en pantalla mientras que al mismo tiempo se almacenan en un archivo plano nombrado con la fecha y la hora del proceso en un web service para su respectiva transmisión y almacenamiento. (Lara Barrera et al, 2020, pág. 49)

Almacenamiento de datos

Es la operación de procesamiento del archivo plano generado por el proceso backend en el servidor de lógica, este archivo plano tiene almacenado los datos interpretados de los códigos QR o de barras en una estructura por línea, separados por punto y coma para cada uno de los códigos QR o de barras. Estos archivos son procesados por un web service y son enviados a los sistemas de información de las empresas a través de un proceso de interoperabilidad, con esto se completa la trazabilidad de la información para ser administrada y consultada por quien se asigne en las áreas administrativas y logísticas de la operación. (Lara Barrera et al, 2020, pág. 50)

Figura 35

Diagrama de procesos toma de inventario del dron



Nota. En la Figura 35 se puede visualizar los pasos que se realizaría al utilizar el dron para la toma de inventarios, elaborado por el autor.

RESULTADOS ESPERADOS

En el ámbito presente que es cada vez más competitivo y con menores márgenes, las empresas buscan una y otra vez posibilidades de mejora para ser más competitivas. De manera que, son cada vez más conscientes del valor que tiene la administración de almacén (y la administración de la logística en general) como parte importante al momento de ofertar más valor a sus consumidores y minimizar costos.

Para poder realizar un análisis adecuado fue necesario conocer la problemática de la empresa, por lo se utilizaron herramientas de la calidad: diagrama de Ishikawa y diagrama QFD (Casa de la Calidad), esta información permitió identificar los aspectos más importantes considerados por el cliente. De igual manera, se realizó un análisis de cada componente del dron y se hizo la selección con matrices de priorización de los componentes, teniendo como resultado los elementos que se van a usar en el dron y en base a estos realizar un diseño adecuado del chasis del dron.

Luego de esto se puede puntualizar los siguientes resultados esperados:

- En primer lugar, que el diseño del chasis del dron cumpla con los criterios solicitados por el cliente, para así, en el caso de que se realice la implementación de esta tecnología, se adapte a las necesidades de la empresa Casa del Ruliman del Ecuador S.A. sucursal Quito ya que esta el dron permitirá acortar los tiempos operativos, este podrá realizar el conteo del inventario accediendo rápidamente a las todas las estanterías incluso lugares de difícil acceso o estanterías altas, beneficiaría en la reducción de errores humanos al leer, interpretar y sistematizar la información; los costos que se generaban realizar el inventario en 3 o 5 días con 20 personas aproximadamente, se reduciría y no sería necesario cerrar la empresas esos días, lo cual generará un ahorro y flujo constante confiable y conciso en las áreas de la organización, cumpliendo así lo detallado en la Tabla 6.
- En segundo lugar, disminuir los gastos que conlleva la logística, demostrando los beneficios económicos al automatizar este proceso, con óptimo efecto en los sistemas gestión de la salud y de seguridad en el lugar de trabajo, al disminuir los peligros que poseen los operadores al efectuar de manera tradicional un proceso

de inventario, así como reflejando los efectos en el sistema de calidad, con el fin de mejora continua de los procesos y mejorar en consecuencia la satisfacción del cliente.

- Que el modelo permita facilitar la toma de decisiones generando confiabilidad al automatizar la información de los datos registrados y logrados mediante de la disposición de un programa, tanto para computadora como para celular, específicamente para la captura inequívoca de los datos. Con esto se espera expandir la productividad, estratégicas y viabilidad a desarrollar para producir un modelo para la toma de inventarios mediante la utilización de herramientas tecnológicas de la industria 4.0., garantizando la trazabilidad de la información para ser consultada y administrada.
- Como punto final, que los drones para logística puedan ser implementados en las diferentes industrias del territorio ecuatoriano, al tener una oportuna atención en la administración de inventarios en de los procesos logísticos e incidencia en el impacto al consumidor, debido a que hay organizaciones que poseen enormes necesidades de implementar herramientas tecnológicas que mejoren su competitividad y simultáneamente generen una disminución en los costos. Esto dejará flujos de cajas eficientes y efectivos, además de contribuir al desarrollo tecnológico y social del país.

Análisis del mejoramiento de tiempos

Se va a comparar el tiempo de conteo que se demoró un colaborador con supervisión del analista de inventario que fue de 603 minutos, realizado en la Figura 11, con el tiempo aproximado que se demoraría en dron en realizar el inventario en la misma percha de los rodamientos de la marca Fag y así verificar si existe un aumento de productividad.

Cálculo de la velocidad del dron

Por lo resultados obtenidos en la selección de batería se tiene que el tiempo de vuelo con una batería 3S (ZOP) Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo es de 29.2 minutos aproximadamente. Para calcular la velocidad se realiza una comparación la información

proporcionada por Airvant, empresa donde actualmente se utilizan drones para realizar el conteo del inventario e indica que, en términos de rendimiento, las primeras asignaciones realizadas en tiempo real, en un almacén de 10 000 m² permiten estimar el tiempo de inventario en menos de tres horas en lugar de uno o dos días que solía tomar. (DeltraDrone, 2020)

Datos:

- $D_a = 10\ 000\ m^2$ = Distancia del dron recorrida en Airvant
- $T_a = 3$ horas ó 180 minutos = Tiempo que se demora el dron de Airvant
- V_a = Velocidad del dron de Airvant
- $T_d = 29.2$ minutos = Tiempo de vuelo del dron diseñado
- $D_d = 42\ m^2$ = Distancia que recorre el dron en una percha de 15 x 2,8 metros
- V_d = Velocidad del dron del dron diseñado

Cálculo la velocidad del dron de Airvant:

$$Velocidad = \frac{distancia}{tiempo} \quad [Ec. 5]$$

$$V_a = \frac{D_a}{T_a}$$

$$V_a = \frac{10\ 000\ m^2}{180\ minutos}$$

$$V_a = 55.6 \frac{m^2}{minutos}$$

Comparación del dron de Airvan con el dron diseñado para calcular la velocidad aproximada.

Distancia (m ²)	Velocidad ($\frac{m^2}{minutos}$)
10000 (D _a)	55.6 (V _a)
42 (D _d)	V _d

$$V_d = \frac{55.6 \frac{m^2}{minutos} * 42\ m^2}{10000\ m^2} \quad (\text{Despejando } V_d \text{ por regla de 3 simple})$$

$$V_d = 2.33 \frac{m^2}{minutos}$$

Una vez que se conoce la velocidad aproximada del dron se puede calcular el tiempo que se demoraría realizar el conteo en la percha de los rodamientos Fag.

Cálculo del tiempo

$$Tiempo = \frac{distancia}{Velocidad} \quad [Ec. 5]$$

$$T_d = \frac{D_d}{V_d}$$

$$T_d = \frac{42 \text{ m}^2}{2.33 \frac{\text{m}^2}{minutos}}$$

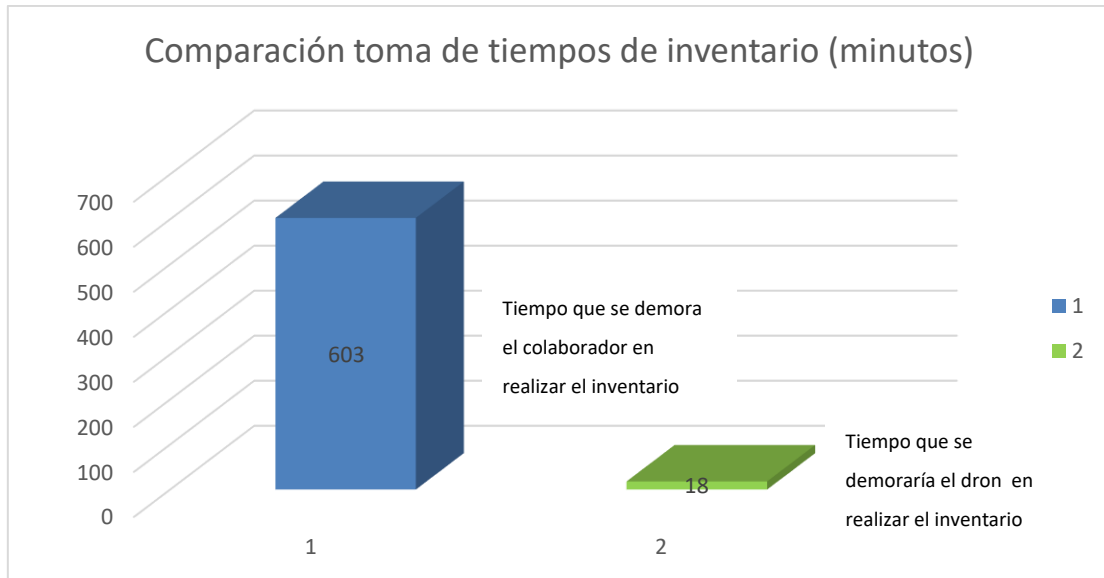
$$T_d = 18 \text{ minutos}$$

Comparación de resultados

Con los resultados obtenidos se puede realizar una comparación del tiempo que toma en realizar el proceso de inventario en una de las perchas del conteo de productos del colaborador que es de 603 minutos, con el tiempo que le tomaría al dron realizar el conteo 18 minutos, Figura 34. Entonces se puede confirmar que existe una considerable reducción de tiempo, lo cual beneficiaría a la empresa.

Figura 36

Comparación toma de tiempos de inventario



Nota. En la Figura 36 se comparó el tiempo que le tomó realizar el inventario de una de las perchas de la bodega al colaborador de la empresa vs. el tiempo que se demoraría el dron en realizar el inventario de la percha, elaborado por el autor.

En la Figura 11 se realizó el Diagrama de análisis de procesos donde se detallaban los 17 pasos para el conteo de la percha con productos de marca Fag, con la implementación del dron se estaría reemplazando las actividades de la 2 a la 11, la 13, 14 y 17, teniendo así una reducción de tiempo estimada de 531 minutos. En el nuevo diagrama de procesos de la Figura 37, se puede verificar que el tiempo para realizar el inventario, teniendo así 36 minutos aproximadamente en realizar todo el proceso de inventario.

Figura 37

Diagrama estimado de análisis de procesos con la implementación del dron

		DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS					Código	Página 1/1
							Elaborado	Tania Manrique
							Fecha	Febrero 2022
Empresa: Casa del Rulimán del Ecuador S.A.		Resumen						
Lugar: Área de logística		Evento		TOTAL GENERAL	Comentarios: Para el cálculo se tomó			
Actividad: Conteo de inventario sucursal Quito		OPERACIÓN O ACTIVIDAD		6	en cuenta el trabajo que se realizaría con el			
Fecha: Febrero 2022		INSPECCIÓN		1	dron con un tiempo de 18 minutos			
El diagrama termina en: Stock marca Fag		TRANSPORTE		1	aproximado para el conteo de la percha			
Metodo Propuesto		RETRASO O DEMORA		0	con productos marca Fag			
Elaborado: Tania Manrique Vera		ALMACENAMIENTO		1				
		TIEMPO		36	TIEMPO TOTAL (MIN)			
Pasos	DESCRIPCION	OPERACIÓN O ACTIVIDAD	INSPECCIÓN	TRANSPORTE	RETRASO O DEMORA	ALMACENAMIENTO	TIEMPO	OBSERVACIONES
	INICIO DEL PROCESO	○	□	→	D	▽	min	
1	Analista realiza apertura de la toma física	○	□				1	
2	Realizar con coteo y envío de información al software	○		→			18	Actividad realizada con el dron
3	Realizar reporte con los resultados del conteo	○					5	
4	Realizar reporte de diferencias finales	○					5	
5	Enviar y archivar los resultados obtenidos del inventario	○				▽	5	
6	El analista de inventario realiza el cierre del conteo.	○					2	
TOTALES		6	1	1	0	1	36	

Nota. En la Figura 37 se puede visualizar el proceso aproximado que realizaría el dron y el analista de bodega, como resultado se obtiene el tiempo total estimado de 36 minutos en realizar todo el proceso.

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Se realiza el cronograma de la propuesta, donde se iniciará la implementación del dron en el área de logística de la empresa Casa del Ruliman del Ecuador S.A., se puede visualizar el tiempo aproximado para realizar el proyecto hasta su implantación.

Tabla 35

Desarrollo de implementación de la propuesta

ACTIVIDAD	Desarrollo de la propuesta
Presentación de la propuesta dron para implementar en el área de logística	Presentar a la Alta Gerencia y personal técnico la propuesta de la implementación del dron para inventarios.
Presentación del Software para códigos QR y códigos de barras	Presentar el software de la del dron para inventarios.
Aprobación del proyecto en la empresa	Aceptación del proyecto por parte de la empresa y se inicia con los pasos para la ejecución de la propuesta.
Orden de compra	Solicitar el pedido de compra y financiamiento.
Impresión del chasis	Se realiza la impresión del chasis en 3D.
Adquisición de componentes	Importación de los componentes del dron.
Etiquetado de productos	Etiquetado de los productos de las perchas, con códigos de barra o códigos QR.
Instalación del dron y los componentes	Armar del dron con sus componentes.
Instalación del Software	Instalar el software y se realizar pruebas de funcionamiento
Entrega del drone	Entrega del dron al Jefe de bodega, quien será el encargado y responsable.

Capacitación del personal	Capacitar a los colaboradores que realizarán el proceso de inventario con el dron
Verificación del proceso operativo de la propuesta	Se realizarán pruebas de todo el proceso y verificar que no haya errores.
Seguimiento bimensual de la propuesta	Se realizará un seguimiento continuo

Nota. En la Tabla 35 se detallan las actividades para realizar para implementar la propuesta, elaborado por el autor.

Tabla 36

Cronograma de implementación de la propuesta

ACTIVIDAD	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Presentación de la propuesta dron para implementar en el área de logística	█	█	█													
Presentación del Software, propuesta de etiquetado con códigos QR y códigos de barras	█	█	█													
Aprobación del proyecto en la empresa	█	█	█													
Orden de compra	█	█	█													
Impresión del chasis																
Adquisición de componentes	█	█	█	█	█	█	█	█								
Etiquetado de productos		█	█	█	█	█	█	█								
Instalación del dron y los componentes						█	█									
Instalación del Software							█	█	█	█						
Entrega del dron									█	█						
Capacitación del personal									█	█						
Verificación del proceso operativo de la propuesta										█	█	█				
Seguimiento bimensual de la propuesta											█	█	█	█	█	█

Nota. Se realizará el diagrama Gantt con las actividades antes trazadas, se señala el itinerario que debe cumplir el mejoramiento y se indica un promedio de la duración, elaborado por el autor.

ANÁLISIS DE COSTOS

En el presente estudio de precios se examinarán todos los precios y costos que se generen al llevar a cabo la ejecución de la propuesta a la organización, en dichos rubros cuantitativos se encuentran consideradas todas las actividades que se deben realizar y su costo.

Con las especificaciones realizadas técnicas a lo largo de este trabajo de titulación se presenta un promedio del costo del dron, donde se incluye la impresión del chasis y la importación de sus componentes.

Tabla 37

Materiales para el dron

Materiales para dron			
Material	Cantidad	Costo / Unitario	Costo / Total
Impresión 3d del dron material ABS	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Importación de los motores Emax Rs1306	4	\$ 31,00	\$ 124,00
Importación de batería 3S (ZOP) Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Importación de hélices AVAN3024	4	\$ 5,00	\$ 20,00
Importación cámara	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Importación de componentes electrónicos	1	\$ 140,00	\$ 140,00
Lector de códigos de barras y QR ²	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Mano de obra	1	\$ 80,00	\$ 80,00
TOTAL			\$ 614,00

Nota. En la Tabla 37 se detallan los costos de los materiales que se requieren para armar el dron, se cotiza la importación de los componentes debido a que no hay en el país, elaborado por el autor.

² <https://es.aliexpress.com/i/33013825504.html>

Para las capacitaciones, pruebas y seguimiento de la propuesta se necesita de un ingeniero industrial y para la programación del software y lectura de códigos de barra y QR se necesita un ingeniero de programación, en la Tabla 38 se detalla cuánto costaría que cada trabajador para que realice estas tareas.

Tabla 38

Costo aproximado de ingenieros para capacitaciones, pruebas, programación y seguimiento

Costo de ingenieros			
Descripción	Cantidad	Costo / Unitario	Costo / Total
Ingeniero industrial (mensual)	2	\$ 950,00	\$ 1.900,00
Ingeniero de programación (mensual)	2	\$ 950,00	\$ 1.900,00
Levantamiento de información	1	\$ 250,00	\$ 200,00
Transporte	2	\$ 150,00	\$ 300,00
Materiales	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Costo de pruebas	3	\$ 200,00	\$ 600,00
Capacitación al personal	2	\$ 120,00	\$ 240,00
Break capacitación	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Seguimiento bimensual	6	\$ 150,00	\$ 900,00
		TOTAL	\$ 6160,00

Nota. Los costos para el pago de la Tabla 38 se consideraron en base al pago aproximado que se realiza mensualmente a los colaboradores de la empresa, elaborado por el autor.

Como también se necesita implementar el software y la impresión de etiquetas con códigos de barra o QR para que el dron pueda leer la información, los costos de definen en la Tabla 39.

Tabla 39*Costos de software y etiquetado*

Costos de software, etiquetado y software			
Descripción	Cantidad	Costo / Unitario	Costo / Total
Software lectura códigos de barras y QR ³	1	\$ 1.554,00	\$ 1.554,00
Etiquetas para impresión de códigos	3000	\$ 0,05	\$ 150,00
Costo de pruebas	3	\$ 200,00	\$ 600,00
		TOTAL	\$ 2.304,00

Nota. En la Tabla 39 se especifican los costos de software y etiquetado de los productos, una vez que se implementen en la bodega se deben realizar prueba para verificar su correcta función, elaborado por el autor.

En la Tabla 40 se especifican los costos para la ejecución de la propuesta para la empresa Casa del Ruliman del Ecuador S.A.

Tabla 40*Costos totales de la propuesta*

Materiales para dron			
Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo / Total
Impresión 3d del dron material ABS	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Importación de los motores Emax Rs1306	4	\$ 31,00	\$ 124,00
Importación de batería 3S (ZOP) Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Importación de hélices AVAN3024	4	\$ 5,00	\$ 20,00

³ <https://www.zebra.com/la/es/products/software/scanning-systems.html>

Importación de cámara	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Importación de componentes electrónicos	1	\$ 140,00	\$ 140,00
Lector de códigos de barras y QR	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Mano de obra	1	\$ 80,00	\$ 80,00
Ingeniero industrial (pago mensual)	2	\$ 950,00	\$ 1 900,00
Ingeniero de programación (pago mensual)	2	\$ 950,00	\$ 1 900,00
Levantamiento de información	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Transporte	2	\$ 150,00	\$ 300,00
Materiales	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Seguimiento bimensual por 6 meses	6	\$ 150,00	\$ 900,00
Costo de pruebas	3	\$ 200,00	\$ 600,00
Capacitación al personal	2	\$ 120,00	\$ 240,00
Break capacitación	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Software lectura códigos QR y códigos de barras	1	\$ 1.554,00	\$ 1 554,00
Etiquetas para impresión de códigos	3000	\$ 0,05	\$ 150,00
Costo de pruebas	3	\$ 200,00	\$ 600,00
		TOTAL	\$ 9 078,00

Nota. En la Tabla 40 se muestran los valores resultantes de realizar el estudio previo y recolección de datos, elaborado por el autor.

Los costos previstos son presupuestados, en el momento que la empresa inicie el proceso de implementación se irán ajustando dependiendo las actividades a realizarse.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Se realizaron los criterios de diseño en base a herramientas de calidad, se hicieron entrevistas a los encargados de bodega y se logró identificar los factores que generaban una demora o problemas a la hora de realizar el proceso de inventariado aplicando un diagrama de Ishikawa, Figura 10, para ordenar mediante ponderación las principales causas que deberían ser tomadas en cuenta para mejorar el proceso, Tabla 5, se determinaron los principales problemas que tenían al momento de realizar el inventario: los errores humanos, estantes elevados y el excesivo tiempo de un inventario ineficiente. También se utilizó una Matriz QFD donde se identificaron los aspectos más importantes para un mejor proceso de inventarios, se tiene así a las baterías con un peso de 30,8%, la capacidad de almacenamiento con 18,8% y el sistema de video con 17,3%, dentro de los cuales priorizaron las características de rendimiento y tecnología como los más importantes, como se muestra en la Figura 14.

- Se dimensionaron los componentes en base a una lista de partes, basándose en matrices de priorización, las cuales permitieron evaluar los diferentes atributos de cada componente, Tabla 9, donde se colocó una ponderación a los pesos de importancia relativa entre los mismos, permitiendo realizar una elección definitiva de cuáles eran los componentes que se van a ocupar y que servirían para el diseño del dron, teniendo así que la batería, hélices y el tipo de motor fueron los elementos más críticos analizados, Tabla 17. Mediante un proceso iterativo se analizó cada componente, para la elección de los motores se determinó la relación con las propelas en función de la constante de voltaje, el número de celdas y el empuje para el despegue del dispositivo, seleccionando así el motor EMAX RS1306 mostrado en la Figura 23, el cual posee un diseño de enfriamiento que reduce la temperatura hasta en un 30%, también cuenta con rodamientos de alta calidad y fuertes imanes N52. (Carreras, 2018), para la selección de baterías se analizaron tres casos, cada una con distintos pesos para encontrar la batería más adecuada posible teniendo así que la batería óptima para el dron es la Batería 3S (ZOP Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo), Figura 25, la cual permitirá un tiempo de vuelo aproximado de 29.2

minutos, para las hélices el fabricante recomienda las hélices EMAX AVAN3024, Anexo 1, estos componentes permiten determinar la cantidad de empuje necesario para elevar el dron, así como el tiempo de vuelo, también se recomienda la utilización de la cámara Micro Cámara FPV EOS2 1200TVL CMOS NTSC/PAL Global lente 2.1mm Tabla 35. Con los componentes seleccionados y las dimensiones de cada uno se pudo aproximar la geometría del chasis del dron, Figura 33.

- Con la adecuada metodología de selección de componentes se realizó el diseño del chasis tomando en consideración las dimensiones de los elementos de la Tabla 34 para aproximar la geometría del chasis del dron, teniendo como resultado un chasis de dimensiones específicas de 245.04 mm de ancho por 261.26 mm de largo, un área de 650 cm^2 , Figura 31, que se requería para que el dron pueda movilizarse sin problema dentro de la bodega. Para el diseño del chasis del dron se utilizó un software de diseño asistido por computador (CAD) como lo es Fusion360, el cual permitió hacer el diseño y planos del dron dando un soporte fundamental en el diseño a detalle, dimensionamiento del chasis y los elementos del dron. Se realizó un modelo con una estructura formada por una disposición en cruz, en la cual los motores se encuentran lo más cerca posible del centro de masa del dron para tener estabilidad y maniobrabilidad, de fácil transporte y almacenamiento como se muestra en la Figura 33. En la parte central de la estructura está una malla para acoplar la tarjeta de control de vuelo, conexión de motores, batería, cámara de video y componentes electrónicos y al ser un diseño para impresión en 3D diseño permitirá facilitar su posterior manufactura y ensamble, Anexo 3.
- En la Tabla 6 se puntualizaron los problemas que tenía la empresa y como la implementación del dron podría mejorar estos puntos, para lo cual se necesitó conocer el tiempo que tomaba realizar el inventario por lo que se hizo un diagrama de procesos como se detalla en la Figura 11, tomando en cuenta las actividades y cuanto se demoraba un colaborador en todo el proceso en una percha, se obtuvo un resultado de 603 minutos, una vez que se conoció esta información y el tiempo de vuelo que proporcionaba la batería seleccionada que fue 29.2 minutos se realizó una comparación para calcular el tiempo que le tomaría al dron realizar el inventario de la misma percha, teniendo como resultado un tiempo aproximado de 18 minutos,

confirmando que se disminuye el tiempo de toma de inventario notablemente, también considerando que ya no sería necesario realizar un recuento del producto y que al tener acceso a perchas de altura y de difícil acceso para los colaboradores así se estaría evitando posibles accidentes, se necesitaría de un operador para realizar el inventario con el dron y existiría una disminución de los gastos que la empresa realizaba como son: pago de horas al 100% a 15 o 20 colaboradores, transporte, alimentación y también hospedaje y viáticos al personal que se trasladaba de la matriz Guayaquil, la empresa no cerraría sus puertas y podría atender normalmente a sus clientes para generar ventas, lo que se puede concluir que se reducirían todos los gastos que incurren el proceso de toma de inventario, satisfaciendo de esta forma necesidades que presentadas el cliente. El costo aproximado del dron, el software, etiquetado del producto y demás gastos para inducciones y seguimiento de la propuesta sería de \$9078,00 dólares.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere hacer un estudio de tiempos en la ejecución del inventario con el dron, una vez que se realicen las tomas de datos para buscar mejoras, gestionar tiempos estandarizados de cada actividad como el calculado en la Tabla 37, asimismo establecer el tiempo máximo que se podría demorar el dron en hacer todo el inventario adoptando mejores indicadores de tiempo.
- Valorar el estado físico del dron, antes de cada vuelo verificar que los elementos estén en buenas condiciones por medio de la revisión de sus partes para establecer la sustitución de sus piezas, verificar el tiempo de duración de la batería para comprobar su correcto desempeño y mejor funcionamiento. Si un elemento llega a fallar o presenta cualquier problema se tendrá que hacer el reemplazo del mismo, además se deberá guardar el dron en un estuche o maletín adecuado en un espacio seco y deberá ser transportado con cuidado para extender la vida útil del dron y sus componentes.
- Se recomienda llevar a cabo la implementación de este proyecto, el chasis del dron ha sido diseñado de acuerdo con los requerimientos del cliente y criterios de selección de componentes, donde se verificó que el diseño permitirá garantizar la estabilidad del dron, tener una mejor maniobrabilidad, optimizar el tiempo de vuelo, el tamaño del dron ha sido considerado que sea lo más compacto posible para que se puedan encapsular todos los componentes. Al ejecutar la simulación del proceso de conteo con el dron se pudo comprobar que se disminuye notablemente el tiempo de la toma de datos como se verificó en la Figura 36, esto generará confianza en los usuarios y a su vez un ahorro para la empresa, además se recomienda realizar una adecuada capacitación a los colaboradores para su correcto uso y manejo del software y adquirir los elementos recomendados en este trabajo de titulación.

BIBLIOGRAFÍA

- Artificial, V. (febrero de 2012). *Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales*. Adimenlehiakorra. Consultado el 5 de marzo de 2022, <http://www.adimenlehiakorra.eus/documents/29934/43025/Aplicaci%C3%B3n+pr%C3%A1ctica+de+la+visi%C3%B3n+artificial+en+el+control+de+procesos+industriales.pdf/92a1a455-ffe2-4290-be95-f9ba33c02241>
- Ashby, M. F. (2009). Los materiales en la Ingeniería y sus propiedades. En M. Ashby, & D. Jones, *Materias para ingeniería 1: Introducción a las propiedades, las aplicaciones y el diseño* (págs. 20 - 408). España: Editorial Reverté. <https://books.google.com.ec/books?id=nrLSqjbHEl0C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Asoc-aluminio.es. (2013). *Propiedades del Aluminio*. Asoc-aluminio.es. Consultado el 8 de diciembre de 2021. <https://www.asoc-aluminio.es/el-aluminio/propiedades-del-aluminio>
- Autodesk. (05 de 01 de 2022). *Introduction to Mechanical Engineering Design and Manufacturing with Fusion 360*. Coursea. <https://www.coursera.org/learn/mechanical-engineering-design-manufacturing/home/welcome>
- Aviacion_Civil_Ecuador. (04 de noviembre de 2020). *Reglamento-de-RPAs*. Aviación Civil. Consultado el 06 de noviembre de 2021. <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/5-DGAC-DGAC-2020-0110-R-Reglamento-de-RPAs.pdf>
- Bonilla, E. B. (2010). *GESTIÓN DE INVENTARIOS*. Logística y abastecimiento. Consultado el 10 de octubre de 2020. <https://logisticayabastecimiento.jimdofree.com/gesti%C3%B3n-de-inventarios/>
- CarboSystem. ((s/f)). *Fibra de Carbono: estructura y propiedades*. CarboSystem. Consultado el 8 de diciembre de 2021. <https://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>
- Carlos Ramos, J. J. (19 de enero de 2021). Tecnología de apoyo para la vida: aportes desde la investigación. *Universidad Tecnológica Indoamérica*, 233-236. Quito. <file:///C:/Users/User/Desktop/TAMA%20UNIVERSIDAD/TESIS%202021/TESIS%20APROBADA/RECURSOS/Libro%20TECNOLOG%C3%8DAS%20DE%20APOYO%20PARA%20LA%20VIDA.pdf>

- Carreras, M. d. (27 de junio de 2018). *Posiblemente os 5 mejores motores para drones del 2018*. Mi drone de carreras. Consultado el 9 de diciembre de 2021.
<https://www.midronedecarreras.com/dron/posiblemente-los-5-mejores-motores-para-drones-del-2018/>
- Casa_del_Ruliman. (2020). *Casa_del_Ruliman*. Consultado el 2021, de
<https://www.casadelruliman.com/>
- Castellanos, L. (28 de mayo de 2016). *Modelo RUP*. Dtyoc. culsultado el 18 de febrero de 2021. <https://dtyoc.com/2016/06/07/modelo-rup-ibm/>
- Cavassa, C. R. (2005). *Segirdad Integral Un Enfoque Integral*. México: Limusa.
- Connor, R. (9 de marzo de 2018). *El Predator, un dron que transformó el combate militar*. Airand Space. Consultado el 7 de diciembre de 2020.
<https://airandspace.si.edu/stories/editorial/predator-drone-transformed-military-combat>
- DeltraDrone. (16 de abril de 2020). *GEODIS y DELTA DRONE lanzan "CountBot", una innovadora solución de inventario de almacén*. DeltraDrone. Consultado el 10 de octubre de 2020. <https://www.deltadrone.com/en/geodis-and-delta-drone-launch-countbot-an-innovative-warehouse-inventory-solution/>
- DHL, E. (17 de junio de 2020). *DHL incopora los primeros drones autónomos en sus centros logísticos en España*. DHL. Consultado el 17 de febrero de 2022.
<https://www.dhl.com/es-es/home/prensa/archivo-de-prensa/2020/dhl-incorpora-los-primeros-drones-autonomos-en-sus-centros-logisticos-en-espana.html>
- DRL. (2020). *The drone racing league*. DRL. Consultado el 10 de octubre de 2020.
<https://thedroneracingleague.com/>
- Dron_Profesional. (1 de julio de 2020). *Qué debes conocer de las baterías LiPo*. Dron_Profesional. Consultado el 9 de diciembre de 2021.
<https://dronprofesional.com/blog/que-debes-conocer-de-las-baterias-lipo/>
- DronesVilla. (8 de noviembre de 2019). *¿Quién inventó los drones? Una breve historia de los UAV*. Dronesvilla. Consultado el 22 de noviembre de 2020.
<https://www.dronesvilla.com/who-invented-drones/>
- Ecuador Verifica. (4 de marzo de 2022). *¿Qué es el famoso código QR?*. Ecuador Verifica. Consultado el 5 de marzo de 2022,
<https://ecuadorverifica.org/2022/03/04/que-es-el-famoso-codigo-qr/>
<https://ecuadorverifica.org/2022/03/04/que-es-el-famoso-codigo-qr/>

- Electrónica, T. (05 de junio de 2019). *Lo que hay que saber para elegir los motores para un cuadricótero*. Tienda Electrónica. Consultado el 8 de diciembre de 2021. <https://www.tiendadeelectronica.mx/blog/lo-que-hay-que-saber-para-elegir-los-motores-para-un-cuadrapteroo/>
- Emaxmodel. (2020). *EMAX 1306 RS1306 Versión 2 RS1306B 2700KV 4000KV Motor sin escobillas 3-4S para RC Drone Multi Rotor - 2700KV*. Emaxmodel. Consultado el 9 de diciembre de 2021. https://emaxmodel.com/collections/wholeoff/products/emax-1306-rs1306-version-2-rs1306b-2700kv-4000kv-brushless-motor-3-4s-for-rc-drone-multi-rotor-2700kv?_pos=1&_sid=31da9c787&_ss=r
- Envaselia. (24 de abril de 2020). *QUÉ ES EL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD HDPE Ó PEAD*. Envaselia. Consultado el 8 de diciembre de 2021. <https://www.ensavelia.com/blog/que-es-el-poli-etileno-de-alta-densidad-hdpe-o-pead-id18.htm>
- Estació, S. (09 de 07 de 2021). *Servei Estació*.
- Fernández Fernández, G. (2015). *Elementos de sistemas operativos, de representación de la información y de procesadores hardware y software*. Universidad Politécnica de Madrid . Consultado el 5 de marzo de 2022, <https://oa.upm.es/36552/1/SORYP.pdf>
- Hassanalian, M., & Abdelkefi, A. (mayo de 2017). *Clasificaciones, aplicaciones y desafíos de diseño de los drones: una revisión*. Science Direct. Consultado el 19 de enero de 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376042116301348?via%3Dihub>
- Hobby, T. (2020). *Chasis drone en kit*. Todo Hobby. Consultado el 8 de diciembre de 2021. <https://todohobby.net/es/3044-chasis>
- Ibañez, C. (14 de mayo de 2020). Este dron español automatiza inventarios, como los de Danone. *El Español*. Consultado el 17 de febrero de 2022. https://www.elespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/innovadores/20200514/dron-espanol-automatiza-inventarios-danone/489452299_0.html
- Kückelhaus, M. D. (2020). *A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*. Alemania.

- Lara Barrera, A. J., & Vega Martínez, D. M. (2020). *Propuesta de un modelo para la gestión de inventarios mediante la logística 4.0 para pymes en Colombia*. Uexternado . Consultado el 5 de marzo de 2022.
<https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/handle/001/3539/ABCCA-spa-2020->
- López Martínez, I., Ruíz, D., González, A., Pardillo, Y., Gómez, M., & Acevedo, J. (12 de 08 de 2014). Problems of code of products that affect the inventory management: Cuban companies case study. *DYNA*. Scielo:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532014000500007
- Mariano. (01 de julio de 2011). *Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado*. Tecnología de los Plásticos. Consultado el 8 de diciembre de 2021
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/nylon.html>
- Mecalux. (10 de 09 de 2020). *Mecalux Esmena*.
<https://www.mecalux.es/blog/problemas-logisticos>
- Mendoza, A. (12 de octubre de 2020). *Tres empresas que usan drones para inventarios*. The Logistics World. Consultado el 17 de Febrero de 2022.
<https://thelogisticsworld.com/innovacion/3-empresas-que-se-usan-drones-para-inventarios/>
- Motorex. (31 de agosto de 2020). *Propiedades y usos de la fibra de vidrio*. Motorex. Consultado el 8 de diciembre de 2021.
<https://www.motorex.com.pe/blog/propiedades-usos-fibra-vidrio/>
- NASA. (28 de febrero de 2014). *Hoja de datos de Armstrong de la NASA: Aeronave de energía solar Pathfinder*. NASA. Consultado el 06 de agosto de 2021.
<https://www.nasa.gov/centers/armstrong/news/FactSheets/FS-034-DFRC.html>
- Ondarse Álvarez, D. (15 de junio de 2021). *Polietileno*. Concepto.de. Consultado el 3 de noviembre de 2021.
[https://concepto.de/polietileno/#:~:text=Se%20conoce%20como%20polietileno%20\(PE,%20C3%A1tomos%20de%20carbono%20e%20hidr%C3%B3geno.&text=El%20material%20que%20obtuvieron%20es%20conocido%20hoy%20como%20polietileno%20de%20baja%20densidad.](https://concepto.de/polietileno/#:~:text=Se%20conoce%20como%20polietileno%20(PE,%20C3%A1tomos%20de%20carbono%20e%20hidr%C3%B3geno.&text=El%20material%20que%20obtuvieron%20es%20conocido%20hoy%20como%20polietileno%20de%20baja%20densidad.)
- Ondarse Álvarez, D. (15 de julio de 2021). *Polietileno*. Concepto.de. Consultado el 8 de diciembre de 2021.

[https://concepto.de/polietileno/#:~:text=Se%20conoce%20como%20polietileno%20\(PE,%20C3%A1tomos%20de%20carbono%20e%20hidr%C3%B3geno.&text=El%20material%20que%20obtuvieron%20es%20conocido%20hoy%20como%20polietileno%20de%20baja%20densidad.](https://concepto.de/polietileno/#:~:text=Se%20conoce%20como%20polietileno%20(PE,%20C3%A1tomos%20de%20carbono%20e%20hidr%C3%B3geno.&text=El%20material%20que%20obtuvieron%20es%20conocido%20hoy%20como%20polietileno%20de%20baja%20densidad.)

Pacheco, D. (24 de noviembre de 2017). *Drones en espacios urbanos: Caso de estudio en parques, jardines y patrimonio edificado de Cuenca*. Publicaciones U. Cuenca. Consultado el 10 de octubre de 2020.

<https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a12>

Plasticcollectors. (23 de abril de 2020). *¿Qué es el plástico ABS y es reciclable?*

Plasticcollectors. Consultado el 8 de diciembre de 2021.

<https://www.plasticcollectors.com/es/blog/what-is-abs-plastic/#:~:text=El%20acrilonitrilo%20butadieno%20estireno%2C%20a,opaco%20y%20un%20pol%C3%ADmero%20amorfo.&text=Cuando%20los%20pl%C3%A1sticos%20termoendurecibles%20se,otra%20vez%20como%20los%20termopl>

Prometec. (2020). *Lo que hay que saber para elegir el chasis de un cuadricóptero*.

Prometec. Consultado el 16 de 02 de 2021. <https://www.prometec.net/elegir-chasis-dron/>

Remache Vinueza, B., Cárdenas, K., & Zapata, M. (26 de enero de 2021). *Herramientas CAD/CAE y fabricación aditiva para reducir los impactos de la parada de equipos críticos en la planificación de la producción*. Springer. Consultado el 14 de junio de 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6_129

Reyes, K. (1 de marzo de 2022). *¿Qué es un código de barras y cómo hacer uno?*

Tienda nube. Consultado el 5 de marzo de 2022.

<https://www.tiendanube.com/blog/mx/codigo-de-barras/>

Roger González, P. U. (05 de julio de 2019). *Drones, aplicaciones en ingeniería civil y geociencias*. Redalyc. Consultado el 10 de octubre de 2020.

<https://www.redalyc.org/journal/339/33960068003/html/>

Sadot, U. (mayo de 2016). *Una perspectiva sobre Israel*. Drones.cnas. Consultado el 6 de mayo de 2021. <http://drones.cnas.org/reports/a-perspective-on-israel/>

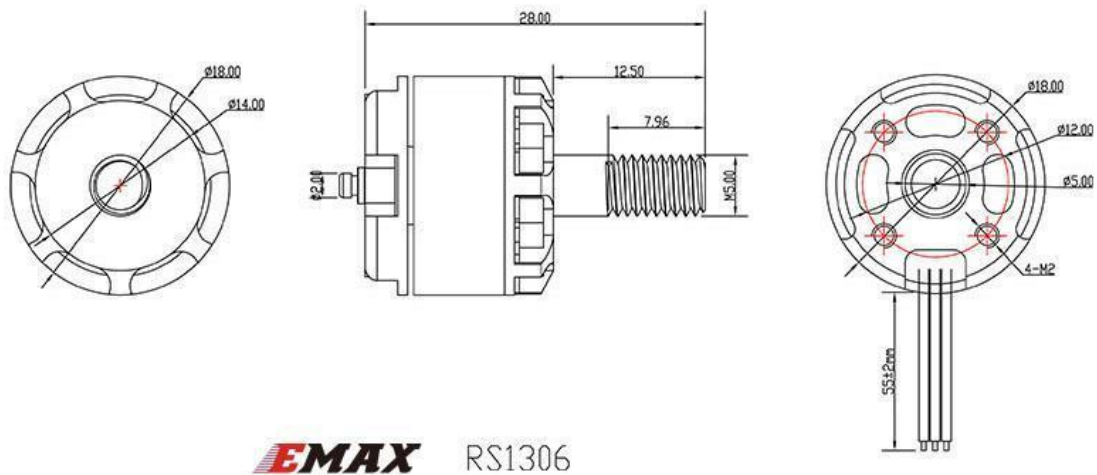
Sahin, E. B. (2008). Analysis of a newsvendor which has errors in inventory data records. *European Journal of Operational Research*, pp. 370-389.

Serrano Cordero, C., & Pérez Curutchet, O. (11 de julio de 2020). *Análisis, diseño estructural y construcción de un dron para la detección de minas antipersona*.

- Upcommons. Consultado el 15 de diciembre de 2021.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/102000/Resumen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Serveiestació. (2019). *Propiedades de la fibra de vidrio*. Serveiestació. Consultado el 8 de diciembre de 2021. <https://serveiestacio.com/blog/propiedades-de-la-fibra-de-vidrio/#:~:text=Un%20material%20muy%20liviano%2C%20de,buen%20aislante%20t%C3%A9rmico%20y%20el%C3%A9ctrico.>
- Snuuper. (06 de 03 de 2020). *5 errores de inventario más comunes*. Snuuper. Consultado el 10 de octubre de 2020. <https://blog.snuuper.com/errores-comunes-inventario>
- Sunol, H. (2020). *How Drones Will Affect the Logistics Industry in the Next 5 Years*. Cyzerg. Consultado el 10 de octubre de 2020. <https://articles.cyzerg.com/how-drones-will-affect-the-logistics-industry-in-the-next-5-years/>
- Technology, U. (07 de abril de 2016). *El origen y la historia de los drones*. Hemav. Consultado el 10 de 2020. <https://hemav.com/el-origen-y-la-historia-de-los-drones/>
- Uriarte, J. M. (30 de septiembre de 2021). *Acero*. Caracteristicas.co. Consultado el 8 de diciembre de 2021. <https://www.caracteristicas.co/acero/>

ANEXOS

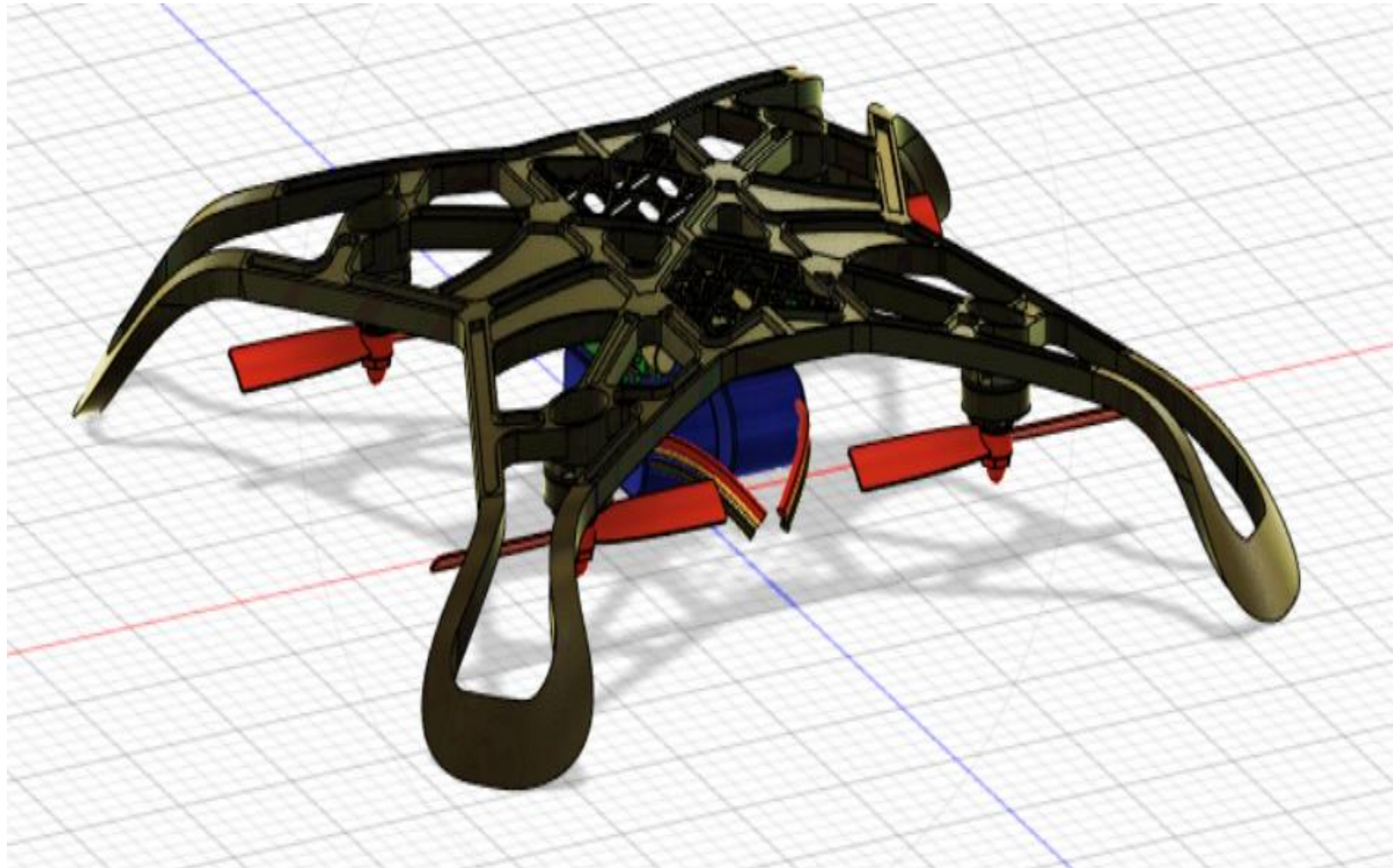
Anexo 1: Ficha técnica del motor Emax Rs1306



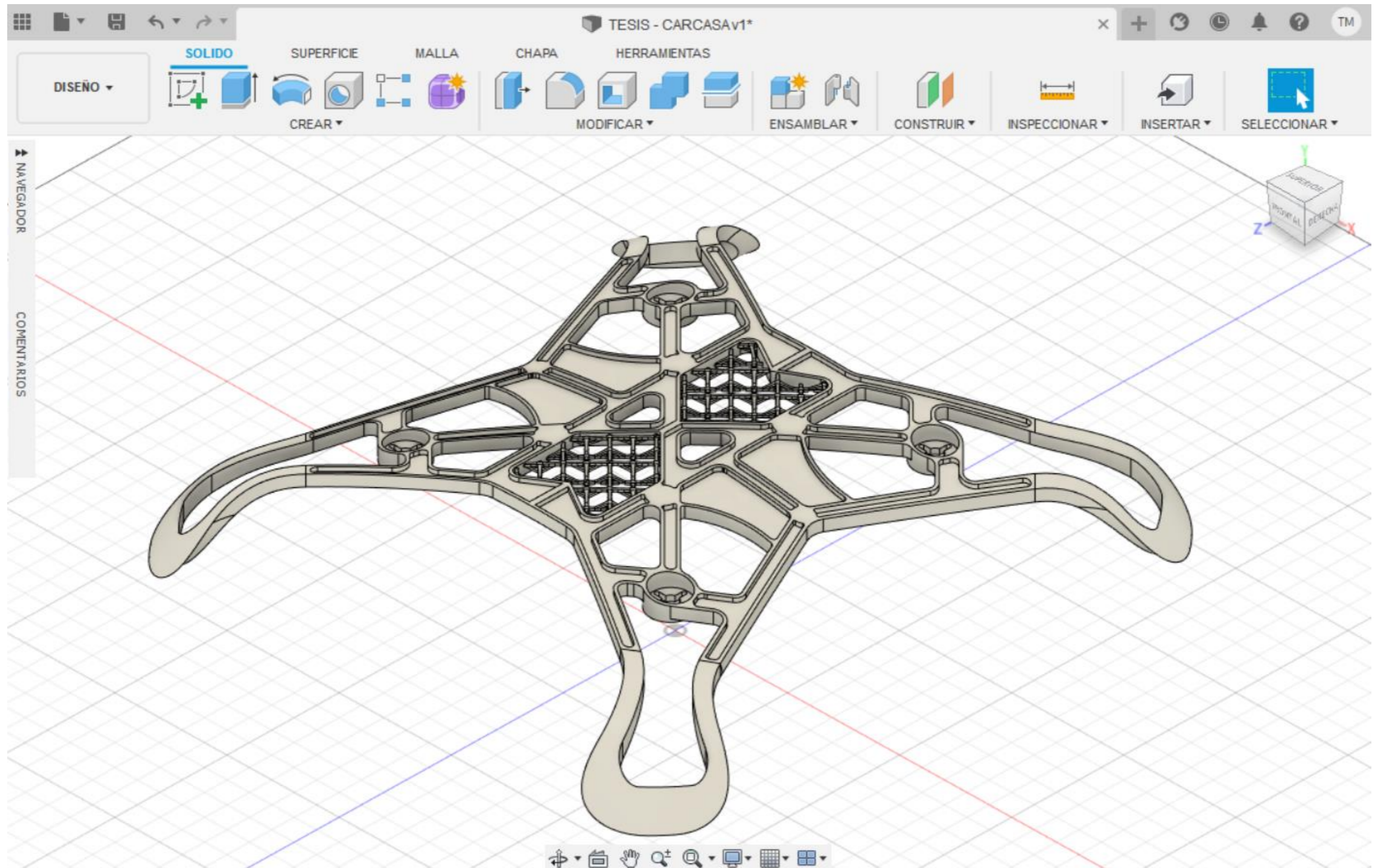
EMAX RS1306

Motor Type	Prop	Voltage (V)	Current (A)	Thrust (G)	Power (W)	Efficiency (G/W)	RPM
RS1306-3300KV	GF3040 BN 3 Blade Prop	12	1	51	12.00	4.25	12130
			3	119	36.00	3.31	18620
			5.2	168	62.40	2.69	22292
			6.2	176	74.40	2.37	24473
			6.5	183	78.00	2.35	24734
		14.8	1	43	14.80	2.91	12550
			3	102	44.40	2.30	18940
			5.1	155	75.48	2.05	22470
			7	210	103.60	2.03	25670
			9	269	133.20	2.02	28710
			10.2	303	150.96	2.01	29740
			11.5	340	170.20	2.00	30720
			RS1306-4000KV	HQ3030 BN 4 Blade Prop	12	1	42
3	102	36.00				2.83	18010
5	150	60.00				2.50	22010
8.2	231	98.40				2.35	26670
8.6	242	103.20				2.34	27000
14.8	1.1	42			16.28	2.58	13850
	3.2	98			47.36	2.07	20340
	5	143			74.00	1.93	24610
	7	196			103.60	1.89	28620
	9.1	250			134.68	1.86	31650
	10.3	272			152.44	1.78	32800
	12	315			177.60	1.77	34790

Anexo 2: Diseño del dron



Anexo 3: Diseño y modelados del dron en programa Fusion 360



Anexo 4: Propiedades del chasis

NAVEGADOR

COMENTARIOS

PROPIEDADES

Caras (447)

Material físico	Plástico ABS
Aspecto	Plástico - Brillante (negro)

Cuerpos (1)

Área	67689.989 mm ²
Densidad	0.001 g / mm ³
Masa	57.504 g
Volumen	54249.107 mm ³
Material físico	Plástico ABS
Aspecto	Plástico - Brillante (negro)

► **Cuadro delimitador**

Centro de masa	-11.075 mm, 56.678 mm, -8.876...
----------------	----------------------------------

► **Momento de inercia en el centro de masa ...**

► **Momento de inercia en origen (g mm²)**

Copiar al portapapeles

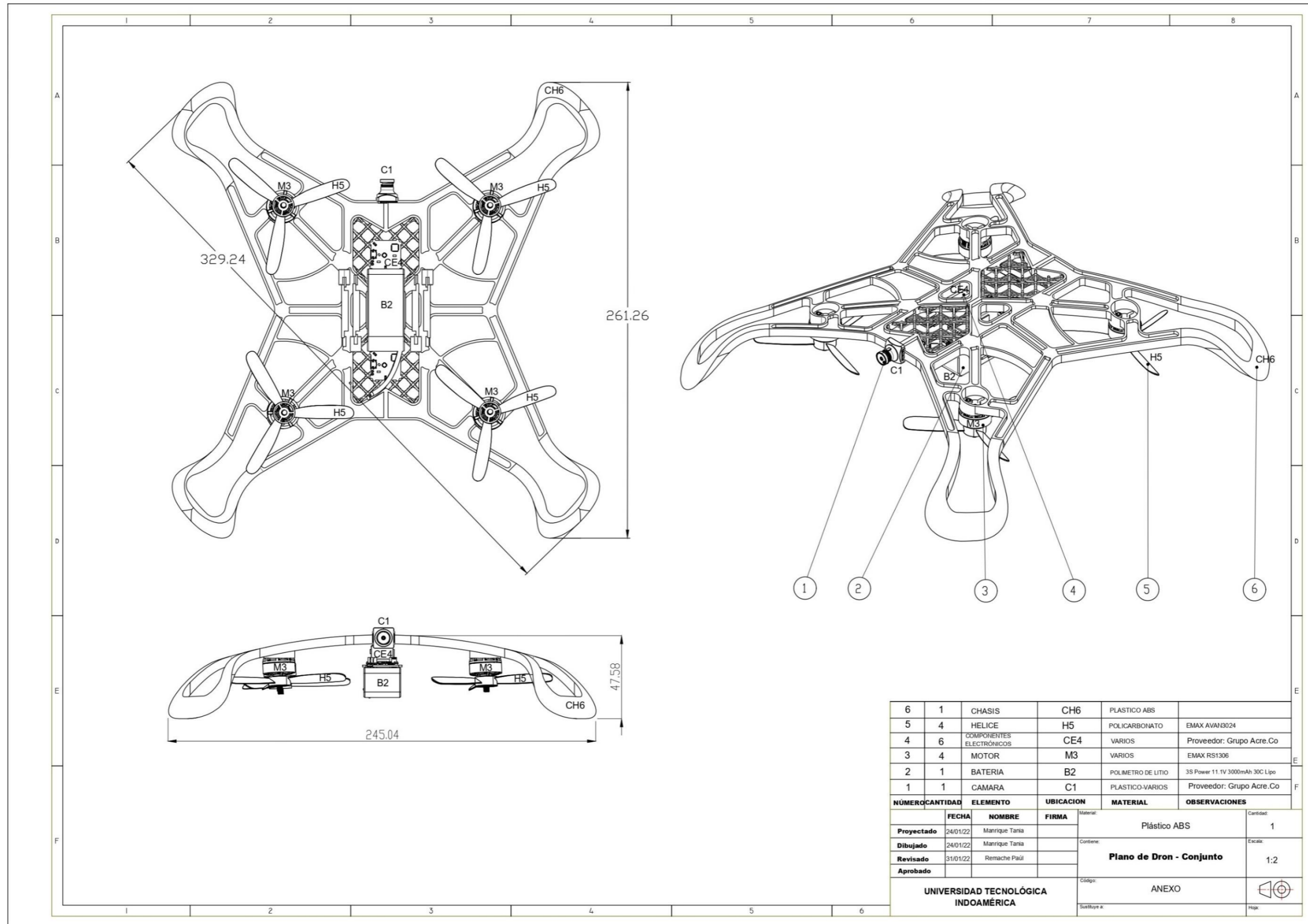
Aceptar Cancelar

Anexo 5: Plano del chasis - Explosionado

NÚMERO	CANTIDAD	ELEMENTO	TIPO	MATERIAL	OBSERVACIÓN
6	4	HÉLICE		Policarbonato	EMAX AVAN3024
5	1	BATERIA		Polímero de litio	ZOP Power 11.1V 30C Lipo
4	4	MOTOR		Varios	EMAX RS1306
3	1	CÁMARA		Plástico/ Varios	
2	6	COMPONENTES ELECTRONICOS		Cerámico, metálico y plástico	
1	1	CHASIS		Plástico ABS	

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	Materia:	Cantidad:
Proyectado	17/09/21	Manrique Tania		VARIOS	1
Dibujado	17/09/21	Manrique Tania		Contiene:	Escala:
Revisado	17/09/21			Plano de dron	1:2
Aprobado	17/09/21			Código:	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA				Código:	ANEXO 5
				Sustituye a:	
					 Hoja: 1/3

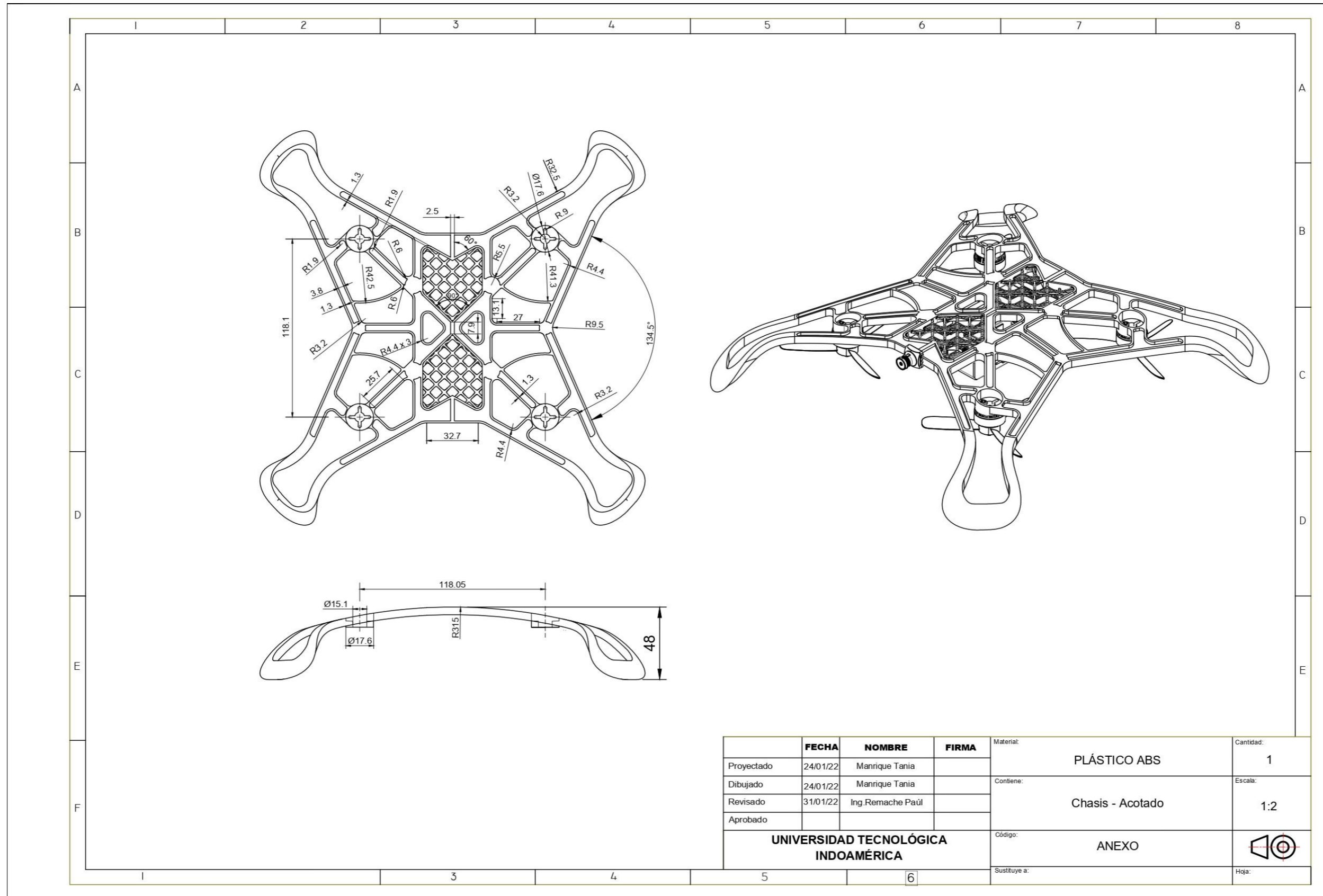
Anexo 6: Plano del chasis - Conjunto



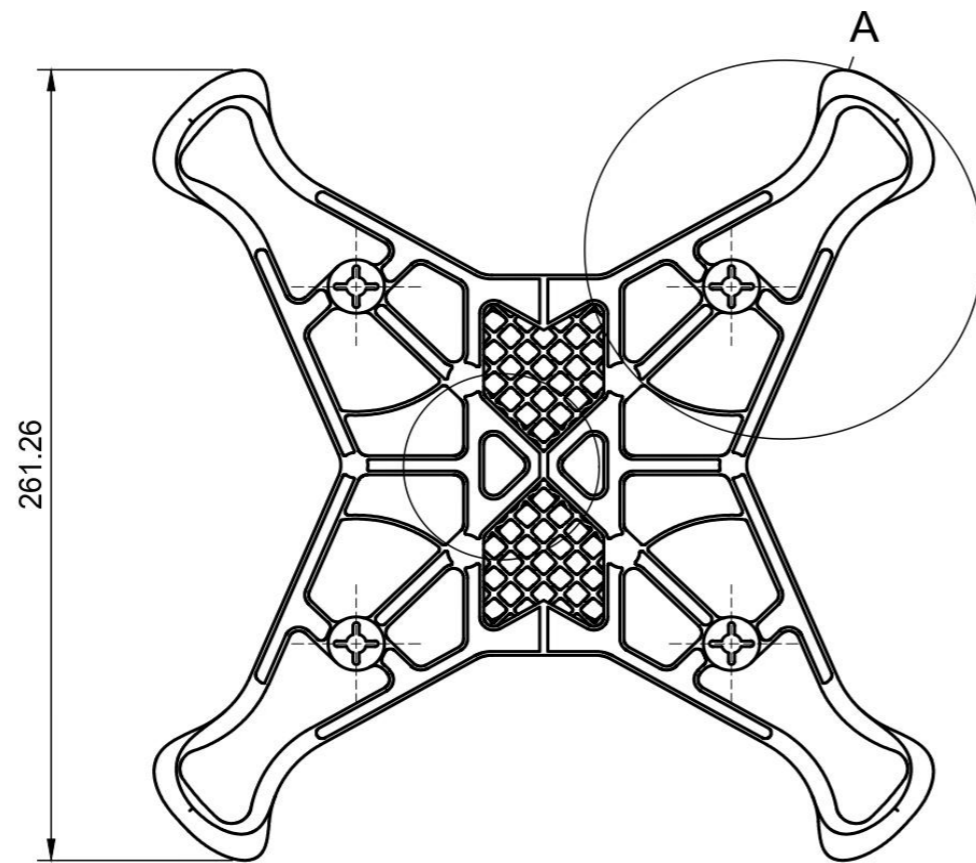
NÚMERO	CANTIDAD	ELEMENTO	UBICACION	MATERIAL	OBSERVACIONES
6	1	CHASIS	CH6	PLASTICO ABS	
5	4	HELICE	H5	POLICARBONATO	EMAX AVAN3024
4	6	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	CE4	VARIOS	Proveedor: Grupo Acre.Co
3	4	MOTOR	M3	VARIOS	EMAX RS1306
2	1	BATERIA	B2	POLIMETRO DE LITIO	3S Power 11.1V 3000mAh 30C Lipo
1	1	CAMARA	C1	PLASTICO-VARIOS	Proveedor: Grupo Acre.Co

FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL	Cantidad
24/01/22	Manrique Tania		Plástico ABS	1
24/01/22	Manrique Tania		Plano de Dron - Conjunto	1:2
31/01/22	Remache Paúl			
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA			Código: ANEXO	
			Subtítulo a:	Hoja:

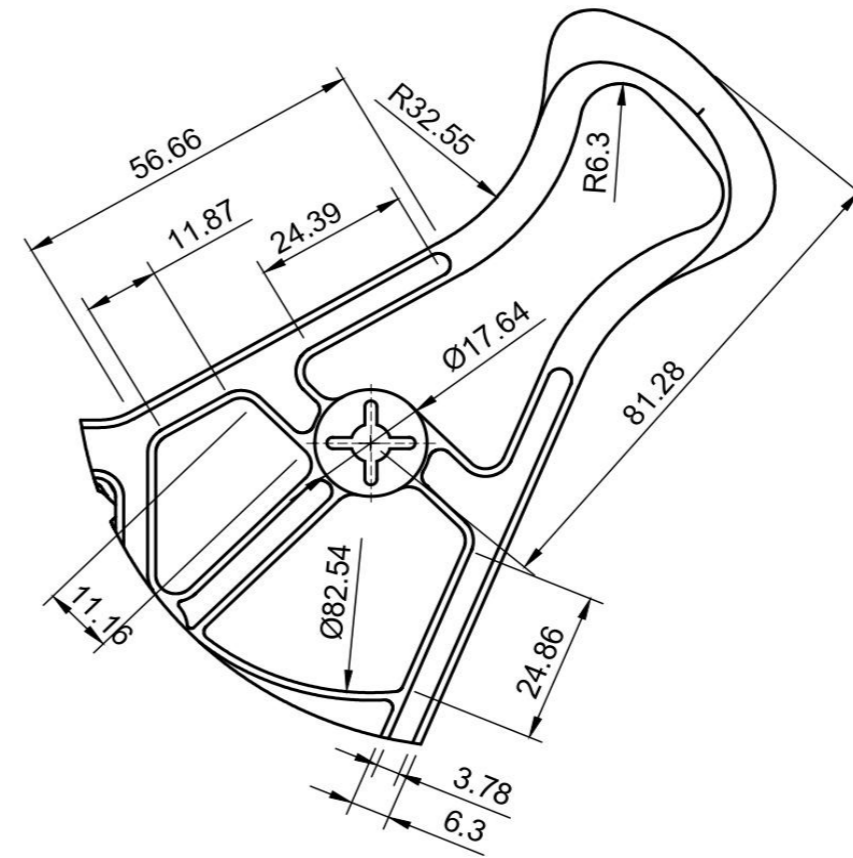
Anexo 7: Plano del chasis - Acotado



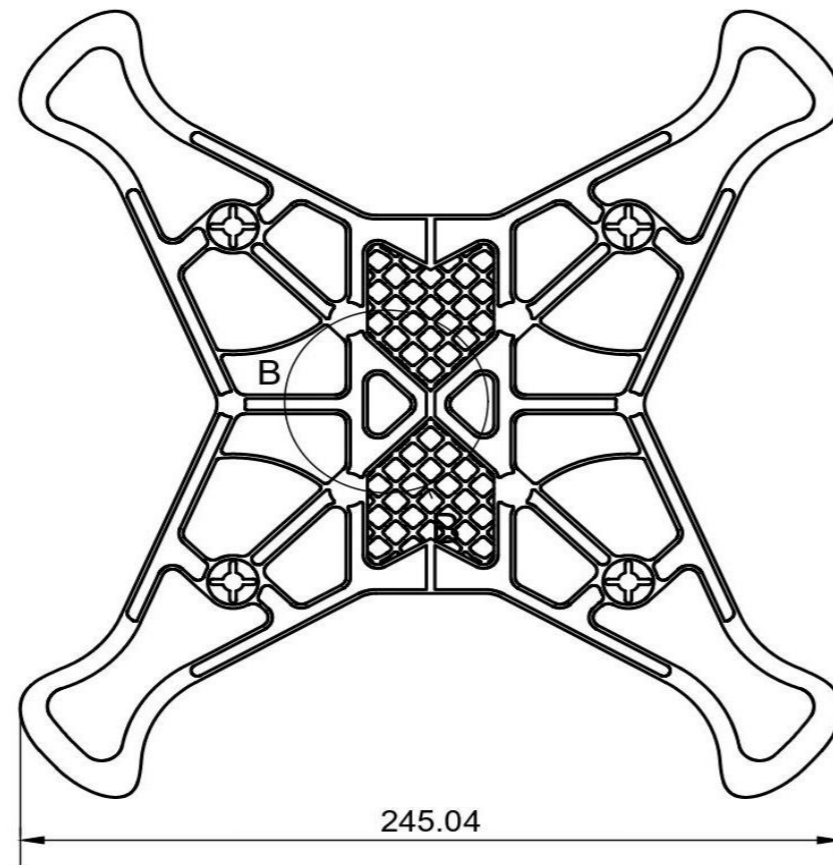
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	Materia:	Cantidad:
Proyectado	24/01/22	Manrique Tania		PLÁSTICO ABS	1
Dibujado	24/01/22	Manrique Tania		Contiene:	Escala:
Revisado	31/01/22	Ing. Remache Paúl		Chasis - Acotado	1:2
Aprobado				Código:	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA				ANEXO	
				Sustituye a:	Hoja:



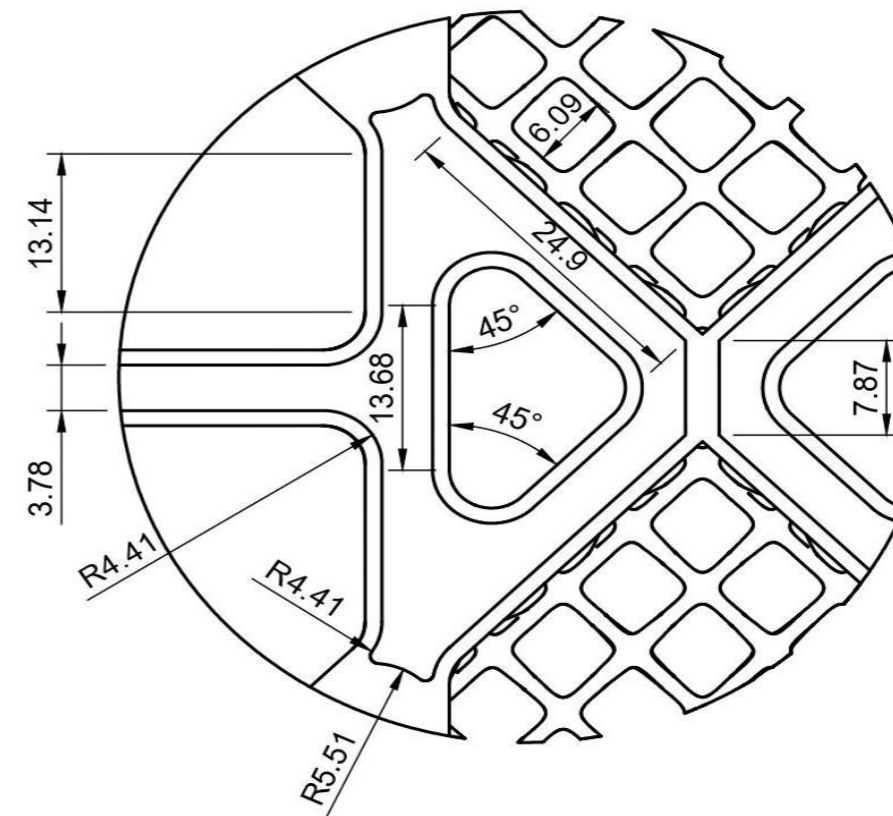
**DETALLE A
ESCALA 2:1**




	FECHA	NOMBRE	FIRMA	Material:	Cantidad:
Proyectado	24/01/22	Manrique Tania		PLÁSTICO ABS	1
Dibujado	24/01/22	Manrique Tania		Contiene:	Escala:
Revisado	31/01/22	Ing. Remache Paúl		Chasis - Corte A	1:2
Aprobado				Código:	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA				ANEXO	
				Sustituye a:	Hoja:



**DETALLE B
ESCALA 2:1**



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	Material:	Cantidad:
Proyectado	24/01/22	Manrique Tania		PLÁSTICO ABS	1
Dibujado	24/01/22	Manrique Tania		Contiene:	Escala:
Revisado	31/01/22	Ing.Remache Paúl		Chasis - Corte B	1:2
Aprobado				Código:	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA				ANEXO	
				Sustituye a:	Hoja:

Anexo 8: Fotos del chasis, material ABS






Anexo 9: Proceso de toma de inventario en la empresa Casa del Ruliman

	Casa del Rulimán del Ecuador S.A. CARRULESA	Fecha de Última Actualización: 02/09/2013
	AREA: LOGISTICA	REVISADO POR:
	PROCESO: TOMA DE INVENTARIO FÍSICO	PÁGINA

Áreas involucradas: Inventarios, Logística, Contabilidad, Compras e Importaciones, Servicio Técnico y Sistemas

Redacción del proceso

1. El Analista de inventario, líder de área de Contabilidad, de Logística y Compras e Importaciones realizan en conjunto el cronograma de tomas físicas anuales en el mes de octubre de cada año, lo presentan a los líderes gerenciales para la respectiva aprobación.
2. Los líderes gerenciales aprueban el cronograma y los líderes de área contabilidad y logística considera las fechas y costos para presentar en el presupuesto anual.
3. El líder de área de contabilidad y el analista de inventario convoca a una reunión treinta días previos al inventario con los líderes de áreas involucradas: (Compras e Importaciones, Sistemas, Desarrollo Humano, Compras Administrativas, Ventas y Logística para coordinar las siguientes actividades:
 - a. **Compras e Importaciones:** elaboración de cronograma de ingreso y liquidación de mercadería en tránsito al área de Logística en los días previos al inventario.
 - b. **Sistemas:** los computadores portátiles que serán requeridos para la toma física.
 - c. **Desarrollo Humano:** realiza el listado de los participantes y envía el respectivo comunicado de convocatoria (seleccionados por líder de área contable y aprobados por Líderes Gerenciales).
 - d. **Administración:** coordina la compra de los materiales y refrigerios necesarios durante la toma física.
 - e. **Ventas:** Coordina que los equipos de ventas realizan los pedidos a tiempo, comunica que las reservas de stock serán liberadas,
 - f. **Líderes de área:** deben incluir, en sus objetivos del mes, la participación de sus equipos en el inventario general.
 - g. **Analista de inventario:** planeación del proceso, recomendaciones, sugerencias y demás.
4. Con 15 días de anticipación a la fecha programada

	Casa del Rulimán del Ecuador S.A. CARRULESA	Fecha de Última Actualización: 02/09/2013
	AREA: LOGISTICA	REVISADO POR:
	PROCESO: TOMA DE INVENTARIO FÍSICO	PÁGINA

- a. **Desarrollo Humano:** confirma la asistencia del personal convocado al líder de área contable.
 - b. **Contabilidad:** coordina el detalle de los viáticos, realiza la asignación de grupos de conteo, digitadores y fiscalizadores de la Toma Física y coordina las capacitaciones con el área de Sistemas e inventario.
 - c. El **Analista de Inventarios** del área de Logística y área inventarios verifica que no haya movimientos (transferencias, notas de créditos, cruces de códigos, etc.) pendientes de procesar, pedidos pendientes de facturar, productos pendientes de tener ubicación asignada.
2. Con 72 horas de anticipación,
- d. Los **colaboradores asignados a la fiscalización** de la Toma Física, verificarán las condiciones físicas de las Bodegas de Almacenamiento.
 - e. El **líder de área compras administrativas** entrega al líder de área contabilidad todo el material requerido.
 - f. El **líder de área sistemas** realiza la capacitación a los líderes de grupos de conteo encargados de la digitación (ingreso de cantidades, confirmación de conteo), al Analista de Inventarios (apertura de toma, consolidación de cantidades e ítems por conteo y generación de diferencias), al líder de área contable y gerencial financiero (validación de inventario, bloqueo de marcas a inventariar, generación de reporte por movimientos y costos)
3. Con 48 horas de anticipación: Tomas para inventario:
- a. El Analista de Inventarios realiza la apertura de la toma física.
 - b. Una vez definida el número de tomas por marca se determina el nombre del líder de grupo de cada toma.
 - c. El analista de inventario notifica al líder de equipo del área contable, sistema, líderes gerenciales con la asignación realizada y listado de productos (activos e inactivos) para el conteo.

Inactivación de marcas:

	Casa del Rulimán del Ecuador S.A. CARRULESA	Fecha de Última Actualización: 02/09/2013
	AREA: LOGISTICA	REVISADO POR:
	PROCESO: TOMA DE INVENTARIO FÍSICO	PÁGINA

- a. Una vez realizada la división de tomas y subtomas, se procede a inactivar las marcas a inventariar.
 - b. Se notifica a líderes y equipos comercial, indicando que se restringen la aprobación de pedidos de venta, reserva de stock, solicitud de transferencias, prestamos de productos para muestra, solicitud de compra rápida, o cualquier otro ingreso en el sistema informático que conlleve a realizar movimientos de stock.
2. Se da inicio al primer conteo:
- d. Para realizar el conteo cada grupo tendrá el listado completo de productos sin cantidades, los equipos deben ingresar las cantidades encontradas por ítem (el conteo se realizará de todos los productos que se encuentren en el espacio físico por ubicación de la bodega que se va a inventariar- físico y virtual).
 - **Restricciones:** El líder de grupo de conteo no podrá visualizar cantidades y costos)
 - e. Una vez que los grupos asignados a la marca terminen su digitación, se procede a guardar dichas digitaciones.
 - f. El analista de inventario a custodiar los conteos realizados. (Por cada grupo de conteo se debe indicar el tiempo de conteo, según la apertura de toma osubtomas y entrega de los conteos al analista de inventario)
 - g. Una vez recibidos todos los conteos de tomas y subtomas, el analista de inventarios efectúa el consolidado de la toma física perteneciente a la misma marca.
 - h. El analista de inventario procede a generar las diferencias. Resume por separado los ítems sin diferencias y con diferencias (entre digitación y kárdex del sistema).
 - i. El sistema notificara vía email al líder de área contable y logística que ya están generadas las diferencias y mostrará sólo los ítems con diferencias sin cantidades para la digitación del recuento. (este paso se deberá realizar cuantas veces el equipo de inventario estime necesario).
3. Si el analista de inventario tiene la potestad de decide reasignar el número de subtomas y líder de grupo, caso contrario el analista podrá generar tomas o subtomas según la asignación inicial.

	Casa del Rulimán del Ecuador S.A. CARRULESA	Fecha de Última Actualización: 02/09/2013
	AREA: LOGISTICA	REVISADO POR:
	PROCESO: TOMA DE INVENTARIO FÍSICO	PÁGINA

1. Si no se presenta ninguna diferencia en la toma física, el analista de inventarios confirma la toma física y se envía un e-mail al área de contabilidad para el cierre del inventario.
 - d. Si en el resultado del inventario se identificaron productos no creados en el sistema, el analista de inventarios comunicará vía email al Equipo de Compras e Importaciones para que proceda según el proceso de creación de ítems.
2. Una vez cerrada la toma física de la marca, se realiza el reporte de diferencias finales y ajustes de ingreso o egreso (debe ser consolidados por marcas y bodegas) pertinentes en estado de "borrador" para que el líder del área contable los valide y se generen los asientos contables. El analista procede a desbloquear las marcas en el sistema informático.
3. El área de contabilidad imprime los reportes de movimientos y los archiva.

OBSERVACIONES:

Si se decide realizar recuento con diferencias finales, y realizar informe de constancia:

1. Si el reporte de diferencias presenta alguna diferencia, los fiscalizadores pueden proceder a reasignar los grupos y se da inicio al último conteo utilizando los pasos 7, 8, 9 y 10.
2. Los fiscalizadores elaborarán un informe de su análisis referente al desarrollo del inventario y se entregará al líder de área contable para respaldo en archivos.
3. Si existe problemas de conducta de algún colaborador, el área de desarrollo Humano intervendrá inmediatamente durante el proceso de inventario y de ser necesario utilizará la formalidad de un Memo firmado por el colaborador como llamado de atención.

Bodegas virtuales que físicamente constan en Matriz:

1. El área de inventario debe generar diferencias sin considerar las cantidades que se encuentren en bodegas virtuales,
2. Si existe faltante en ítems, el área de inventario debe asignar el faltante a la bodega matriz, dejando el inventario de las bodegas virtuales cuadrado.

	Casa del Rulimán del Ecuador S.A. CARRULESA	Fecha de Última Actualización: 02/09/2013
	AREA: LOGISTICA	REVISADO POR:
	PROCESO: TOMA DE INVENTARIO FÍSICO	PÁGINA

1. Si existe sobrante en ítems, el área de inventario debe asignar el sobrante a la bodega matriz, dejando el inventario de las bodegas virtuales con las cantidades registradas en el sistema informático inicialmente según ubicación.

Procesos de ventas que deben ser concluidos o restringidos previo a la generación de tomas:

- a. Se debe liberar automáticamente las reservas de stock, al generar la toma física de las marcas.
- b. Se debe realizar reportes de movimientos de inventarios no validados, para la revisión por parte del líder de área contable y analista de inventario.
- c. No se debe permitir la selección o visualización de stock de ítems de marcas inactivas por inventario en pedido de ventas y solicitudes de transferencias, si existiese un sistema informático.
- d. Se debe realizar reporte de transferencias, picking, solicitudes notas de crédito por devolución sin procesar previo a la generación de tomas.

Restricciones en inventario:

- e. El sistema informático no permitirá la selección o visualización en los pedidos de ventas ni solicitudes de transferencias el stock de ítems de marcas inactivas por inventario
- f. El sistema informático no debe permitir la generación de tomas física de marcas que tengas ítems en picking, solicitudes de transferencias y ningún movimiento que no se encuentre procesado.

Escenarios de cancelación:

1. Si es necesario reversar tomas y subtomas de marcas, lo podrá realizar el analista de inventario, si no se registra la validación de conteos. El sistema informativo debe guardar historial de generación de tomas y subtomas por marca (fecha y usuario de generación).
2. Si es necesario la reapertura, de conteos de tomas o subtomas, el líder de grupo debe solicitar la reapertura del conteo al analista de inventario, el mismo podrá realizar la reapertura si aun han sido consolidadas las tomas, caso contrario debe hacerlo el líder del área contable, se genera la separación de las tomas consolidadas para posterior reapertura de la subtomas.
3. Si se requiere reversar la validación de una toma física, este proceso solo lo realizará el líder gerencial, previa solicitud de cancelación del analista de inventario (debe indicar el motivo por el que se genera la solicitud).

	Casa del Rulimán del Ecuador S.A. CARRULESA	Fecha de Última Actualización: 02/09/2013
	AREA: LOGISTICA	REVISADO POR:
	PROCESO: TOMA DE INVENTARIO FÍSICO	PÁGINA

En caso de contar con un sistema informático, Historiales de conteos:

El sistema informático debe generar históricos (fechas y usuarios) de generación de tomas, subtomas, conteos, cancelaciones y validación

Bodega físico mostrador:

Se debe generar toma y subtomas, por marcas y todos los ítems de la bodega.

Documentos esenciales que deben generarse en el proceso

A. Reporte final de inventario

- Documento generado por el sistema.
- Detalles del documento:
 - Bodega
 - Fecha
 - Marca
 - Detalle de diferencias
 - Marca
 - Código del producto
 - Contabilizado
 - Esperado
 - Saldo en cantidades
 - Costo (sólo para el área de contabilidad)
 - Diferencia en USD (sólo para el área de contabilidad)
 - Costo unitario
 - Costo total
 - Referencia de asiento de diario
 - Movimiento generado de ingresos o egresos de inventario(sistema informático permita ingresar al detalle del movimiento)

Aprobaciones:

- El analista de inventario realiza el cierre del conteo.
- El cierre de inventario lo realiza el área de contabilidad.

	Casa del Rulimán del Ecuador S.A. CARRULESA	Fecha de Última Actualización: 02/09/2013
	AREA: LOGISTICA	REVISADO POR:
	PROCESO: TOMA DE INVENTARIO FÍSICO	PÁGINA

B. Toma física individual

- Documento generado por el sistema.
- Detalles del documento:
 - Digitador
 - Fecha de emisión de documento
 - Número del conteo
 - Secuencial de la toma física
 - Bodega
 - Notas
 - Detalle de productos
 - Marca
 - Código
 - Nombre de lista
 - Ubicación
 - Bodega
- Aprobaciones:
 - El digitador (líder de grupo) guarda y valida su conteo.
 - Se generan las diferencias.