

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGÍA



ELECTROMECAÁNICA

INFORME DE PASANTÍA

“MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE DRONES”

Informe de pasantía para la obtención de grado de Técnico Universitario Superior

REALIZADO POR:

UNIV. ZAPATA MAMANI RODRIGO MARIO

GESTIÓN 2021

DEDICATORIA

A mis tías que me brindaron todo su apoyo durante el tiempo que realice mis estudios profesionales.

A mis abuelos que con ellos se vive, se comparte, se apoya y se comunican estas realidades, me dieron el aliento necesario para no renunciar y levantar las manos en este tiempo que realice mis estudios.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Mayor de San Andrés, a la Facultad de Tecnología y a la Carrera de Electromecánica, por haberme brindado una enseñanza académica adecuada para desenvolverme en mi vida profesional.

A la empresa DRONES Y TECNOLOGIA S.R.L, que me abrió sus puertas para realizar el proceso de pasantías, gracias por todos los conocimientos que me enseñaron.

Al tutor por su ayuda incondicional para culminar con éxito este proceso.

A todos los docentes facilitadores, por haberme brindado todos los conocimientos y así alcanzar el éxito profesional.

A mis amigos y compañeros de clases, gracias por compartir tantos momentos de alegría y también de tristezas, pero juntos salimos adelante para lograr nuestras metas.

Y a todos quienes cooperaron directa e indirectamente para la conclusión de este informe.

CONTENIDO

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	1
1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	1
1.3. OBJETIVOS DE LA EMPRESA	2
1.4. MISIÓN, VISIÓN Y DE LA EMPRESA	2
1.4.1. MISIÓN DE LA EMPRESA	2
1.4.2. VISIÓN DE LA EMPRESA	2
CAPITULO II: EL PASANTE	3
2.1. DESCRIPCIÓN DEL CARGO DESEMPEÑADO	3
2.2. OBJETIVOS DE LA PASANTÍA	3
2.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPITULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO, FUNCIONAMIENTO, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DRONES.	4
3.1. LOS DRONES	4
3.1.1. Historia	4
3.1.2. Origen de los UAV	4
3.1.3. Funcionamiento de un dron.	5
3.1.4. Características de los drones	9
3.1.5. Características importantes en los drones	13
3.1.5.1. Tiempo de vuelo del dron	13
3.1.5.2. Gama y alcance	14
3.1.5.3. Características de la cámara del dron	14
3.1.5.4. Botón Volver a casa	15
3.1.5.5. Cardan o Gimbal	15
3.2. COMPONENTES MECÁNICOS DE UN DRON.	15
3.2.1. Componentes eléctricos de un Dron	16
CAPITULO IV: ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA EMPRESA DURANTE LA PASANTÍA	18
4.1 Limpieza y mantenimiento de drones Phantom	18
4.2 Mantenimiento preventivo después de cada vuelo en drones Phantom 3	20

4.3 Mantenimiento temporal.....	23
4.4 Mantenimientos temporales por uso y desgaste.....	26
4.4.1 Mantenimiento en el conjunto de la hélice.....	26
4.4.2 Mantenimiento en el conjunto de los motores/variadores.....	27
4.5 Mantenimiento del conjunto de cables.....	29
4.6 Mantenimiento en el conjunto del tren de aterrizaje/soporte.....	30
4.7 Mantenimiento en el conjunto de sensores.....	30
4.8 Mantenimiento obligatorio después de incidencias o accidentes.....	33
4.9 LISTA DE ELEMENTOS Y HERRAMIENTAS IMPRESCINDIBLES PARA UN CORRECTO MANTENIMIENTO.....	38
4.10 Mantenimiento por bloqueos en el dron.-.....	39
4.11 Mantenimiento del chasis o carcasa dron Phantom 4, Phantom 3, Mavic Air, Mavic Pro.....	40
4.12 Mantenimiento del conjunto de propulsión dron Phantom 4.....	44
4.13 Mantenimiento de los Rotores/motores en los drones Phantom 3 y 4.-.....	47
4.14 Reemplazo de ESC/variadores en dron Phantom 3 y Phantom 4.....	52
4.15 Configuración del software de vuelo para drones DJI.....	61
4.16 MANTENIMIENTO EN OTROS ELEMENTOS DE LOS DRONES.....	64
4.16.1 Cambio de led´s de dron Phantom 3 y Phantom 4.....	66
4.16.2 Mantenimiento en las Baterías.....	77
4.17 Averías más usuales.....	83
4.18 SEMANA DE CURSOS ACERCA DE DRONES (PILOTAJE, MANTENIMIENTO Y FOTOGRAMETRIA).-.....	88
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
5.1. CONCLUSIONES.....	92
5.2. RECOMENDACIONES.....	92
BIBLIOGRAFIA.....	94
GLOSARIO:.....	95
ANEXOS.....	97

INDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Cuadricóptero con cámara (Fuente: www.muydrones.com)	5
Figura 2. Componentes electrónicos de un dron (Fuente: www.pinterest.es)	7
Figura 3. Dron ensamblado (Fuente: www.google.com)	8
Figura 4. Dron de entrega de la empresa Amazon (Fuente: www.rtve.es)	9
Figura 5. Dron realizando vuelo de reconocimiento.....	11
Fuente: www.demaquinasyherramientas.com	11
Figura 6.Dron aplicado en la agricultura.....	12
Fuente: www.demaquinasyherramientas.com	12
Figura 7. Modelo Mavic Air.	14
Fuente: www.dji.com	14
Figura 8. Componentes de un dron.	15
Fuente: www.google.com	15
Figura 9. Spray de limpieza de aire comprimido en seco.....	21
Figura 10. Hélice bipala de plástico.	21
Figura 11. Accesorio Gimbal	21
Figura 12. Disposición de antenas y gimbal en un dron multirrotor.	22
Figura 13. Conjunto bancada/motor montado en un dron.	24
Figura 14. Disposición de sensores volumétricos (Rojo) y sensores ópticos (verde)	24
Figura 15. Distintos tipos de emisores. (Fuente: www.google.com)	25
Figura 16. Sistema FPV	26
Figura 17. Diferentes sistemas de fijación de hélices.	27
Figura 18. Motores Brushed	28
Figura 19. Cableado de componentes electrónicos de una dron.	30
Figura 20. Principales elementos y conjunto del tren de aterrizaje de un dron.	30
Figura 21. Detalle de elementos GPS de un dron.	31
Figura 22. Accidentes de drones.....	34
Figura 23. Chasis con la fibra agrietada tras el golpe	38
Figura 24. Desarme de un dron	40
Figura 25. Cuerpo de un cuadricóptero con estructura de aluminio.....	41
Figura 26. Detalle de un chasis de fibra de carbono (Fuente: www.google.com)	42
Figura 27. Phantom 4.....	43
Figura 28. Des laminado de un brazo de fibra de carbono.....	44
Figura 29. Hélices.	46
Figura 30. Motor eléctrico trifásico brushless.	48
Figura 31. Detalle del interior de un motor eléctrico brushless	48
Figura 32. Desmontaje y limpieza de un motor.....	51
Figura 33. Esquema de los componentes de un dron.....	53
Figura 34. Hexacóptero equipado con un sistema autónomo de vuelo.....	57
Figura 35. Pantalla principal del software de control “Dronin”.....	58
Figura 36. FC situada en el centro de presiones en un DJI Phantom.....	58
Figura 37. Flecha o indicador de dirección en una FC	60

Figura 38. FC atornillada al chasis.....	60
Figura 39. Capsula barométrica en una controladora F3.....	61
Figura 40. Programa de configuración Mission Planer	62
Figura 41. Aplicación de configuración de una FC.	62
Figura 42. Sensores de corriente	63
Figura 43. Gimbal de brazo	65
Figura 44. Luces de posición	66
Figura 45. Emisora de control y OSD. (Fuente: www.google.com).....	70
Figura 46. Representación sintética de la información de vuelo.....	70
Figura 47. Representación sintética que muestra información de vuelo	71
Figura 48. Secuencia de desmontaje de motor.	74
Figura 49. Extracción de la campana superior e inferior del motor además del estator. (Fuente: propia)	75
Figura 50. Soplado de las espiras del estator del motor.....	75
Figura 51. Dron con brazos plegables.	76
Figura 52. Batería específica para Phantom.	78
Figura 53. Cableado de una FC.....	84
Figura 54. Sentido de giro correcto en un cuadricóptero. (Fuente: www.google.com).....	85
Figura 55. La empresa Drontec capacitaba y brindaba cursos de pilotaje y mantenimiento (Fuente: Propia)	88
Figura 56. Software Assistant 2.....	89
Figura 57. Aplicación DJI GO (Alerta batería baja).....	90
Figura 58. Aplicación DJI GO (Alerta de interferencia)	90
Figura 59. Ensamble y herramientas de reparación de drones.	91
Figura 60. En las instalaciones de la empresa era fundamental el orden y el aseo.	91

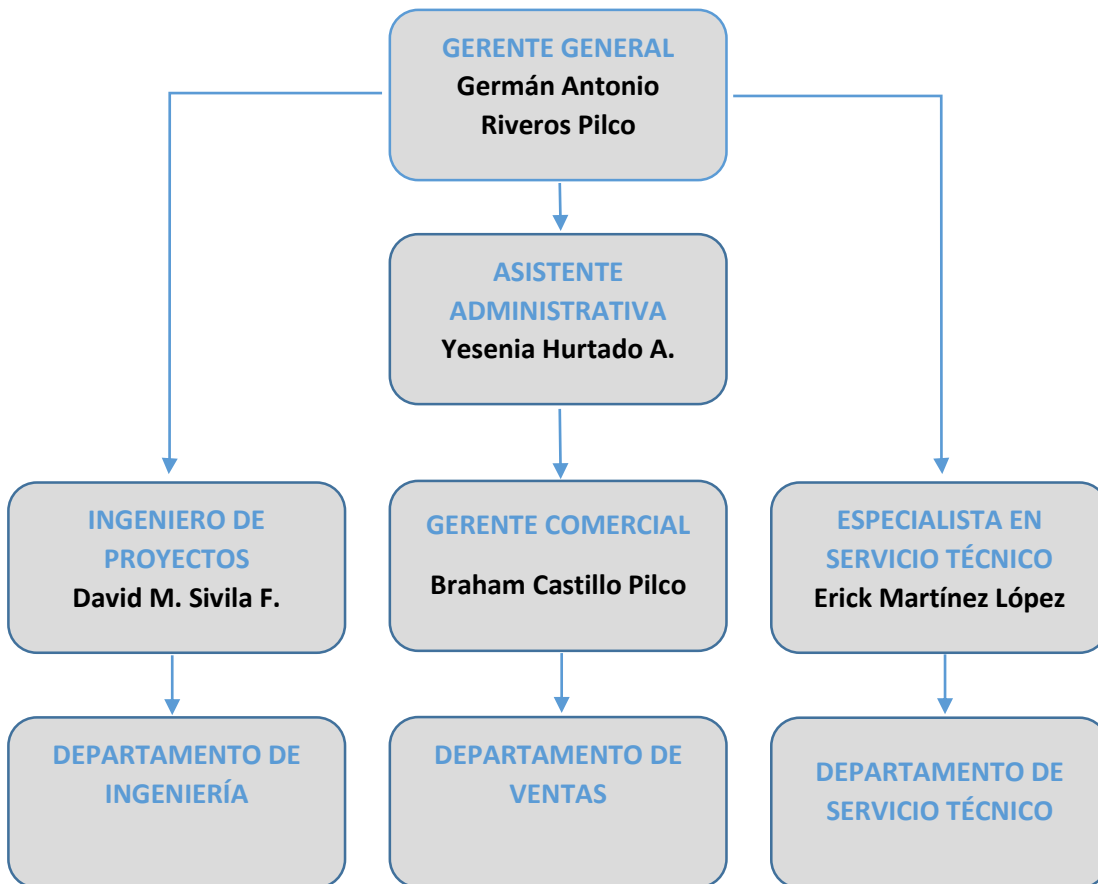
CAPITULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

En marzo de 2015 Germán Antonio Riveros y su hermano Rafael Riveros formaron la empresa DRONES Y TECNOLOGÍA S.R.L. con la intención de proveer soluciones al sector productivo y público con Vehículos Aéreos no Tripulados en la ciudad de La Paz y para luego extender el mismo a toda Bolivia.

En la actualidad la empresa cuenta con 4 años en la industria, donde la principal actividad es la venta de drones, alquiler, servicio técnico especializado, servicio industrial en las áreas eléctrica, petrolera, arquitectónica, civil, minera entre otras.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA



1.3. OBJETIVOS DE LA EMPRESA

Satisfacción de las necesidades de nuestros clientes respetando las normas legales, éticas y morales de Bolivia así como las de una sociedad con un alto sentido del buen vivir.

Atender con especialización profesional en el rubro de los Drones brindando servicios, asesoramiento, soporte técnico y post-venta en constante mejora.

1.4. MISIÓN, VISIÓN Y DE LA EMPRESA

1.4.1. MISIÓN DE LA EMPRESA

Proveer soluciones efectivas a la comunidad con profesionalidad, honestidad y calidad.

1.4.2. VISIÓN DE LA EMPRESA

Convertimos en la empresa de referencia en cuanto a la provisión, alquiler y soporte técnico de Drones en todo el territorio Boliviano.

CAPITULO II: EL PASANTE

2.1. DESCRIPCIÓN DEL CARGO DESEMPEÑADO

Practicante en el área de Servicio Técnico y Mantenimiento de Drones, cumpliendo 520 horas desempeñando esta función desde el 07 de noviembre de 2018 a 07 de mayo de 2019.

2.2 OBJETIVOS DE LA PASANTÍA

2.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un uniforme de las actividades que mi persona realizo como técnico electromecánico dentro de la empresa DRONES Y TECNOLOGÍA S.R.L.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detallar las tareas realizadas como técnico electromecánico.
- Mostrar las principales actividades realizadas dentro la empresa Drones y Tecnología S.R.L.
- Percibir la empresa como un ambiente de aprendizaje y la pasantía como un proceso que debe satisfacer necesidades empresariales y académicas.
- Adquirir y proponer técnicas de mantenimiento y reparación de los drones de la marca DJI.
- Promover mantenimientos preventivos y correctivos en los drones para su correcto funcionamiento.

CAPITULO III: FUNDAMENTO TEÓRICO, FUNCIONAMIENTO, COMPONENTES Y CARACTERISTICAS DE LOS DRONES.

3.1. LOS DRONES

Es un vehículo aéreo no tripulado, dron o avión no tripulado de uso civil. Su nacimiento y posterior desarrollo se debe a las necesidades militares que imperaron durante la Segunda Guerra Mundial y la posterior Guerra Fría. Un pequeño avión capaz de cruzar las líneas enemigas, tomar información e incluso alcanzar pequeños objetivos sin arriesgar la vida de ningún soldado. Pronto se convirtió en un objeto de deseo para cualquier ejército moderno. En la actualidad varias empresas civiles trabajan para transformar este artilugio militar en una herramienta útil para la sociedad civil.

3.1.1. Historia

Con la llegada de la Segunda Guerra Mundial fueron muchos los inventos que se desarrollaron a contrarreloj con la única motivación de ganar una guerra. Una de las industrias que mayor velocidad de desarrollo alcanzó fue la industria aeronáutica. Pasamos de los «artilugios» voladores de la primera guerra europea a los primeros motores a reacción. La prosperidad industrial que trajo la guerra hizo avanzar a la industria aeronáutica en su diseño de aerodinámico, el empleo de nuevos materiales. Tal fue el desarrollo de la época que EE.UU. pasó en 1941 de una industria aeronáutica compuesta por 190 000 trabajadores a 450 000. Los primeros UAV se usaban durante la guerra únicamente con el fin de adiestrar a las baterías antiaéreas y no fue hasta finales del siglo XX cuando las primeras unidades fueron gobernadas por radiocontrol lo que amplió significativamente la utilidad de estos pequeños aviones.

3.1.2. Origen de los UAV

La caída del muro de Berlín en 1989 dio por finalizada la llamada Guerra Fría entre EE.UU. y la antigua URSS abriéndose nuevos horizontes para la industria civil. A todas aquellas tecnologías desarrolladas por la industria bélica se les fue buscando aplicaciones civiles que redundaran en beneficio de la sociedad. Sirvan como ejemplos algunos elementos, más o menos cotidianos, que deben su origen a las extraordinarias

circunstancias de una guerra: nuestros actuales microondas, cuyo origen está en el radar, las comidas en lata, el detergente en polvo, los bolígrafos o la energía nuclear.

Los UAV han seguido a lo largo de los años el mismo camino. Tras las primeras versiones por radiocontrol, en 1995 entraba de lleno en las filas militares una nueva herramienta fabricada por General Atomics, el MQ-Predator. No solo era un avión autónomo, podía memorizar rutas y objetivos sin necesidad de radio control, además era un completo sistema de armas que le valió el respeto militar y le ha hecho protagonista en prácticamente todos los conflictos desde 1995 hasta la actualidad. El éxito del proyecto hizo que se desarrollaran diversas variantes hasta conseguir un UAV totalmente diseñado para el combate, se trata del MQ-9 Reaper. Con más de 20 metros de envergadura es capaz de alojar una carga 15 veces superior triplicando la velocidad operativa de su antecesor.

3.1.3. Funcionamiento de un dron.



Figura 1. Cuadricóptero con cámara (Fuente: www.muydrones.com)

Los Vehículos aéreos no tripulados (VANT), más conocidos como drones, son aparatos de alta tecnología que funcionan gracias a unas hélices o rotores que les permite mantenerse y propulsarse en el aire.

Aunque la mayoría de los modelos suelen tener cuatro hélices (por eso reciben también el nombre de cuadricópteros), se pueden encontrar drones de tres, seis y hasta ocho

hélices. Las hélices más comunes en los drones son las de dos palas, aunque en algunos modelos se utilizan hélices de tres o cuatro palas.

Para que el dron se mantenga estable, dos de estas hélices rotan en un sentido y las otras dos lo hacen en sentido contrario.

Cada una de las hélices se impulsa mediante un pequeño motor propulsado electrónicamente. Este sistema de motores y hélices independientes es muy útil porque permite que el aparato pueda seguir volando en caso de que alguno de los motores deje de funcionar.

Los drones se pilotan por control remoto y pueden realizar diferentes movimientos: pueden girar hacia la derecha o hacia la izquierda de su eje vertical y de su eje longitudinal, pueden elevarse en vertical o rotar hacia delante o hacia atrás en relación a su eje transversal. Todos estos movimientos se controlan ajustando la propulsión de cada hélice y esto se hace con un aparato denominado controlador (o controladora) central de vuelo, cuya función principal es que el dron mantenga un vuelo lo más estable posible.

El controlador central consta de diferentes componentes, uno de los principales es el magnetómetro, que mide la fuerza y la dirección del campo magnético y que funciona como una brújula que señala el polo norte magnético. La controladora recibe la información sobre la posición del aparato a través de una unidad GPS, que es un sistema de navegación y localización mediante satélite. Algunos profesionales utilizan también un magnetómetro independiente al que contiene el controlador de vuelo para evitar interferencias.

Otra función de la controladora de vuelo es transmitir información al controlador de velocidad o ESC (Electronic Speed Control), que es el que hace que cada motor gire con las revoluciones necesarias para asegurar el vuelo.

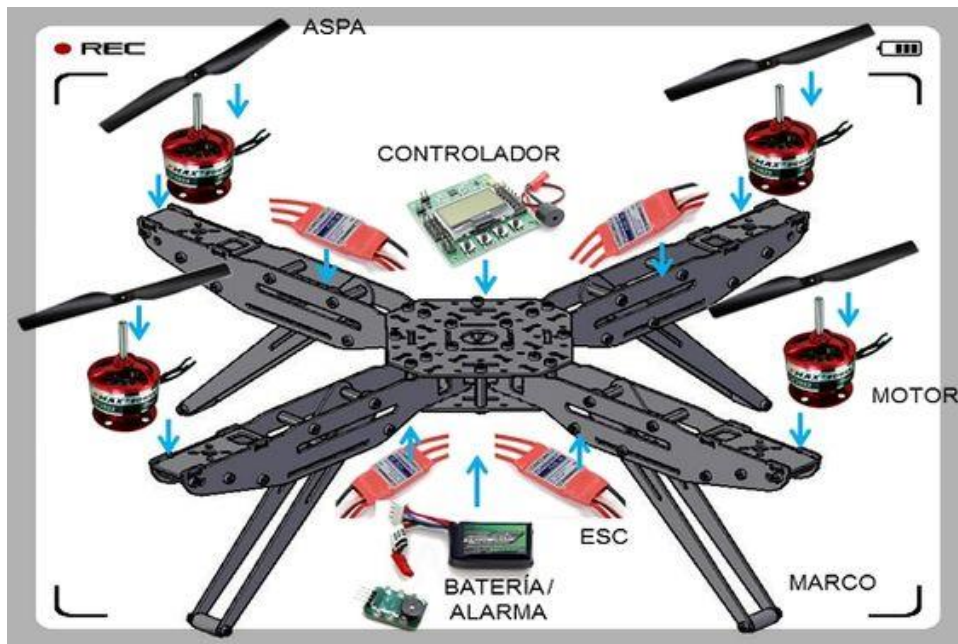


Figura 2. Componentes electrónicos de un dron (Fuente: www.pinterest.es)

Para alimentar de energía a todos los componentes electrónicos del aparato se usan baterías de tipo LiPo, que son fáciles de recargar y permiten alimentar todos los circuitos del dron. La capacidad de la batería que se use permitirá al dron una mayor o menor autonomía de vuelo. La potencia de la batería, junto con el número de motores del dron, serán los que posibiliten que el dron pueda recorrer una mayor o menor distancia.

El mando o transmisor de radio es el que permite dirigir el vuelo del dron y realizar ajustes a distancia. Normalmente se usa un aparato de control remoto pero actualmente también se puede pilotar un dron con un teléfono móvil.



Figura 3. Dron ensamblado (Fuente: www.google.com)

Incluso el más grande de los drones actuales, es un vehículo relativamente muy pequeño y muy ligero. Por lo general, están compuestos de fibra de carbono, materiales metálicos y de plástico muy poco. La fibra da resistencia y ligereza, mientras que el plástico se utiliza en los puntos de la estructura que no son cruciales para la resistencia del dispositivo. El metal está en los tornillos, baterías y motores.

Existen varias configuraciones de drones, pero los más comunes son aquellos que utilizan cuatro motores situados en los extremos de cuatro ejes. Estos pequeños motores son pequeños y redondos propulsores eléctricos que dan soporte al vuelo del dispositivo y adoptan el mismo principio que explica cómo los helicópteros vuelan.

En el cuerpo principal del dron hay baterías que, por razones de peso, tienden a ser muy pequeños. Así que incluso los mejores drones del mercado normalmente tienen autonomía de vuelo de sólo unos pocos minutos.

El fuselaje del aparato es también una placa lógica que contiene los sistemas de navegación y control. En este circuito, dependiendo del dispositivo, hay chip GPS que permite precisar más el vuelo libre de navegación. Las posiciones de localización por satélite es posible trazar un camino y soltar el robot que seguirá al pie de la letra el camino dibujado por el controlador.

En el mismo tablero hay una computadora que recibe las instrucciones de navegación en el caso de control manual y pasa a los motores, aumentando o disminuyendo la

aceleración y la altitud. Dependiendo del dispositivo, hay capacidades de transmisión de datos para el regulador, que van desde la cantidad de energía restante en las batería y de las imágenes tomadas por una cámara incorporada.

Aplicaciones y usos en el futuro



Figura 4. Dron de entrega de la empresa Amazon (Fuente: www.rtve.es)

En la actualidad, los drones producidos para los consumidores no profesionales se centran en el registro de la imagen. Pero hay mucha gente trabajando en el desarrollo de tecnologías y servicios que pueden utilizar aviones para la entrega del producto en entornos urbanos.

3.1.4. Características de los drones

Estos vehículos aéreos cuentan con un componente de conducción mediante radiocontrol, pero no se limitan solo a las instrucciones que reciben. Los drones pueden ejecutar actividades o tareas de forma autónoma, gracias a los sensores de nivel y de altura, al giroscopio y al GPS que poseen incorporados en su electrónica. Estos componentes le permiten a los vehículos aéreos no tripulados, tomar decisiones sin la intervención de un ser humano, convirtiéndolos en aparatos con cierto nivel de autonomía.

Desde su aparición y su primera implementación en el mundo civil, estos vehículos han estado demostrando su grandioso potencial en diferentes áreas industriales. Los drones representan una alternativa mucho más económica, limpia y efectiva para ejecutar

trabajos en el ámbito de la construcción, minería, agricultura e incluso en el mundo del cine y la televisión, por mencionar algunos.

Estos aparatos tienen la capacidad y el potencial de cambiar la forma de trabajo de muchos sectores. Y su aparición ya está obligando a transformar ciertos aspectos de la industria y el sector de máquinas y herramientas.

Incursión de los drones en diferentes campos de trabajo

Agricultura

Una de las implementaciones que han tenido los drones y con gran éxito, ha sido en el área de la agricultura. Estos aparatos se utilizan para inspeccionar todo el campo de siembra y determinar en qué zonas específicas se requiere aplicar pesticida. Esto representa un ahorro monetario considerable, ya que no se requiere el uso de aviones piloteados, ni recurrir a satélites. Por otro lado, representa una gran disminución del deterioro ambiental.

Adicionalmente, los drones proporcionan información que permite realizar diversos análisis para hacer correcciones en la metodología de trabajo, y para adoptar nuevas tecnologías.

Los japoneses son los pioneros en el uso de drones para el cuidado y supervisión de sus cultivos, obteniendo resultados altamente positivos.

Industria petrolera

Una de las principales empresas petroleras, ha implementado el uso de drones para realizar la vigilancia constante de una tubería que cuenta con varios kilómetros y que se encuentra ubicada en Alaska. Algunas secciones de esta tubería se encuentran en lugares de difícil acceso para humanos, por lo que el empleo de los drones ha sido esencial para el rastreo de fugas en el área. Por supuesto, el beneficio adicional es el ahorro que implica el no necesitar helicópteros para realizar el trabajo.

Topografía

Otros de los campos de trabajo en los que se utilizan los drones, es el de la topografía. Los drones gracias a su alcance y a su capacidad para tomar fotografías, pueden inspeccionar grandes extensiones de terrenos en poco tiempo.

Un profesional de la topografía de origen griego, detalla que gracias al uso de drones puede efectuar el trabajo que anteriormente le tomaba 3 semanas, en solo 3 o 4 días, y sin requerir personal. Esto representa para él un ahorro significativo tanto de tiempo como de dinero y aquí también aparece el desafío; cómo los puestos de trabajo deben re significarse con la aparición de nuevas tecnologías y la importancia de capacitarse en ellas para estar actualizados.



Figura 5. Dron realizando vuelo de reconocimiento

Fuente: www.demaquinasyherramientas.com

Cartografía

En el campo de los mapas los drones constituyen una herramienta invaluable. Gracias a la información proporcionada por estos aparatos, se pueden crear mapas con elevación incluida, modelado en imágenes 3D y modelado digital de la superficie. Los drones pueden capturar tipografía geológica que de otra forma sería muy difícil de

obtener. Esto además aporta una precisión exacta en la información plasmada en los mapas.

Son innumerables los usos que se le pueden dar a los drones en el mundo laboral, y en cualquier ámbito. Estos vehículos aéreos no tripulados son utilizados también para efectuar inspecciones de instalaciones fotovoltaicas, plantas industriales, tendido eléctrico, infraestructuras críticas, bosques, seguimiento a animales en peligro de extinción, supervisión de fronteras, seguimiento al desarrollo de incendios, entre muchos más.



Figura 6.Dron aplicado en la agricultura.

Fuente: www.demaquinasyherramientas.com

Por otro lado, la NASA también utiliza drones para medir de forma precisa el grosor de la tropopausa, capa que existe entre la estratosfera y la troposfera. Esto con el objetivo de conocer mejor la interacción del vapor de agua con el ozono, lo que podría representar la clave para detener el cambio climático.

En cuanto al potencial de estos drones, las posibilidades y propuestas son muchas:

- Se plantea la opción de utilizarlos para predecir la trayectoria de un trueno, ubicando al dron en el epicentro del mismo.
- Se ha diseñado un dron equipado con medicina, desfibrilador, cámara y micrófono, para guiar a las personas durante el auxilio de víctimas en cualquier lugar, mientras llega la ayuda de los profesionales.
- También se plantea utilizar los drones para transportar comida y medicinas a lugares de difícil acceso.
- Otra propuesta es la de emplear drones para realizar entregas a domicilio.

Los drones sin lugar a dudas, son una potente herramienta capaz de optimizar la forma de ejecución de muchas tareas o trabajos, y de aumentar el nivel de eficiencia de cualquier empresa o negocio. Por otro lado, y algo que aporta puntos a favor de estos aparatos, es que funcionan con el empleo de energía limpia, además de que poseen un nivel de autonomía y de captura de información muy ventajoso.

3.1.5. Características importantes en los drones

Hay mucho que considerar al analizar las características más importantes en los drones. Es difícil decidir que dron se adapta mejor a cada persona debido a la variedad de especificaciones y detalles técnicos de estos dispositivos. Se tratará de hacer un análisis de las características más importantes para que sepas qué buscar a la hora de comprar un dron.

3.1.5.1. Tiempo de vuelo del dron

La característica más importante a buscar en un dron es que tenga bastante tiempo de vuelo. No es divertido tener que parar a cargar tu dron en el momento de mayor disfrute. Los tiempos de vuelo de los drones actuales varían de alrededor de 5 a 30 minutos, los drones para principiantes típicamente alcanzan los 10 minutos. El tiempo de vuelo también tiene mucho que ver con cuánto puede aprovechar su alcance y si puede maniobrarse correctamente mientras está lejos. Por lo tanto, incluso con baterías adicionales, un tiempo de vuelo corto limita el disfrute de su dron.

Debe tener baterías adicionales para que pueda cambiarlas cuando se le acaben. Cuanto más elegante y caro sea el dron, más cara será la batería. En última instancia, si se está preparando a fondo, el tiempo máximo de vuelo puede depender del número de baterías cargadas que pueda llevar consigo. Tienes que hacer regresar al dron para hacer el cambio de batería, lo cual es mucho mejor que tener que regresar a casa y cargarlo durante más de una hora.

3.1.5.2. Gama y alcance



Figura 7. Modelo Mavic Air.

Fuente: www.dji.com

Tener un buen alcance puede ser clave, dependiendo de para qué se vaya a usar el dron. Si está utilizando un dron para carreras o para filmaciones de alta calidad, necesita un largo alcance. Sin embargo, para un dron aficionado no es vital tener un largo alcance, porque puedes caminar y seguirlo si necesitas ir más lejos.

3.1.5.3. Características de la cámara del dron

Casi todos los drones en la actualidad vienen con cámara. Algunas son opcionales a la hora de instalar, pues si su deseo es que el dron vuele más tiempo, lo mejor es dejar la cámara apagada. Sin embargo, lo más probable es que desee explorar la posibilidad de tomar fotografías y videos desde el cielo. Las cámaras de mayor calidad se incluyen con drones más caros, y si realmente le gusta capturar imágenes y vídeo, las

especificaciones de la cámara pueden ser incluso lo más importante a la hora de elegir un dron.

3.1.5.4. Botón Volver a casa

Esta característica le permite simplemente presionar un botón que hace que el dron vuele de vuelta hacia usted. Los drones más caros tendrán mejores características para regresar a casa, incluyendo el evitar obstáculos. Si su dron no tiene GPS, simplemente retrocederá cuando usted oprima el botón, así que asegúrese de hacerlo en modo sin cabeza, o de lo contrario podría considerar que retrocede en muchas direcciones diferentes en vez de hacia usted.

3.1.5.5. Cardan o Gimbal

El cardan o gimbal evita que las imágenes tambaleen. Tu dron cambia mucho de dirección e inclinación y sin tener un cardán, el hacerlo puede hacer que el video parezca tembloroso e inclinado si no eres lo suficientemente hábil como para mantenerlo nivelado en los momentos clave de la captura de imágenes. Los cardanes son vitales para producir vídeos de aspecto profesional.

3.2. COMPONENTES MECÁNICOS DE UN DRON.



Figura 8. Componentes de un dron.

Fuente: www.google.com

Estructura

Es la parte donde se ensamblan y apoyan el resto de componentes. Puede tener diferentes tamaños y diseños, pero su principal objetivo o función será la de reducir al máximo las vibraciones producidas por los motores. Por otro lado, es importante que el material empleado en la fabricación de la estructura, tenga las propiedades de ser fuerte, rígido y ligero, como la fibra de carbono.

Hélices

Habrán cuatro en total, una por cada motor. El tener cuatro hélices hará que el cuadricóptero sea más estable en el vuelo.

Motores

Un cuadricóptero tiene cuatro motores y en cada uno de ellos se conecta una hélice. Se sitúan en la parte exterior de los brazos de la estructura.

3.2.1. Componentes eléctricos de un Dron

Control electrónico de velocidad

Es un componente esencial en el vuelo, ya que interpreta la información que recibe de la placa controladora y varía la velocidad y dirección en el movimiento del cuadricóptero.

Batería

Alimenta de energía todos los componentes eléctricos.

Control remoto

Es el dispositivo que controla el funcionamiento del cuadricóptero desde el suelo hacia el vuelo y viceversa. Algunos controles remotos pueden ser sustituidos por software en smartphones y tablets.

Placa controladora

Es la placa controladora de vuelo. Su propósito es asegurar la estabilidad en el vuelo y esto se consigue transmitiendo información al Control Electrónico de Velocidad (ESC)

Mecánica de un Cuadricóptero

Como hemos mencionado, para el funcionamiento del cuadricóptero se usan cuatro motores con hélices, dos giran en el sentido de las agujas del reloj y las otras dos en sentido contrario. Las cuatro hélices trabajan al mismo tiempo para crear la fuerza de empuje necesaria para llevar al dispositivo hacia arriba.

Variando el empuje que se ejerce con cada hélice se puede conseguir una estabilidad completa del aparato. El peso total del cuadricóptero se divide entre cada uno de los motores y modificando el par de cada uno de ellos, podremos controlar el vuelo.

CAPITULO IV: ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA EMPRESA DURANTE LA PASANTÍA






En el periodo de pasantía en la empresa Drones y Tecnología S.R.L. la participación de mi persona fue como técnico electromecánico de apoyo en el área de mantenimiento de drones.

4.1 Limpieza y mantenimiento de drones Phantom

En este capítulo se detallará los mantenimientos en los drones de la marca DJI ya sea en los diferentes modelos y en sus diferentes partes o componentes.

El servicio de mantenimiento de los equipos consistía en:

Revisión técnica en el taller donde se comprueba el estado:

Chasis y estructura	
Variadores	
Motores	
Hélices	
IMU	

Sistema de posicionamiento óptico	
Cámara	
Estabilizador	
Batería	
Actualizaciones y configuraciones	
Calibración de emisora, voltaje y calidad de emisión	

Test Flight consiste en comprobación del equipo en vuelo:

- Comprobación de video
- Comprobación de Telemetría
- Comunicación radiocontrol
- Modos de vuelo
- RTH (Vuelta a casa automática)
- Mantenimiento de posición GPS

Así, el mantenimiento establece el conjunto de normas y técnicas para la conservación de los componentes y equipos de cualquier dron, para que obtenga el mejor rendimiento posible y la mayor vida útil. Dependerá de cada dron y cada fabricante, pero hay unas tareas que son comunes y que vamos a desarrollar:

Hay dos aspectos fundamentales en el mantenimiento de dron:

- La limpieza, que debe realizarse de forma atenta y habitual después de cada vuelo, sobre todo si se ha estado volando en ambientes polvorientos.
- El engrase y la limpieza interior de motores y componentes.

Como medidas previas, deben considerarse las siguientes:

- Bajo ningún concepto se realizará un vuelo con una aeronave que presente un comportamiento anómalo.
- En caso de detección de dicho comportamiento extraño durante el vuelo, se procederá al inmediato aterrizaje de la aeronave.
- Será necesario no solo el correcto mantenimiento de la aeronave, sino también de los equipos embarcados en la misma, así como de los elementos de mando y control y del sistema FPV (First Person View).
- Se deberá llevar un control sobre las baterías, manteniendo una especial atención en el número de ciclos de carga y descarga que se han realizado sobre las mismas.

4.2 Mantenimiento preventivo después de cada vuelo en drones Phantom 3

Este mantenimiento fue llevado a cabo de manera habitual después de una jornada de vuelos cada día. Básicamente trata de una inspección visual de todas las partes móviles que funcionan en cualquier vuelo sin incidentes.

- Con respecto a este tipo de mantenimiento y sobre todo en multirrotores, podemos decir lo siguiente:
 - Que la temperatura en motores y en variadores es la normal, ya que una diferencia muy notable en un solo grupo motor nos puede estar indicando que en ese conjunto variador/motor algo no funciona bien y deberemos proceder a un examen más minucioso de las causas de esa variación de temperatura. A veces simplemente puede ser debido a la existencia de suciedad u objetos extraños que durante las maniobras de despegue o aterrizaje se han introducido

por alguna de las ventanas de refrigeración de las que disponen normalmente las campanas de los motores; es recomendable en estos casos usar aire comprimido en seco, muy utilizado, en botes de espray.

- Las hélices también serán un punto de observación en este mantenimiento, haciendo hincapié en que no haya dobleces anormales que no sean propias del diseño de su paso; además, comprobaremos que no existan holguras en su base de unión con el eje de giro del motor.
- Otro punto de control y mantenimiento preventivo lo constituirán en esta fase los gimbals o las zonas de alojamiento de cámaras fijas. La mayoría de los equipos profesionales nos dan la posibilidad de instalación de una gran variedad de gimbals o bases para los diferentes tipos de cámaras.



Figura 9. Espray de limpieza de aire comprimido en seco.

Fuente: www.directindustry.es



Figura 10. Hélice bipala de plástico.

Fuente: www.amazon.com



Figura 11. Accesorio Gimbal

Fuente: www.amazon.com

- Si van alimentados a través de nuestra propia controladora de vuelo, desde alguna de las salidas auxiliares de potencia de las que disponga la aeronave.
- Si se alimentan de una batería auxiliar comprobaremos que el cableado de datos y la alimentación no hacen ningún recorrido extraño que pudiese provocar la rotura o desconexión de este sistema.

Por último, comprobaremos que la colocación de los siguientes sensores se encuentra en su posición adecuada y con la orientación precisa para su buen funcionamiento: GPS, antenas.

Entonces, deberá comprobarse lo siguiente:

En primer lugar, se verificará el estado de la emisora, asegurándose:

- Que el nivel de batería es el correcto.
- Que el alcance de nuestra emisora es el adecuado.
- Que la transmisión de imagen al monitor es clara y sin interferencias.



Figura 12. Disposición de antenas y gimbal en un dron multirrotor.

Fuente: www.google.com

Todo esto depende, en su mayor parte, del lugar en el que se realice el vuelo que esté libre de interferencias.

Se realiza un vuelo en estacionario a la altura de los ojos de unos 30 segundos de duración para comprobar que la estabilidad de la aeronave es la correcta (en modo GPS) y que no tiende a deslizarse hacia ningún lado.

Se comprobará, una vez en vuelo y antes de comenzar la operación, el correcto funcionamiento de la cámara, su movimiento cenital y la transmisión de imagen.

Se verificará la respuesta de la aeronave a los diferentes controles (ascenso, descenso, etc.) mediante los sticks del control.

En caso de ser necesario (o de que lo indique la propia aeronave) se calibrará antes de comenzar el vuelo la brújula de la aeronave como se explica en el manual de la misma.

Al finalizar el vuelo se comprobará manualmente la temperatura de los motores y variadores verificando que no sea excesiva y que sea uniforme en las cuatro parejas motor - variador.

4.3 Mantenimiento temporal.

Este tipo de mantenimiento debemos atender a las siguientes características:

- Dentro de un espacio de trabajo más o menos constante.
- Según sea la complejidad de nuestra aeronave.
- Dependiendo del uso mayor o menor en sus tareas profesionales.

Por tanto, se deberán tener en cuenta estos factores:

- No todos los equipos llevan un mantenimiento temporal igual:

Los equipos que se usan por ejemplo en una escuela de vuelo están marcados con un mantenimiento temporal más elevado tanto en las inspecciones periódicas, cambios de hélices y partes de mayor fatiga como en el restablecimiento y la actualización del *software* y *el firmware*.

Sin embargo, los equipos de uso en los trabajos aéreos profesionales, cuyo número de vuelos es menos elevado y su utilización es llevada a cabo por pilotos formados con una experiencia adecuada, no necesitan la misma periodicidad que en el caso anterior, y sus mantenimientos temporales no son tan frecuentes.

- Por tanto, se debe establecer una pauta de mantenimientos basada en función del trabajo que se realiza.
- En este tipo de mantenimiento, dependiendo de la aeronave y sobre todo de la electrónica de la que disponga, se debe estar muy atento a nuevas

actualizaciones del software y el firmware, porque la experiencia ha demostrado que en los equipos con software propiedad de una marca cumplen las siguientes expectativas:

Suelen ser casi quincenales, con mejoras, según el fabricante, en la eficacia de la aeronave.

En las mismas también se modifican las zonas, en todo el mundo, que son cambiadas de un estado permitido para el vuelo a un estado restringido en alturas y márgenes o incluso prohibido. En estos mantenimientos se procederá a una comprobación de los siguientes elementos:

- Toda la tornillería de anclaje de las partes vitales de la aeronave.
- Las bancadas de motor.
- El test de mediciones de sensores fijos como acelerómetros, giro direccionales, y demás sensores que implementen las ayudas de vuelo a nuestro equipo.



Figura 13. Conjunto bancada/motor montado en un dron.

Fuente. www.google.com)

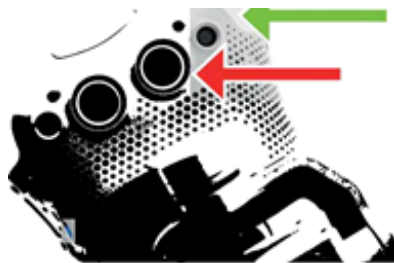


Figura 14. Disposición de sensores volumétricos (Rojo) y sensores ópticos (verde)

Fuente: www.dji.com)

- Cabe destacar que en estos mantenimientos también se tendrán en cuenta las unidades de control (emisoras o demás bases de funcionamiento del equipo) y se prestará especial atención a que los canales de control tengan el recorrido correcto según se hayan seleccionado los modos de vuelo.
- Se comprobará cada canal auxiliar viendo que efectúa el trabajo requerido. Por ejemplo, si se dispone de una función auxiliar para una vuelta a casa de emergencia RTH (Return to Home).
- Las activaciones de emergencia siempre se deberán probar en vuelo, en zonas destinadas a pruebas, y se comprobará que los mantenimientos y cambios realizados en las aeronaves han sido satisfactorios.
- En las emisoras, unidades de control o de mando, se revisaran también la carga de batería, el colocado de dispositivos que usemos para el registro de imágenes y la telemetría del vuelo.
- Con respecto a los equipos de emisión y recepción de vídeo, se revisará que tanto el transmisor instalado en la aeronave como el receptor situado cercano a la estación de control estén en su funcionamiento óptimo.



Figura 15. Distintos tipos de emisores. (Fuente: www.google.com)

En algunos casos, la transmisión de vídeo se utiliza como un medio adicional de posicionamiento y control del dron, como en la modalidad de vuelo FPV (**First Person View**) “vista en primera persona”; se emplea una cámara orientada en el sentido del

vuelo que transmite la imagen a una pantalla que tiene el piloto, de tal forma que muestra por dónde vuela el dron.



Figura 16. Sistema FPV

Fuente: www.dji.com

4.4 Mantenimientos temporales por uso y desgaste.

Como en los mantenimientos planificados para las grandes aeronaves, los drones, disponen según el fabricante de una serie de mantenimientos recomendables y otros de obligado cumplimiento que, si no se llevan a cabo, afectan a dos factores fundamentales:

- La vigencia de la garantía en los equipos.
- La seguridad operacional de los mismos.

4.4.1 Mantenimiento en el conjunto de la hélice

Debemos tener en cuenta lo siguiente:

- La hélice es una de las partes fundamentales en el vuelo y sobre todo en los multirrotores.
- La reunión de varios motores y su coordinación para un funcionamiento estable del multirrotor hace que el estado de las hélices deba ser controlado especialmente. Para ello debemos desmontar el conjunto de la hélice y revisar en su primer punto el anclaje de esta con el eje del motor; hay muchos y muy variados modelos y sistemas de anclaje:

- Las tradicionales con una tuerca de apriete inverso al sentido de giro del motor.
- Las compuestas por tuercas cónicas apretadas con par de apriete medido.

Los sistemas más modernos y muy extendidos, en los fabricantes más comerciales, como los aprietes con autolock de última generación (en modelos DJI).

Todos tienen la posibilidad de revisión, desmontaje y sustitución.



Figura 17. Diferentes sistemas de fijación de hélices.

Fuente: www.google.com

En las hélices su vida útil va estar muy relacionada con el trato que el piloto o pilotos les hayan dado a los equipos:

- Cualquier deformación produce vibraciones y carga de trabajo excesivo a la tornillería del anclaje al motor.
- Estas vibraciones se pueden transmitir por todo el resto del chasis.
- Pueden llegar a influir en las filmaciones de tomas aéreas en el caso de que nuestro conjunto gimbal no sea de los más perfeccionados en cuanto a la corrección de errores.

Por tanto, las hélices deben ser vigiladas y sustituidas ante la más mínima señal de malformación o rotura.

4.4.2 Mantenimiento en el conjunto de los motores/variadores

Los equipos multirrotores tienen muy pocas partes mecánicas, pero no por ello debemos olvidarnos de mantenerlas en perfecto estado:

- Un punto importante es el engrasado de motores. Si detectamos un movimiento no suave o un sonido anómalo en los motores, podemos hacer un engrasado de los mismos para comprobar que el problema no sea la falta de lubricación. Para ello, después de una jornada de vuelo, nunca antes, con un aceite especial de rodamientos y con una jeringa con aguja, procederemos a realizar lo siguiente:
 - Aplicar una gota de aceite en el rodamiento del motor que creamos conveniente.
 - Posteriormente a la aplicación del aceite, giraremos el motor, de forma manual o poniéndolo en marcha durante unos pocos segundos, para que el aceite penetre en el interior del rodamiento.
 - Lo dejaremos para que termine de filtrar y que el sobrante se evapore. De esta forma evitaremos que un aceite demasiado fresco atraiga el polvo precisamente al punto más delicado.



Figura 18. Motores Brushed

Fuente: www.google.com

- Ante un problema de motor en el que se observa el típico ruido de aceleraciones discontinuas y temperaturas excesivas, la decisión acertada es el reemplazo por uno de iguales características. Estos reemplazos implican adicionalmente, por seguridad, el cambio de la tornillería de unión del motor con la bancada en el chasis. Otro punto destacable es que hay que comprobar la temperatura a la que trabajan: una vez más, recordamos que el calentamiento excesivo en uno de los motores es síntoma de que ese motor está rindiendo por encima de sus posibilidades. Ante esta circunstancia, revisaremos el variador y, en caso de ser

accesible, vigilaremos que no haya alguna pista o componente ennegrecido o hinchado:

4.5 Mantenimiento del conjunto de cables

En este tipo de mantenimiento, revisaremos y repasaremos a conciencia los siguientes componentes:

- Cableados de unión entre motores y variadores.
- Soldaduras de entrada a las placas electrónicas.
- Continuaremos, siguiendo todos los cableados que nos llevan desde cada uno de los variadores a la placa controladora:
 - En la placa controladora veremos situada la **IMU** (Inertial Measurement Unit, unidad de medición inercial) de la controladora y los diversos bloques electrónicos de control.
 - Se comprobará con el software que el estado de calibración de la IMU es el correcto.

Para la limpieza de estas zonas internas (la mayoría de las veces tendremos que desmontar carcasas de protección de todos estos órganos electrónicos) se aconseja el seguimiento de estas pautas:

- El uso de un spray de soplado en seco.
- La aplicación, al final de las revisiones, de otro spray de electrónica que imprime una pequeña película protectora transparente que ayuda a evitar corrosiones en caso de entrada de humedades o agua en el transcurso de los vuelos.

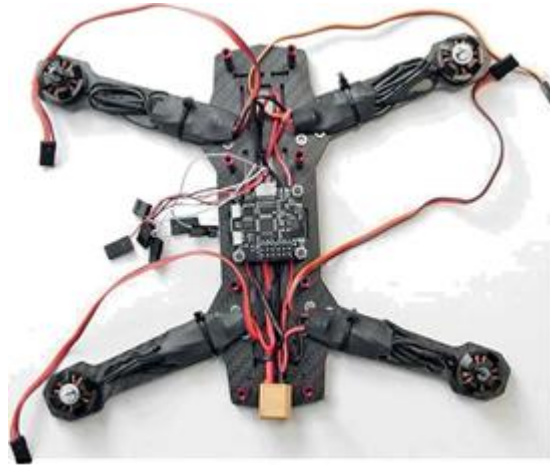


Figura 19. Cableado de componentes electrónicos de una dron.

Fuente: www.google.com

4.6 Mantenimiento en el conjunto del tren de aterrizaje/soporte

El mantenimiento de estos elementos viene determinado por los fabricantes de los mismos, que suelen fijar un desmontaje y una supervisión de los principales sistemas:

- **Mecánicos:** sistemas accionados por engranajes, muelles o cajas de multiplicadoras que actúan sobre los elementos del tren de aterrizaje.

El cambio de los tubos en cuanto se aprecien cuarteados o de apariencia frágil.



Figura 20. Principales elementos y conjunto del tren de aterrizaje de un dron.

Fuente: www.google.com

4.7 Mantenimiento en el conjunto de sensores

Con el paso del tiempo y la utilización, los sensores se ven afectados por los cambios de temperatura, humedad, polvo, cambios de presión, etc., y especialmente los que se encuentran situados normalmente a la intemperie.

Entre ellos, el más conocido y utilizado es el GPS/Glonnass, que supone la parte determinante de la controladora de vuelo y por consiguiente es el responsable de que el equipo en su totalidad vuele correctamente geo posicionado:

- Debe realizarse un control y un test del buen funcionamiento, colocación correcta y conexionado, sobre todo la conexión a la IMU.
- En los equipos DJI, normalmente la conexión con la IMU viene asegurada por un conector de *click*. La patilla de aseguramiento suele saltar y es muy recomendable asegurar esa conexión con silicona caliente para que le dé un punto más de seguridad.

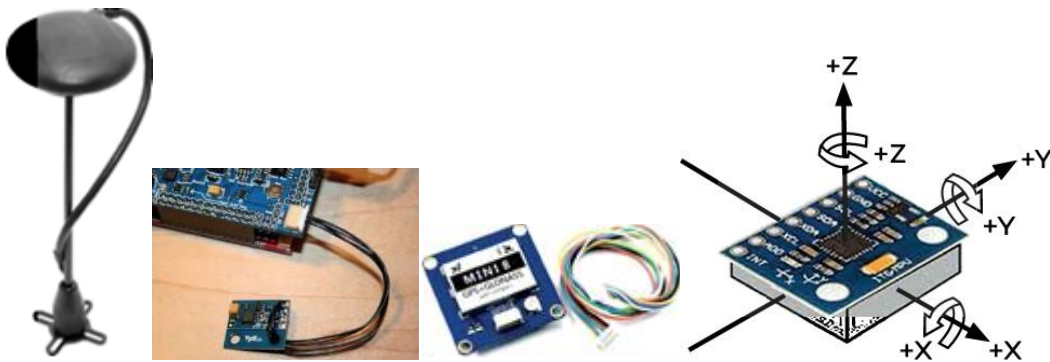


Figura 21. Detalle de elementos GPS de un dron.

Fuente: www.google.com

A continuación se exponen las diferentes tareas de mantenimiento en función del tiempo establecidas por los principales fabricantes de drones.

Chequeo cada 25 horas de vuelo

Cada 25 horas de vuelo se realizaran las siguientes comprobaciones:

- Del estado externo del casco, verificando que no existan daños o fisuras que pudiesen ocasionar una situación insegura durante el vuelo.
- Del correcto anclaje del tren de aterrizaje al casco de la aeronave.

- De la existencia de posibles actualizaciones en el software de la aeronave de los distintos elementos.
- Del número de ciclos de carga y descarga registrado en el software, así como del porcentaje de vida útil restante de la batería.
- De las conexiones externas en la aeronave.
- De la temperatura de los motores y variadores manualmente.
- De la calibración del magnetómetro.

Chequeo cada 100 horas de vuelo.-

Cada 100 horas de vuelo se realizarán las siguientes:

- Se procederá al desmontaje del chasis y la apertura del mismo para revisar el conexionado interior de los variadores con los motores y de todos los elementos a la placa base. Se comprobará cada conexión individualmente retirándola y volviéndola a conectar de forma correcta.
- Se evaluará el estado de cada tornillo, tanto los desmontados en el proceso de apertura del chasis como los que no fuesen desmontados, comprobando que no tienen la rosca deteriorada y también se comprobará el correcto apriete de los mismos (no pudiendo estar sueltos pero tampoco excesivamente apretados).
- Se comprobará que no existen defectos ni deterioros en el casco, en las bancadas y porta motores.
- Será importante evaluar también el posible alabeo de cualquier parte de la estructura que pudiese ocasionar inestabilidad en la aeronave. En caso de ocurrir, se procederá a su sustitución inmediata.
- Se revisará el voltaje de la controladora (excepto la controladora NAZA de DJI, que no tiene donde conectar el polímetro y no se puede comprobar), que deberá rondar los 5 V.
- Se valorará la posible sustitución de los motores o de los rodamientos internos. Los motores DJI originales disponen de una vida útil de 100 horas de vuelo, tal y como marca el fabricante. Por ello, hay que sustituirlos completamente o cambiar sus rodamientos por unos nuevos.

- Se realizará la comprobación de la temperatura de los variadores y los motores.

4.8 Mantenimiento obligatorio después de incidencias o accidentes.

Este tipo de mantenimientos se llevó a cabo ante incidencias en el uso o accidentes en las acciones profesionales que obligaron a llevar al dron a una parada en el taller y a la revisión del equipo.

Cuando se habla de incidencias, distinguimos dos tipos fundamentales:

- La provocada, por una “mejora” al dron, necesaria para el desempeño de un cometido específico. Son un grupo de acciones que, por cambios de mejora o sustitución de partes importantes del equipo como la IMU, los módulos GPS, los magnetómetros o incluso los sistemas de alimentación (por ejemplo, cuando se pasa de volar con baterías LIPO de 3 S a 4 S), suponen cambios tan necesarios que debemos aprovechar y comprobar que los equipos que no se han cambiado están en sintonía con los nuevos equipos instalados

Un ejemplo, en los casos de cambios de baterías de mayor voltaje, lo primero que deberemos consultar, en las especificaciones del equipo o directamente al fabricante, es si resulta posible hacer esa modificación en el equipo, ya que el fabricante (por abaratar costos) puede haber utilizado variadores y cableado con características ajustadas a las sollicitaciones del diseño, y en este caso, un aumento de voltaje o de intensidad en los mismos supondrá un sobrecalentamiento de variadores y, por defecto, podrá derivar en su mal funcionamiento.

En el caso del cambio de cableado de una sección inferior a la requerida para esa nueva intensidad, supondrá un calor excesivo en su recorrido y aparecerán puntos ennegrecidos y quemados en el cableado.

- La corrección de comportamientos anómalos del dron, si durante un vuelo, o en las comprobaciones previas al inicio de un trabajo, se observan comportamientos anómalos. Las dos primeras cosas que deben comprobarse en este caso son las siguientes:

El estado de la batería, pues puede no encontrarse en su temperatura óptima.

El sitio donde estamos efectuando esos vuelos, pues es posible que el equipo necesite de una calibración en esa zona en particular.

En caso de accidente o emergencia, deberemos tener en cuenta lo siguiente:

- Este tipo de mantenimiento extraordinario es el menos deseado, porque suele venir derivado de una colisión:
 - ✓ Por un error en el vuelo por parte del piloto (una mala apreciación de distancias contra obstáculos, la pérdida de control del RPA, el agotamiento de la batería, etc.)
 - ✓ Por un fallo en el funcionamiento del equipo que provoca el accidente:



Figura 22. Accidentes de drones.

Fuente: Elaboración propia

Después de un accidente, lo primero que tenemos que hacer es recopilar todos los datos que tengamos acumulados sobre lo que ha podido suceder. Actualmente, hasta los equipos más generalistas graban en directo un log de vuelo de la aeronave; puede resultar un poco tedioso (y la gran mayoría de las veces habrá que pasar por el servicio técnico) obtener estos datos y traducir los parámetros registrados para poder interpretarlos y obtener las necesarias conclusiones.

Gracias a esta recepción de datos podremos conocer, entre otros, aspectos de la telemetría tales como los siguientes:

- El porcentaje de carga de las baterías
 - La distancia al piloto.
 - La distancia al punto de auto aterrizaje.
 - La velocidad de ascenso.
 - La velocidad de avance.
 - El estado de cobertura del GPS.
 - Recibir en directo las imágenes capturadas por la cámara.
- Fabricantes como DJI, Parrot, Yunnec o Walkera ofrecen la posibilidad de la grabación del registro de vuelo de una manera más visual: estos datos se interpretan y son mostrados en una interfaz gráfica gracias a la aplicación que el fabricante nos ofrece, la cual está disponible para sistemas Android y otros sistemas compatibles con iOS.
 - Asimismo, mediante la conexión a internet y el módulo GPS de nuestro dispositivo:
 - ✓ Tendremos acceso en tiempo real a la cartografía de Google; gracias a la misma, nuestro sistema nos proporcionará la ruta seguida en la misión de vuelo.
 - ✓ Se van a registrar datos de antes del accidente, indicando si nuestro equipo nos alertaba a través de la telemetría de problemas en alguno de los puntos vulnerables o de la avería puntual y el momento en el que se produjo.

Esto nos facilita muchísimo el estudio de un vuelo, dándonos varias opciones para observar cómo se ha comportado la aeronave durante el trayecto, desde el despegue hasta el aterrizaje (controlado o no).

En el caso de un accidente no provocado por un fallo humano, este registro grabado nos proporcionará información sobre tres aspectos fundamentales:

- El momento en que empieza a **perder estabilidad** en el vuelo el equipo.
- Los avisos que nos dan los sensores en ese punto de emergencia.
- La curva de vuelo.

Con estos datos podremos distinguir cuál puede haber sido el componente que ha fallado originando el problema y de esa manera reemplazar esa parte del equipo. Por ejemplo, un fallo común es que la controladora de vuelo, sin causa justificada, sufra micro cortes de alimentación, que le producen los temidos reinicios del sistema, que tardan varios segundos. En estos segundos, la controladora no hace su labor y pueden ser fatales en una plataforma con coeficientes de planeo casi nulos. En estos casos se debería derivar el siniestro al servicio técnico del fabricante y proveer también de este registro de vuelo para que, en la medida de lo posible, se hagan cargo del problema y de la restitución del equipo.

Tras examinar el registro de vuelo, lo siguiente es la reconstrucción de ese equipo (si la reparación, por presupuesto, sale rentable):

- En cuanto al chasis, desde la utilización de materiales como fibras de vidrio y carbono y la mejora en los plásticos APC (Asia Polymer Corporation), los siniestros han pasado a ser reparables en su gran mayoría. Los brazos, bases y demás piezas del chasis deben ser revisados escrupulosamente, observando la tornillería, los anclajes, fijaciones y, sobre todo, en la zona de impacto, lo ideal es el cambio inmediato de esa pieza. A lo largo del tiempo, dobleces casi imperceptibles a simple vista provocarán que las características del vuelo no sean las que poseía antes del siniestro. Normalmente todo lo que sean fibras de carbono suelen quebrarse o presentar grietas tras un accidente; en estos casos la reparación no sale rentable y es mucho más lógico el reemplazo por la pieza nueva. Por suerte, los chasis son mecanos más o menos completos, por lo que no es difícil encontrar en el mercado actual el reemplazo perfecto. Actualmente se

están fabricando estas piezas con impresoras en 3D, por lo que la sustitución de las partes del chasis por otras es muy sencillo.

- En la electrónica y el gimbal, donde la reparación suele ser muy costosa y no asegura que funcionen al cien por cien de sus posibilidades, en este caso suele salir rentable la sustitución por un dron nuevo. En el caso del motor, normalmente después de un siniestro en el que se ha visto afectado, se deberá realizar una valoración para ver si es rentable la reparación; en caso de que no aparezca muy dañado por el siniestro, es muy recomendable realizar lo siguiente:

- ✓ El cambio de todo el sistema de hélices.
- ✓ El cambio del eje del motor que suele sufrir daños que provocan un giro anormal a ese conjunto motor.
- ✓ Una limpieza interna por las posibles entradas de objetos extraños en su interior.
- ✓ Una revisión de rodamientos y cojinetes y el cambio de los mismos si observamos rozamiento o ruidos extraños en el giro.
- ✓ Como fin de la reparación, procederemos al engrasado con lubricante especial para ese tipo de motores.

Con respecto al control de vuelo, la IMU, los módulos GPS y los sensores en general serán preceptivo, después de la extracción de los datos del accidente, lo siguiente:

- Una precarga nueva del software y firmware existentes.
- Conexión y revisión de todos los hubs de enlace y prueba o test del correcto funcionamiento de los mismos.
- En cuanto a las zonas vulnerables a los golpes como las pastillas de GPS y las antenas de transmisión, tanto de telemetría/mando como de vídeo, se debe comprobar que estén emitiendo con la potencia correcta y orientada en la posición indicada por el fabricante.



Figura 23. Chasis con la fibra agrietada tras el golpe

Fuente: propia

4.9 LISTA DE ELEMENTOS Y HERRAMIENTAS IMPRESCINDIBLES PARA UN CORRECTO MANTENIMIENTO.

El mantenimiento de un equipo requiere tener una serie de componentes para poder hacer cambios menores o mayores en el mismo o reparaciones en campo.

Los componentes imprescindibles para realizar un correcto mantenimiento son los siguientes:

Tornillería de recambio:

- M3 x 8 cabeza Allen.
- M2,5 x 8 cabeza Allen baja
- Clemas y conectores eléctricos.
- Hélices de giro CW y CCW (derechas e izquierdas).
- Motor: es recomendable llevar al menos un motor, especialmente si se van a realizar trabajos lejos de un suministro de componentes.
- Variador: es recomendable llevar al menos un variador, especialmente si se van a realizar trabajos lejos de un suministro de componentes.
- Baterías de recambio.

Las herramientas aconsejadas son las que se enumeran a continuación:

Destornillador de tipo Philips PH—1.	
Llave Allen de 2,5 mm.	
Llave Allen de 2 mm.	
Alicates y cortacables.	
Líquido fijador de tornillos de métricas pequeñas con tensión baja.	
Pinzas acotadas.	
Soldador de 35—50 W.	
Estaño de 0,75—1 mm.	
Electrotester: comprobador de conectividad eléctrica, resistencias y tensiones de corriente continua.	
Termómetro de infrarrojos.	

4.10 Mantenimiento por bloqueos en el dron.-

Un dron es un conjunto de componentes sofisticados que trabajan de forma integrada controlados por elementos electrónicos. Cada uno de ellos tiene complejidad suficiente como para ser tratado de manera independiente en cuanto a procedimientos de mantenimiento. Por ello, en este capítulo vamos a desarrollar, por elementos separados, la descripción de las características de cada uno de ellos, las acciones y las recomendaciones de mantenimiento más apropiadas y la forma de acometer los trabajos de inspección y reparación sobre ellos de forma detallada, lo que servirá de guía para realizar un mantenimiento integral del dron.



Figura 24. Desarme de un dron

Fuente: www.google.com

4.11 Mantenimiento del chasis o carcasa dron Phantom 4, Phantom 3, Mavic Air, Mavic Pro

Para entender el concepto de chasis o cuerpo, debemos enumerar primero sus características fundamentales:

- El chasis del dron es el elemento principal de la estructura, es lo que entendemos como la estructura básica de soporte de la aeronave.
- Básicamente es el cuerpo del aparato, donde se integran el resto de elementos como las alas, estabilizadores, alerones, tren de aterrizaje, etc.
- A partir del chasis empezaremos montando todos los componentes que formarán el equipo.
- La elección de un buen chasis, adecuado para el trabajo que se vaya a realizar, equivale al hecho de hacer unos buenos cimientos en la construcción de una casa.
- Dado que el chasis será la estructura, de él obtendremos la forma o el tipo de aeronave, ala fija, multirrotor, helicóptero, etc.

La forma del chasis será fruto del compromiso que existe entre tres condiciones fundamentales:

- La capacidad interna necesaria (alojamiento interno).
- La rigidez estructural.
- Las características aerodinámicas para que perturbe al aire lo mínimo posible, reduciendo así las resistencias que este pueda generar sobre él.

Chasis tipo multirrotor: en los multirrotores, el chasis se asemeja a una caja central de la que parten una serie de brazos, en cuyos extremos se hallan los rotores del aparato.

Dentro del chasis se alojan los equipos electrónicos.

Bajo el chasis suele ubicarse la carga de pago (todos los equipos adicionales como sensores, cámaras de vídeo, etc.), además del tren de aterrizaje.

La carcasa del chasis puede ser de plástico o fibra y en los brazos de los rotores se suelen emplear barras de fibra de carbono o, en su defecto, una estructura de aluminio o plástico.



Figura 25. Cuerpo de un cuadricóptero con estructura de aluminio

Fuente: www.google.com

Según el tipo o la forma de la aeronave, nos encontramos con diferentes tamaños y materiales de construcción para los chasis:

- Los materiales usados por los fabricantes serán materiales resistentes, a la vez que poco pesados.
- En la actualidad, los principales materiales utilizados son fibras, tanto de carbono como de vidrio.

En los anclajes del chasis también se emplean, entre otros, materiales como los siguientes:

- El titanio.
- El aluminio aeronáutico 7075.
- Piezas plásticas elaboradas en impresoras en 3D de distintos componentes.



Figura 26. Detalle de un chasis de fibra de carbono (Fuente: www.google.com)

- Cuando el esfuerzo límite que puede llegar a soportar algún elemento del chasis es sobrepasado, se produce la rotura o deformación permanente de este, degradándose además sus propiedades iniciales.
- Aun cuando no se llegan a alcanzar esfuerzos críticos en las piezas, se puede producir la rotura de estas por la aplicación de muchos ciclos de carga y descarga (lo que se conoce como fatiga estructural). Es decir, al someterlas repetidamente a esfuerzos que, no siendo excesivos, con el paso del tiempo acaban “fatigando” los materiales que componen su estructura.

El número de rotores en las plataformas depende del diseño que el fabricante haya considerado para cumplir el objetivo de la plataforma.

Como ejemplo de configuración, nos referiremos a una de las plataformas de vuelos más utilizadas en la actualidad en todo el mundo. Se trata del Phantom 4 de DJI (una compañía china de tecnología, fabricante de drones):

- Se trata de una plataforma multirrotor de cuatro brazos mono motores configurados en «X» con un peso en orden de vuelo de unos 1200 gramos.
- Su chasis está realizado con compuestos plásticos cuyo diseño ha demostrado probada resistencia y que lo destacan de otros modelos en la actualidad.



Figura 27. Phantom 4.

Fuente www.dji.com

El mantenimiento del chasis es muy básico, debiendo tener en cuenta lo siguiente:

- Verificación de la integridad, con ausencia de grietas o roturas.
- Comprobación de las deformaciones en el chasis o en los brazos.
- Comprobación de las piezas de fibra, ya que la fibra de carbono, según su calidad, absorbe humedad y se abre, des laminándose. En este caso conviene sellarla por las zonas de corte y vigilar el pegado de sus capas.

En todos estos casos, lo más correcto es cambiar la pieza afectada por otra nueva.



Figura 28. Des laminado de un brazo de fibra de carbono.

Fuente: propia

4.12 Mantenimiento del conjunto de propulsión dron Phantom 4

El grupo moto propulsor es el conjunto de motores, hélices o rotores encargados de proporcionar tracción o empuje al dron para que pueda desplazarse en el aire por sus propios medios. En este apartado trataremos los distintos tipos de motorizaciones más comunes que pueden equipar a un dron, además de las diferencias entre una hélice y un rotor, con las características propias de cada uno de ellos.

Hélices.-

Una hélice es un perfil aerodinámico giratorio, con las siguientes características:

- Están compuestas por dos o más palas implantadas en un soporte (buje), que tiene como cometido proporcionar tracción o arrastre utilizando la potencia que le transmite el motor.
- En función de la disposición de la hélice en la aeronave, se podrá decir que aporta impulsión o empuje si esta se encuentra apuntando hacia la parte trasera de la aeronave (de tipo push - pull).
- Al tratarse de un perfil aerodinámico en revolución, el efecto que se consigue es el mismo que el producido en el perfil de un plano o un ala de un avión al exponerlo a un flujo de aire en movimiento: se genera sustentación. Dado que actúan los mismos principios físicos, un factor determinante será la densidad del

aire por lo que, a mayor densidad, mayor rendimiento de la hélice (que generará más fuerza de sustentación, la fuerza impulsora).

Las hélices tienen las siguientes partes:

- La pala es el brazo que gira. Aunque las hay de dos, tres, cuatro o más palas, lo normal es que sea de dos palas, por la facilidad de su equilibrado y fabricación.
- El radio es la distancia entre el centro y el extremo de cada pala.
- La longitud o diámetro es, junto con el paso, la característica más importante que se debe tener en cuenta para su instalación en un determinado motor. En una hélice bipala, es la distancia de punta a punta de cada pala.

Los valores del diámetro y el paso están grabados o serigrafiados en cada hélice. Al ser dos medidas de longitud, vienen expresadas en centímetros, en pulgadas, o de las dos formas.

Las más usadas en la actualidad son las hélices de paso fijo y responden a una determinada nomenclatura, grabada en la propia hélice, que se debe tener muy en cuenta: CW (giro en el sentido de las agujas del reloj) y CCW (giro en sentido contrario a las agujas del reloj).

Las hélices de paso **variable** son más utilizadas en helicópteros.

Un ejemplo el modelo Phantom 3 de DJI utiliza hélices de paso fijo fabricadas en ABS. DJI proporciona un solo modelo de hélice que cumple con las necesidades y prestaciones anunciadas de la plataforma. Dispone de un sistema de identificación de las palas CW y CCW de color en el cubo, donde se localiza la tuerca que rosca únicamente en el motor correspondiente.



Figura 29. Hélices.

Fuente: www.amazon.com

Las CW son las que tienen el cubo de hélice gris y las CCW tienen el cubo de hélice negro.

Es conveniente realizar las siguientes aclaraciones en este apartado:

- Las hélices son fabricadas con maquinaria de precisión, son piezas de alta tecnología que durante su uso son sometidas a aceleraciones y esfuerzos compuestos al límite de su capacidad.
- La resistencia e integridad de las hélices son calculadas por los fabricantes para que estas sean seguras y eficientes.
- Sin embargo, cuando una hélice se deteriora, por leve que sea ese deterioro (puntas picadas, golpes o deformaciones, dobleces, marcas etc.), las convierte en peligrosas, con efectos que pueden ir desde vibraciones que interfieran en las lecturas de los sensores de estabilización del dron hasta el doblado de los ejes por desbalanceo, o la rotura en el aire, con el consiguiente accidente.

Por tanto, desaconsejamos rotundamente cualquier reparación sobre una hélice. Se trata de un material barato y al mismo tiempo trascendental. Las hélices han de ser sustituidas ante cualquier indicio de deterioro.

Reemplazo de hélices.-

En cuanto al reemplazo de las hélices, deberemos tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- La instalación y el desmontado de hélices en un dron es un proceso muy habitual. Por eso debemos comprobar dos veces su correcto apriete.
- La mayor parte de los ejes del motor actuales tienen la rosca de forma que el apretado de las hélices se haga en sentido contrario al del giro, de forma que el propio esfuerzo de la hélice fuerce el apretado de la tuerca que la sujete. En cualquier caso, consideramos obligado el uso de tuercas autoblocantes, o en su defecto el uso de líquido fija tornillos (de resistencia baja).
- Siempre comprobaremos el correcto apretado antes de cada vuelo.

4.13 Mantenimiento de los Rotores/motores en los drones Phantom 3 y 4.-

El tipo de mantenimiento que tendrá la motorización planteada. A continuación se describen los diferentes tipos de motores:

Motores brushless: son motores de corriente alterna trifásicos y, tal como su nombre indica, carecen de escobillas:

Toman la corriente mediante cables (uno por cada fase) conectados a los tres terminales del bobinado, que se encuentran fijos en el estator.

Su funcionamiento es regulado por medio de un controlador de velocidad electrónico.

Los motores brushless tienen muchas ventajas sobre los motores tradicionales con escobillas (*brushed*).

La más evidente es su mayor eficiencia: la potencia que entregan es muy superior a la de un motor de corriente continua del mismo peso o tamaño (hasta tal punto que algunos de ellos desarrollan potencias similares a las de motores de explosión).

Con esto, además, se consigue una mayor duración de las baterías para la misma potencia.

- Cabe destacar el mayor rango de velocidades de giro que ofrecen y, al no necesitar escobillas que producen fricciones y chispas en su interior, generan menos ruido electrónico (interferencias electromagnéticas que afectan al resto de circuitos de otros equipos) y minimizan el mantenimiento.

De esta manera, su vida útil es mayor.



Figura 30. Motor eléctrico trifásico brushless.

Fuente: www.amazon.com



Figura 31. Detalle del interior de un motor eléctrico brushless

Fuente: www.google.com

Entre las principales ventajas del sistema de motor corriente continua sin escobillas están las siguientes:

- Larga vida y alta confiabilidad.
- Alta eficiencia.
- Operación a altas velocidades y sobre un ancho rango de velocidad.
- Capacidad de torque desde parada hasta altas velocidades.
- Rotor de velocidad múltiple.
- Operación en vacío o en ambientes explosivos o peligrosos.
- Eliminación de la RF debida a la conmutación en escobillas.

Configuración.-

En un motor DC convencional la energía del campo es proporcionada por un imán permanente o un devanado de campo. Esto involucra grandes arreglos para crear el campo. En cada una de estas dos opciones el campo es usado como excitación sobre el rotor de la máquina.

La máquina DC convencional tiene un gran número de bobinas sobre el rotor. Entonces la inercia y el peso del rotor hacen a la máquina impráctica en términos de tamaño y respuesta dinámica. Cada bobina se conecta a un segmento del colector. Generalmente, el efecto de la inductancia del campo se reduce cuando el número de segmentos se aumenta, aumentar el número de segmentos mejorará el funcionamiento de la máquina. Otra razón para aumentar el número de segmentos es controlar el rizado del par. Cuantos más devanados posea la máquina, menor será el rizado del par.

Los motores son los elementos fundamentales que aportan movimiento al dron. Por medio de las hélices o rotores, que serán los encargados de producir el desplazamiento del dron al transformar la energía giratoria del eje del motor en empuje o tracción, según la disposición de estos elementos en el diseño del aparato.

Los motores trifásicos modernos carecen de piezas que requieran mantenimiento, y no precisan de engrase de ningún tipo, siendo este totalmente desaconsejable, puesto que la única parte que podría requerirlo serían los rodamientos, que en cualquier motor moderno son sellados. Con lo cual, si aplicamos aceite o similares este no llegará a penetrar en los rodamientos, dejando el resto del motor pegajoso, situación que provocará la acumulación de residuos, lo que resultará muy negativo para la vida útil del motor.

La única acción que debemos llevar a cabo para asegurar la longevidad mecánica del motor es asegurarnos de su correcta limpieza, usando para su interior aire comprimido y para el exterior un paño.

Se revisará el motor en cualquiera de las siguientes situaciones:

- Tras un amerizaje en campo no preparado.

- En la operación normal en zonas polvorientas.
- Tras un vuelo estático en zonas de polvo o arena.
- Después de una toma en la que se levante polvo.
- Después de una toma en suelo blando y húmedo.
- En cualquier otra situación en la que se hayan podido introducir objetos entre el bobinado del motor (el pelo de animal por ejemplo, tiene una tendencia desagradable a enroscarse en los ejes).

Se comprobará atentamente, siempre con la batería desconectada, no solo por seguridad, sino porque los variadores con amortiguación tenderán a frenar o bloquear eléctricamente el motor, que el motor gira libre y suavemente varias vueltas. Siempre girándolo con la mano con mucha suavidad, pues si ha quedado una pequeña piedra en el interior y lo giramos bruscamente, esta podría deteriorar el aislamiento del bobinado, produciendo un cortocircuito y acabando con el motor.

- Ante **cualquier duda, procederemos siempre** a desmontar y **limpiar el** motor.
- Si hacemos girar un motor con suciedad, lo obstruiremos más y lo más probable es que no solo destrocemos el motor sino que además quememos el variador.



Figura 32. Desmontaje y limpieza de un motor.

Fuente: Propia

En caso de proceder a la sustitución del motor, deberemos seguir estas indicaciones:

- Retiraremos la hélice y desconectaremos el cableado: aunque lo veremos más adelante, el cableado tiene polaridad, por lo que su reconexión en un orden diferente al original provocará el giro en sentido inverso del motor.
- Quitaremos con cuidado los tornillos que aseguran el motor y retiraremos el antiguo.

A la hora de montar el nuevo, debemos poner mucho cuidado en medir los tornillos que usamos:

- Unos tornillos demasiado cortos y el motor podrían soltarse, pero el uso de unos excesivamente largos hará que la punta del tornillo sobresalga en el interior de la campana, lo cual en la mayor parte de los casos conlleva el arañado de la cobertura de la bobina, cortocircuitado y destrozo del motor.
- Esto nos puede ocurrir incluso sin hacer girar el motor, es decir, si introducimos un tornillo “para probar” y este es demasiado largo, aunque no conectemos el

motor y saquemos el tornillo, el daño ya está hecho: al aplicarle corriente se producirá el cortocircuito y la destrucción del motor y quizá el variador.

- Por tanto, es muy aconsejable tomar medidas de los tornillos antes de realizar el montaje.
- La mayor parte de las bancadas de motor están construidas en plásticos o fibras, y las bases de los motores en aluminio:
- Un apriete excesivo supondrá la rotura del soporte o el deformado de la base del motor.
- Un apriete deficiente llevará a que, con la vibración normal de uso, los tornillos se aflojen.

La solución correcta consiste en usar líquido de fijación de roscas suave.

Por el bien de nuestra paciencia y nuestro bolsillo, es conveniente usar siempre herramientas de buena calidad.

4.14 Reemplazo de ESC/variadores en dron Phantom 3 y Phantom 4

El variador de velocidad ESC (Electronic Speed Controller, controlador de velocidad electrónico) es un elemento capaz de realizar esta función gracias a unos sensores en el motor que perciben cómo se comporta la corriente en el mismo.

El uso de estos dispositivos es el método más eficiente para controlar la velocidad de un motor eléctrico. Con un variador electrónico de frecuencia no se requieren motores especiales o más complejos:

- El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.
- Nos centraremos en los variadores o reguladores electrónicos de velocidad ESC usados en motores sin escobillas (Brushless).

En cuanto al mantenimiento preventivo de los variadores, aparte de la actualización del firmware a través de la aplicación correspondiente, si apareciesen nuevas funcionalidades interesantes, hay poco o ningún mantenimiento físico que se deba realizar, simplemente asegurarse de su limpieza.

Respecto a la refrigeración, como ya dijimos para la mayoría de los variadores modernos, con consumos máximos entre los 5 y los 40 amperios generan muy poco calor, por tanto, con que tengan contacto con aire en movimiento, es decir, que no estén encerrados en cajas estancas, o similares, será suficiente para un funcionamiento correcto.

Siempre es recomendable que estén situados en un lugar accesible donde podamos comprobar su temperatura tras un vuelo exigente y realizar inspecciones visuales de que no existen indicadores de sobrecalentamiento.

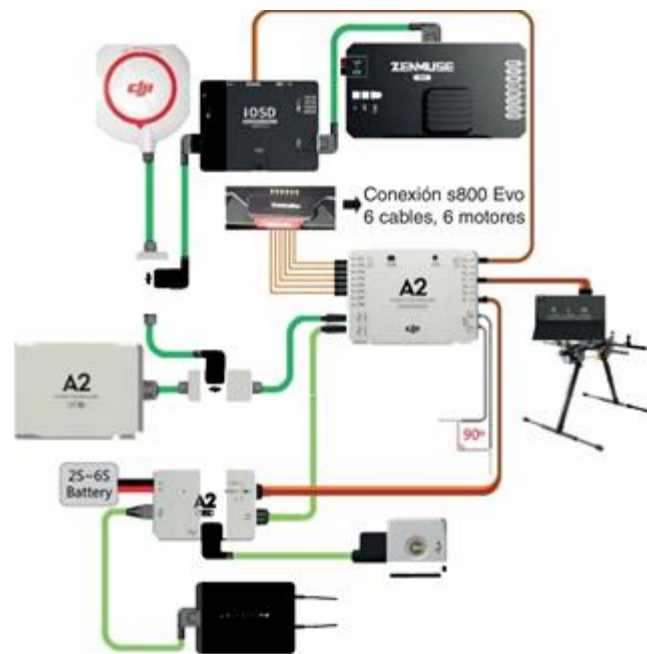


Figura 33. Esquema de los componentes de un dron

Fuente: www.google.com

Esquema de montaje de la controladora DJI A2 y otros componentes electrónicos en un dron DJI.

Controladores de vuelo (FC o Flight Controllers) y electrónica.-

Las controladoras de vuelo o FC (Flight Controllers) son quizá la parte más importante del vehículo no tripulado, puesto que son el «piloto remoto» que asegura su control y funcionamiento:

- Su elección, capacidades y configuración van a ser las que determinen las capacidades operacionales de nuestra aeronave.
- La mayoría de las controladoras funcionan bajo la arquitectura ARM Cortex, que resulta fácil de programar, y con bastante compatibilidad entre diferentes hardwares.
- Pueden llevar conectados, entre otros, estos sensores, que van a contribuir a proporcionar más estabilidad y seguridad al vuelo de nuestra aeronave:
 - ✓ El GPS.
 - ✓ La IMU.
 - ✓ El magnetómetro.
 - ✓ Los giróscopos.
 - ✓ Los acelerómetros.
 - ✓ El altímetro láser.
 - ✓ Los sensores de altura (volumétricos).
 - ✓ Los sensores ópticos.

En lo que respecta a los sensores, en general depende del fabricante, pero suelen tener una estructura similar y dentro de la misma pueden estar integrados algunos modelos más o menos sofisticados, pero comúnmente cuentan con los siguientes:

- Acelerómetros: para medir la inercia de la aeronave.
- Giróscopos: miden la velocidad angular en todos sus ejes durante los cambios de posición de la aeronave.
- Magnetómetros: son utilizados como una brújula que permite saber en todo momento la dirección a la que apunta el dron. Emplear un segundo magnetómetro independiente del de la controladora de vuelo nos permite

principalmente una ventaja: alejarnos todo lo posible de la batería, los cables de distribución y el ESC, causantes de las interferencias, que pueden traernos más de un problema. Para explicarlo de manera esquemática, la corriente continua que circula por los cables de distribución en grandes cantidades (la batería en algunos multirrotores produce hasta 80 amperios) es tal que el campo magnético que genera puede causar graves problemas en el magnetómetro, que usa el campo magnético de la Tierra junto con la información de declinación (gracias al GPS) para saber dónde está el norte. Un magnetómetro debería estar montado lo más lejos posible de cualquier objeto metálico o por el que circule la corriente.

- Sensores barométricos: empleados para conocer con una precisión asombrosa la altura real de vuelo; este sistema se apoya en otros como el GPS.
- Sensores volumétricos: utilizados para la detección de obstáculos y su distancia con respecto a la aeronave, pudiendo instalarse en el RPA en cualquiera de sus ejes.
- Sensores ópticos: empleados para la detección de objetos, pudiendo instalarse en cualquier eje. Este sensor es utilizado en compañía del volumétrico como ayuda en vuelos realizados en interior para poder marcar una posición en ausencia de señal GPS.
- GPS: este elemento nos sirve para poder posicionar y conocer las coordenadas exactas en el espacio del RPA (incluida la altura) y poder desplazarse de forma autónoma. El GPS es un sistema que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza un GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.

Se utilizan también otros sistemas de geo posicionamiento como el GLONASS (acrónimo en ruso de Sistema de Navegación Global) o el GALILEO, un sistema de navegación por satélite de origen civil similar al GPS.

- Procesadores (uno o varios): con la potencia de cálculo necesaria para el tratamiento de todos los datos provenientes de los sensores, el procesador realizará en tiempo real los cálculos necesarios para la estabilización y el movimiento de la aeronave.
- Placa de alimentación central: desde la misma se llevan a cabo las siguientes funciones:
 - Se alimentan todos los sensores.
 - Se reparte el voltaje de forma estable, siendo esto imprescindible para el perfecto funcionamiento de cada elemento.

Puede tener, asimismo, un funcionamiento redundante, mediante la utilización de varias baterías. La estabilidad de todo el sistema depende de un ajuste adecuado de esta placa.

Con la combinación de todos esos componentes electrónicos, se consigue tener suficiente información para poder tomar las decisiones correctas sobre los actuadores (propulsores y estabilizadores) que deberán hacer posible el vuelo. Además, se están produciendo avances de manera constante en la investigación en este sector:

- En las actuales controladoras se está incorporando un segundo procesador que ayudara o entrara en juego cuando el ordenador principal detecte algún fallo.
- La redundancia de datos está convirtiéndose en una obligación, con estos sistemas se buscan sensores gemelos que funcionen al mismo tiempo y, en caso de necesidad, el gemelo estará preparado para solucionar rápidamente el fallo.



Figura 34. Hexacóptero equipado con un sistema autónomo de vuelo y gimbal de grabación. Fuente: www.google.com

Existe en internet una gran variedad de *softwares* (prácticamente todos gratuitos), cada uno de ellos con una lista de *hardwares* compatibles. Lo más conveniente será que hagamos búsquedas en la red para encontrar el que más nos conviene.

Debemos tener en cuenta, entre otras prestaciones, las siguientes:

- Si queremos que permita vuelo autónomo.
- Creación de misiones (es decir, programación de ruta o acciones automáticas).

Manejo de gimbal de cámara. Interactuación con sensores externos. Salidas directas de control.

- Algoritmos de vuelo (es decir, el proceso matemático por el cual el aparato se estabiliza, para usos como drones de carreras, en los que este es el criterio principal).



Figura 35. Pantalla principal del software de control “Dronin”.

Fuente: Propia

Colocado correcto de la placa controladora.-

Debido a que la controladora lleva integrados los sensores principales de control, su adecuada colocación será determinante para el correcto vuelo de nuestro aparato.

- La posición adecuada de la controladora de vuelo se encuentra en el centro de presiones. Recordemos que en un modelo correctamente ajustado, el centro de presiones y el de gravedad deben coincidir o diferir tan solo en el margen que nos indique el fabricante.

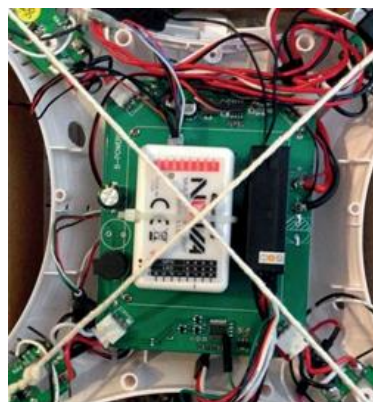


Figura 36. FC situada en el centro de presiones en un DJI Phantom

Fuente: Propia

- En caso de los multirrotores hay que colocarla en el centro entre los motores; el método más sencillo para averiguar este punto consiste en atar una cuerda fina, o goma elástica, en uno de los motores y hacerla pasar por el motor opuesto; haciendo lo mismo con cada pareja de motores opuestos, todos los hilos o gomas se cruzarán en el mismo punto sobre el chasis, y ese punto de cruce es el centro de presiones del multirrotor, y es ahí donde debemos situar la controladora.

En cuanto al anclado de la placa, todas las placas llevan serigrafiada una flecha o indicador de dirección, que marca la dirección que la placa va a considerar el lugar en el aparato.

La colocación ideal es alineando esa marca con el eje longitudinal del aparato:

- Si por razones de espacio o conexionado no podemos hacerlo así, deberemos buscar en el software de configuración de la placa el apartado donde se corrige la orientación de la placa y modificar el valor correspondiente.
- Una vez guardados los cambios, en la sección del software donde nos permita ver en tiempo real la información de los acelerómetros y giróscopos, comprobaremos que el movimiento real en cada uno de los ejes se corresponde con la información que genera la FC.
- Si no realizamos este proceso de forma correcta, el aparato será totalmente incontrolable.
- La sujeción de la placa al chasis ha de ser firme, cualquier variación de posición de la FC durante el vuelo hará incontrolable el aparato:
- Si la FC viene encapsulada en una caja plástica o metálica, una buena opción es usar cinta de doble contacto, que sea de calidad y asegure una buena sujeción.
- Si la placa trae orificios para atornillar, los usaremos intercalando arandelas de goma para aislarla de la vibración de los motores.



Figura 37. Flecha o indicador de dirección en una FC

Fuente: www.mercadolibre.com

- Es importante que comprobemos la fijación de la placa, asegurándonos de que no se mueve de su sitio. Siempre será mejor que la placa esté anclada con firmeza y luego usar un filtro electrónico de vibración, a que la placa esté anclada con un sistema demasiado flexible y se mueva en vuelo, generando información errónea de su posición.

Si la placa cuenta con cápsula barométrica y no viene en una caja de protección, es importante tapa la cápsula con un trozo de espuma poco densa para evitar que la corriente de aire generada por las hélices produzca errores de lectura de la altura.

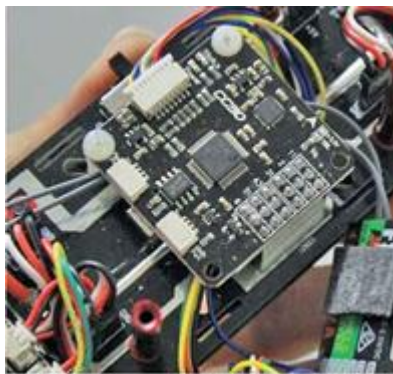


Figura 38. FC atornillada al chasis

Fuente: Propia

Si además, la placa lleva sensores magnetométricos (de brújula), ya que estos son muy sensibles a los campos de corriente, habrá que cuidar mucho la máxima separación posible de todos los cables de alta corriente (los que llevan corriente continua de la batería a los motores, servos, etc., y los cables trifásicos que unen los ESC a los motores) para evitar las lecturas incorrectas con los cambios de potencia.



Figura 39. Capsula barométrica en una controladora F3.

Fuente: www.google.com

4.15 Configuración del software de vuelo para drones DJI

En todos los casos debemos asegurarnos de que durante el procedimiento hemos pasado por cuatro puntos comunes a todas las configuraciones, que son:

- El calibrado de sensores (acelerómetros, giroscopios y magnetómetro).
- El correcto reconocimiento de las órdenes de la emisora por la tarjeta.
- El calibrado de máximo y mínimo de motores.
- El procedimiento de fail-sale (“a prueba de fallos”) o reacción ante un fallo de comunicación de control (ya sea desarmado con caída libre o Return to Home).

Si no hemos realizado al menos estos pasos en el asistente de configuración, buscaremos la manera manual de hacerlo, ya que de no llevarlo a cabo es seguro que no seremos capaces de realizar ningún vuelo satisfactorio.



Figura 40. Programa de configuración Mission Planer

Fuente: Propia

Las FC son dispositivos de alta precisión, de tal manera que los golpes, las vibraciones excesivas o la humedad pueden dañarlas irremediablemente, además de comprometer la seguridad del vuelo:

- Debemos comprobar su correcto funcionamiento cada poco tiempo.
- Además, por tratarse de sensores físicos de alta precisión, será necesario el recalibrado de forma periódica.

Este procedimiento viene descrito en el manual o en la aplicación del fabricante para cada sistema.

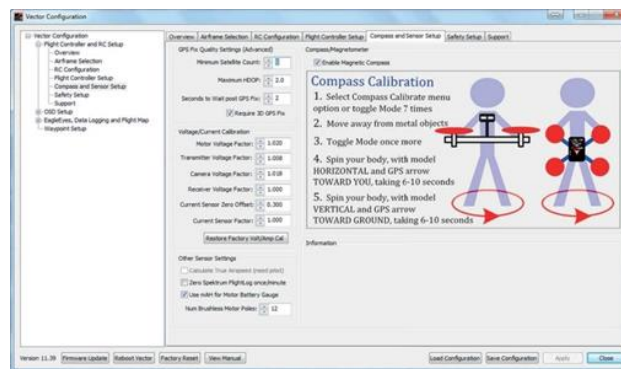


Figura 41. Aplicación de configuración de una FC.

Fuente. Autoría propia

Además de los sensores que ya hemos visto y que vienen integrados en la propia placa, podemos conectarle una serie de dispositivos externos a la misma para maximizar sus capacidades, o para realizar tareas concretas. Veamos una lista de los más comunes y su utilidad.

Sensores externos.-

Podemos enumerar los siguientes sensores externos:

Sensores de corriente o voltaje: estos sensores ofrecen información sobre el voltaje restante de batería y la cantidad de corriente consumida; su utilidad es clara, como un indicador de combustible:

- Nos dan una idea de la autonomía restante.
- Nos permiten disparar avisos acústicos (pitidos).
- Incluso nos dejan iniciar el proceso de retorno a base automático si llegamos a una cantidad determinada de consumo o remanente.

Hay que comentar que estos dispositivos requieren calibrado tras su instalación.

- **GPS:** el Global Positioning System es un sistema que permite determinar la posición del RPA con una precisión de unos pocos metros. La unidad GPS es la encargada de transmitir información sobre la posición en el planeta a la controladora de vuelo.



Figura 42. Sensores de corriente, unidad de GPS y Unidad GPS/magnetómetro abierta. (Fuente: www.google.com)

- **GPS/magnetómetro:** estos dos dispositivos suelen venir encapsulados en la misma caja:
- Por un lado, el del GPS ofrece información de la posición y la velocidad.
- Y, por otro, el del magnetómetro ofrece orientación de brújula.

Con estas dos informaciones es posible programar, entre otros:

- Misiones autónomas.
- Procedimientos de retorno a casa.
- Auto estabilizaciones.

4.16 MANTENIMIENTO EN OTROS ELEMENTOS DE LOS DRONES

Existen otros sensores externos y sistemas de ayuda al pilotaje/OSD que pueden añadirse al dron en función del trabajo que se vaya a realizar o las características del lugar donde se opere.

Estos dispositivos serán de gran ayuda para portar carga de pago, mejorar la estabilidad y las características del vuelo, aumentar la seguridad operacional e incluso para servir de referencia visual al piloto:

- **Gimbal de cámara:** la misión de este componente es estabilizar la cámara de grabación y siempre mantendrá el horizonte, además de que puede tener la posibilidad de moverlo desde la emisora para cambiar los ángulos que se vayan a grabar o a fotografiar.

Hay muchos tipos, pero los más actuales son los gimbal brushless, que en vez de usar servos, como se hacía antes, usan motores brushless que son controlados por una controladora de gimbal. Además, llevan una IMU en el mismo soporte que la cámara, que se encarga de indicar a la controladora en qué posición está para que mande la señal a los motores para mantener estabilizado el sistema.

Este gimbal puede estar acompañado o ser sustituido por otros sistemas, por ejemplo, con una cámara que es utilizada para el acercamiento del dron a un punto con objeto de soltar una carga o un salvavidas.

Este dispositivo no es una ayuda como tal al vuelo, pero se usa con una gran profusión en el mundo de la grabación de vídeo con drones. Su utilidad es la de estabilizar la cámara mediante el uso de un sistema electrónico similar al de la FC, pero instalado sobre una plataforma móvil controlada por motores. Mediante la conexión del gimbal a la FC, obtenemos varias ventajas:

- Por un lado, la posibilidad de orientar la dirección del gimbal con los mandos de la emisora.
- Por otro lado, que la propia FC, teniendo en cuenta las instrucciones que le llegan desde el mando de control, junto con sus propios sensores, ayude a la controladora de posición del gimbal a ofrecer una estabilización más consistente.



Figura 43. Gimbal de brazo

Fuente: www.google.com)

4.16.1 Cambio de led's de dron Phantom 3 y Phantom 4

La iluminación puede tener desde una utilidad exclusivamente de posicionamiento, para lo cual no sería necesario conectar los LED a la placa, hasta la emisión de señales, ya sean cambios de color para indicar estados de la FC, o efectos ópticos. La mayor parte de las FC permiten el control de dispositivos LED RGB.



Figura 44. Luces de posición

Fuente: www.google.com

Zumbador o Buzzer: es una bocina que se conecta a la placa y nos ofrece las siguientes prestaciones:

- Avisos acústicos.
- Armado de motores.
- Calibrado de acelerómetros.
- Cambios del modo de vuelo.
- Localización en caso de pérdida y caída al suelo.

Es uno de los accesorios más sencillos y útiles que podemos incorporar a nuestro aparato y resulta bastante habitual encontrar placas de luces LED y buzzer juntos.

- Servos y actuadores: estos también pueden ser usados para el soltado de carga, la recogida de muestras o cualquier otro propósito mecánico.

Aunque pueden ser controlados mediante su conexión directa al receptor de control, su conexión a la FC nos permite crear programas automáticos para que el aparato lleve a cabo tareas de forma autónoma según su estado, es decir: soltado de carga al llegar a un punto, control de descarga de material fumigado en función de la velocidad y la altura, etc.

- Sónares y sistemas de proximidad: este grupo, en el que se encuentran tanto los sistemas ópticos como acústicos, ofrece información de objetos u obstáculos; aunque su programación es compleja, su practicidad para el vuelo en interiores, y sobre todo para el evitado de obstáculos, hace que sean de una gran ayuda para la seguridad, además de un apoyo para el vuelo autónomo.

Piloto automático/sistemas de emergencia.-

Estos dispositivos procesan la información aportada por los sensores anteriores y tienen las siguientes funciones:

- Son capaces de pilotar y guiar la aeronave de manera autónoma con gran precisión a través de los puntos de ruta por coordenadas que se le introducen desde el ordenador de control.
- Siguen el perfil de vuelo que se programe para cada punto de la ruta (velocidades, regímenes de ascenso/descenso, altitudes...), aplicando automáticamente las correcciones de deriva necesarias para compensar el desvío producido por el viento.

Facilitan en gran medida la operación del dron, posibilitando que el operador se centre en el manejo del resto de los equipos que lleve instalados tales como las cámaras de vídeo o el resto de los sensores, en lugar de tener que ocuparse completamente del pilotaje.

Otra modalidad de funcionamiento del piloto automático normalmente basada en la asistencia de posicionamiento GPS es el vuelo manual asistido:

- En este modo de operación, el dron se mantendrá auto nivelado en el punto en el que soltemos los controles de vuelo.
- También producirá un desplazamiento muy controlado y estabilizado a la hora de mover las palancas de mando hasta llevarlo a la nueva posición que deseemos.
- Para usar esta función en equipos guiados por GPS es necesario cerciorarse de tener una buena recepción de los satélites y disponer de la ubicación exacta conseguida, ya que de otro modo es posible que el aparato se des controle involuntariamente tratando de seguir falsos posicionamientos.

Mientras usemos un modo de vuelo que emplee funciones automáticas, debemos estar siempre alerta y preparados para recuperar el control manual al instante de producirse cualquier alteración imprevista en la trayectoria del dron. De esta manera evitaremos causar cualquier tipo de accidente.

Para facilitar el correcto pilotaje del dron y evitar posibles situaciones de peligro que puedan darse, estas máquinas cuentan con sistemas de seguridad como el del control de altura y el sistema conocido como “de vuelta a casa”. Se puede describir con más detalle en qué consiste cada uno de ellos:

- Sistema de control de altura: debido al reducido margen de seguridad, 100 ft (30 m) que separa la altura máxima de operación de los RPA (400 ft) con la mínima de vuelo del resto de aeronaves tripuladas (500 ft), surge la necesidad de equipar a estas máquinas con un sistema que limite la posibilidad de exceder dicha altura. Para ello, el sistema en cuestión obtiene el dato de la altura de vuelo del sensor de presión estática, del GPS o del radio altímetro y, cuando detecta una altura próxima a la máxima programada, automáticamente limita el ascenso generando una barrera o techo ficticio que será imposible de rebasar. A modo de símil, puede decirse que funciona a semejanza de un limitador de velocidad instalado en un automóvil.
- Sistema de vuelta a casa (RTH, Return to Home): los RPA, al igual que cualquier otra máquina que funcione por control remoto, son susceptibles de sufrir una

interrupción en la señal por diversos motivos. Perder el control durante un período considerable supondría casi con certeza terminar en accidente si no fuera por la función fail-safe («a prueba de fallos») y RTH, con la que cuentan este tipo de aeronaves que emplean PCM (del inglés Pulse Code Modulation, por codificación de pulso), que es un protocolo de comunicación con la emisora del RPA). Mediante estos protocolos, el dron descenderá al suelo o volverá al punto de origen del vuelo automáticamente.

Cuando se activa esta función, entra en servicio el piloto automático, que guía a la aeronave hasta el punto de despegue (home *position*) y la posa suavemente en el suelo con una tasa de descenso fija, gracias a la información obtenida de los inerciales, altímetros, variómetro y GPS.

El sistema de vuelta a casa se puede programar para que la vuelta se realice a una determinada altura. Esto resulta muy útil, por ejemplo, si se tiene cerca un obstáculo y se quiere evitar que el RPA impacte contra él. Lo recomendable sería fijarle una altura superior a la de dicho obstáculo para que regrese con seguridad.

OSD (On Screen Display)

Su nombre significa “información en pantalla”. Este dispositivo es de gran utilidad si estamos volando en modo primera persona, con un sistema de transmisión de vídeo instalado en el aparato. La utilidad es presentar en pantalla información relevante para el vuelo, como pueden ser, entre otros, estos datos:

- El voltaje de la batería.
- La superposición de los mapas.
- La información de la brújula.
- La posición.
- La información de los sensores.

Dependiendo de sus prestaciones, presentan diferentes características:

- Los sistemas más básicos, de voltaje o de posición, tienen sus sensores propios y no van conectados a la FC, tan solo intercalados en el cableado de señal de vídeo.
- Los más avanzados poseen una conexión de datos para intercambiar información con la FC, pudiendo cambiar, en tiempo real, la cantidad de datos que presentan, y ofreciéndonos información procesada obtenida de la mezcla de los sensores del aparato como puede ser la siguiente:
 - El tiempo estimado de batería remanente.
 - La distancia al origen.
 - Los puntos de misión completados.



Figura 45. Emisora de control y OSD. (Fuente: www.google.com)



Figura 46. Representación sintética de la información de vuelo, motores y navegación. (Fuente: autoría propia)



Figura 47. Representación sintética que muestra información de vuelo integrada. (Fuente: Propia)

Radio control, emisores, receptores y antenas de enlace y comunicación.-

La radiocomunicación hace uso de las ondas de radio para transmitir información (ya sean datos o voz). Para ello, dicha información se «inserta» en la señal de radio por parte del equipo transmisor y puede ser “extraída” por parte del receptor.

En el caso particular de los drones, si el trabajo que se va a realizar requiere de la transmisión de datos en tiempo real, dichos datos también se transmiten a través de la radio, y el sentido de la transmisión dependerá de la naturaleza del trabajo. Por ejemplo, la captación de imágenes será en sentido aire-tierra, mientras que el uso de un dron como repetidor de señales de televisión tendrá dos enlaces, uno tierra - aire y otro aire - tierra.

Emisores, receptores y antenas de enlace y comunicación.-

En este punto se describen los distintos tipos de emisoras, receptores de señal, antenas y elementos de comunicación que nos permiten controlar a distancia el dron. El avance de la tecnología de telecomunicaciones en estos últimos años hace que las posibilidades de transmitir/recibir información del dron sean tan completas que se puede manejar un dron, con absoluta precisión, en realidad virtual y a larga distancia.

Emisores

En el campo de las comunicaciones aeronáuticas habitualmente nos encontramos emisores - receptores (transceptores) que pueden ser de dos tipos:

- Embarcados (instalados a bordo de una aeronave o vehículo).
- Portátiles (de mano).

Nos sirven para poder comunicarnos mediante mensajes de voz en frecuencias aeronáuticas.

Por otra parte, tenemos emisores específicos de los drones, como pueden ser:

- La estación de control (emisora).
- Los transmisores de telemetría embarcados en la aeronave.

Receptores.-

En el ámbito de los drones, tenemos además otros receptores:

- Los módulos receptores de control embarcados en la aeronave.
- Los receptores de datos de telemetría incorporados en la estación de control o que se conectan a los dispositivos de presentación adecuados y accesibles para el piloto.
- Los sistemas receptores para el trabajo específico que van a desarrollar como receptores de transmisión de vídeo o datos recogidos por los sensores de la aeronave.

En algunos casos la transmisión de vídeo se utiliza como un medio adicional de posicionamiento y control del dron, como en la modalidad de vuelo FPV.

Elementos de control y movimiento.-

Por último, en este apartado veremos los servos (servomotores o actuadores remotos) y sus principales características:

- Desde el punto de vista comercial podemos encontrar una amplia gama de estos dispositivos con grandes diferencias en prestaciones, pesos, aplicaciones y también calidades.
- Son dispositivos movidos eléctricamente que posicionan un brazo o actuador (ya sea rotativo o lineal), llevándolo a la posición determinada por la señal de control, ya venga generada por la controladora de vuelo o directamente desde la estación de control.
- Son los que manejan las superficies o mecanismos de control de vuelo en alas fijas y helicópteros (timones, alerones, *paso* cíclico/rotativo, etc.), por tanto son de vital importancia, puesto que son «las manos y los pies» del piloto en el aparato.
- Pueden accionar mecanismos en drones específicos para:
 - Suelta de cargas.
 - Apertura de compuertas.
 - Otros accesorios.

Los drones son equipos bastante compactos y el engrase y la limpieza se concentran en dos zonas principales:

- Partes móviles o articulaciones.
- Rodamientos.

En los drones siempre hay zonas que tienen movilidad en mayor o menor grado. Por tanto, una aeronave siempre va sufrir flexiones y contracciones en el vuelo por su propia física de elasticidad; por ejemplo, un ala que no variase sus ángulos en los planos cuando se encuentra en una posición de reposo a una posición en vuelo, sería imposible de volar, pues se rompería.

Partes móviles y rodamientos

Una de las partes móviles más común de todos los drones son las superficies de giro (conjunto hélice), que suelen venir acompañadas de cojinetes y rodamientos, por tanto, estas partes móviles necesitaran cada cierto tiempo de una acción de limpieza y engrase.

Uno de los elementos fundamentales es el eje principal de los motores que se une con la parte móvil de las hélices. Para realizar una limpieza y engrase de este elemento, tendremos que proceder en la mayoría de los casos a la retirada de la campana de motor y descubrir gran parte del eje que va colocado en el centro del estator de giro.

Seguidamente vamos a describir paso a paso cómo proceder a la limpieza y engrasado de este elemento, mediante una sucesión de figuras explicativas que nos permitirán realizar esta operación de forma sencilla, ya que casi todos los motores del mercado son similares:

1. Retirada, si la hubiera, de la extensión del eje o falso eje que suele ir atornillado para la toma de base de hélice con el conjunto motor:



Figura 48. Secuencia de desmontaje de motor.

Fuente: propia

2. Una vez retirada la extensión del eje del motor, procedemos al soplado con aire comprimido en los orificios de tornillería.
3. Retirados todos los tornillos que presionan el eje del motor al conjunto de la campana, procederemos a apalancar con cuidado la campana de la parte interior del estator motor: esto nos ofrecerá algo de dificultad, al estar los imanes

pegados a las espiras del estator. Se debe presionar apalancando con cuidado con alguna herramienta no metálica.

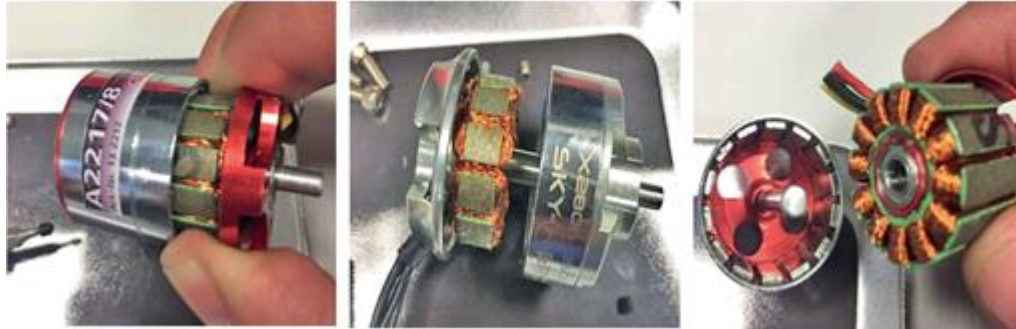


Figura 49. Extracción de la campana superior e inferior del motor además del estator. (Fuente: propia)

4. Procederemos a la limpieza con aire comprimido de todas las partes: el estator y sus espiras (comprobaremos daños o malos contactos), el eje interior, las campanas, interior y exterior; y comprobaremos que los rodamientos estancos no sufran ninguna pérdida de grasa, ya que en caso de mal funcionamiento, roce o pérdida de líquido es recomendable su cambio.



Figura 50. Soplado de las espiras del estator del motor, comprobación de los rodamientos del eje interior del estator y soplado del eje interior del estator del motor. (Fuente. Propia)

5. Por último, reemplazaremos **la tornillería** que veamos mellada o en malas condiciones y procederemos de nuevo al montaje de todo el grupo motor.

Zonas de flexibilidad.-

Son las zonas, principalmente articulaciones, que van a sufrir cambios de posición, o en el vuelo o en el transporte, y que están especialmente diseñadas para que la aeronave se adapte a las variaciones necesarias para el vuelo o para el transporte.

También incluimos, entre estas, las diseñadas por el fabricante para hacer más compacto el dron, tanto en el vuelo (trenes retráctiles) como para que el transporte habitual de un campo a otro sea más fácil y menos voluminoso. Estas partes suelen estar adaptadas con cableado y materiales retráctiles o extensibles. En el caso de que movamos y armemos las partes recogidas para el vuelo, debemos prestar atención los siguientes factores:

- Que estos cableados y materiales no sufran elongaciones.
- Que no sufran cortes.
- Que se no se queden enganchados con las partes móviles.
- Que no se produzcan dobleces que puedan provocar cortocircuitos.

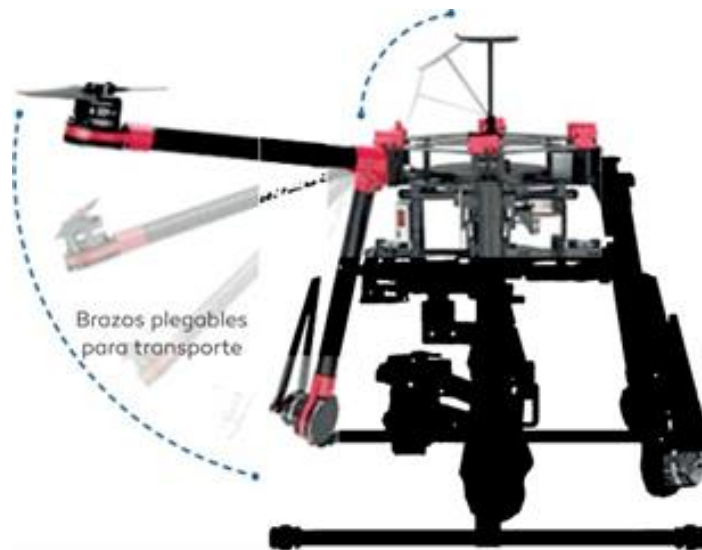


Figura 51. Dron con brazos plegables. (DJI Matrice 600)

Fuente: www.dji.com

4.16.2 Mantenimiento en las Baterías

En la actualidad, la principal fuente de energía utilizada para los drones es la corriente eléctrica y viene dada a través de las baterías:

- Existen numerosos tipos de baterías, y entre todas ellas las más empleadas son de polímero de litio (Li-Po).
- El problema más difícil de subsanar en los drones es el tiempo de vuelo; muchas veces (dado el peso de las baterías), no por levantar más baterías con más amperios ganamos capacidad del RPA, porque aumentamos el peso.
- Se están desarrollando nuevos materiales y métodos de fabricación de baterías, desde materiales tan comunes como el aluminio o tan novedosos como el grafeno.

El futuro en el mundo de las baterías es prometedor y cada día que pasa estamos más cerca de conseguir baterías:

- ✓ De mayor capacidad.
- ✓ Con menor peso.
- ✓ Recargables en pocos minutos.
- ✓ En la mayoría de los drones se emplean baterías recargables, ya que permiten ser reutilizadas repetidas veces gracias a los cargadores específicos para cada tipo.

Las variables más importantes de las baterías recargables son tres:

- El voltaje.
- La capacidad.
- La velocidad de carga y descarga.

A la hora de elegir la batería correcta, debemos tener en cuenta los siguientes factores:

La mayoría de los drones comerciales vienen con unos packs de baterías pre configurados y diseñados para cada modelo, de ahí que a día de hoy se compren ya montados con la capacidad que deseemos y la tensión apropiada para nuestro equipo.

- Casi todos los equipos están pensados para alojar la batería en una zona específica de carga con unas dimensiones determinadas, por lo que no podremos colocar una batería que no venda el fabricante.
- Las marcas más utilizadas de drones están provistas de unas baterías específicas para cada uno de los modelos y que alojan en la propia batería un circuito de gestión de carga e interruptor.



Figura 52. Batería específica para Phantom.

Fuente. www.google.com

Carga y descarga/ciclos de carga.-

Como ya sabemos, un ciclo comprende una carga y una descarga de la batería:

- Antes de iniciar el vuelo, tenemos que tener en cuenta la descarga máxima que podremos hacer a las baterías, normalmente los equipos nos indican dos alertas de batería baja. El primer aviso de batería baja esta entre el 15-25 % y el segundo nunca por debajo del 5% de la capacidad total.
- Tenemos que tener en especial cuidado a la hora de volar con poca batería, una pequeña bajada de tensión en un variador puede hacer parar uno de los motores y provocar un accidente. Cada una de las misiones requiere una revisión de los umbrales de aviso de la batería.

Equilibrado.-

Para el equilibrado de una batería, debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- El equilibrado de una batería se usa cuando utilizamos más de una celda y se recomienda hacerlo en todas las cargas de baterías; esto se hace para que no exista diferencia de potencial mayor a 0,1 V entre las celdas.
- A menudo, las baterías acaban deteriorándose por no llevar un buen mantenimiento de las mismas, y empieza a encontrarse cada vez más diferencia entre las celdas y se acaban por quedar inutilizables por completo.
- Pero cuando tenemos un conjunto de celdas conectadas, puede pasar que durante el proceso de carga unas queden más cargadas que otras, o que alcancen estos niveles de tensión a mayor velocidad que las celdas contiguas.
- Cuando una celda está ya cargada y el resto no, la cantidad “extra” de energía que le llega la convierte en calor (por eso es normal algunas veces que al cargar varios elementos haya algunos que al final estén más calientes que otros).

Este problema es más grave si se trata de baterías Li-Po, ya que si les seguimos incrementando el nivel de energía, una vez cargadas, puede derivar en un accidente o un incendio, aparte de que estas sobrecargas contribuyen a dañar la batería.

Este es el motivo por el que interesa ver el nivel de tensión de cada elemento mientras se termina de cargar el resto. A este procedimiento se le denomina balanceo.

Supervisión y temperatura de funcionamiento óptimo en las baterías.-

Las baterías Li-Po son un material delicado que, si no está bien mantenido, puede resultar peligroso:

Una batería defectuosa puede salir ardiendo durante la carga, iniciando un incendio si no se está atento.

Es obligatorio mantener la vigilancia de cualquier batería durante el proceso de carga.

Antes de realizar una carga, comprobaremos primero el estado físico de la batería. Cualquiera de los siguientes factores nos avisará de una batería potencial o efectivamente defectuosa, que sin duda interferirá en nuestras operaciones:

- Las deformaciones.
- Los abultamientos.
- Los rotos.
- Las fugas de líquido.
- Un silbido peculiar durante el proceso.

En cuanto a la temperatura de uso, los ambientes muy fríos o muy calurosos son un inconveniente tanto para la carga como para la descarga.

- Un ambiente muy frío hará que el proceso químico de las celdas se ralentice, ofreciendo mucha menos capacidad de descarga, y deteriorándose rápidamente, la capacidad de almacenaje en carga se reduce drásticamente con el frío.
- Se recomienda una temperatura por encima de los 15 °C y siempre dejar reposar una batería después de una descarga para permitir que el proceso químico interior se estabilice y admita una carga correcta y completa.
- Las baterías Li-Po tienen un rango óptimo de funcionamiento entre 30-35°C.

Pasivación.-

La pasivación es un efecto que se produce en la batería cuando se ha tenido sin utilizar durante bastante tiempo, y que consiste en la formación de una fina película de cloruro de litio en la superficie del ánodo (que evita la auto descarga, así que durante el tiempo que no se utiliza es incluso beneficioso porque actúa como una resistencia ante la descarga.

- Aunque no es algo negativo, ya que es lo que hace que estas baterías tengan baja auto descarga, lo que ocurre es que cuando se ha inutilizado durante un periodo

muy prolongado, la capa puede ser lo suficientemente gruesa como para hacer que la batería no nos dé sus máximas prestaciones; por lo que, antes de volver a utilizarla de nuevo, es necesario disminuir esta capa hasta un límite que sea moderado.

El que se forme una capa mayor o menor cuando ha estado guardada depende de la propia batería (de sus características) y también de otros factores como los siguientes:

- El tiempo que ha estado sin usar (cuanto más tiempo, mayor será la capa).
- La temperatura a la que se ha guardado (a mayor temperatura, más capa).
- La tensión de la batería (a mayor tensión, más rápido se forma la capa).

Para ir reduciendo este fenómeno, se deben realizar varios ciclos de carga y descarga (dependiendo del grosor de la película que se haya creado), para que dicha capa superficial se vaya reduciendo.

Mantenimiento y criterio de sustitución.-

Las baterías Li-Po son muy utilizadas en los drones por su ligereza, por su adaptabilidad, y sobre todo porque tienen una gran capacidad de descarga, que es fundamental por la alta demanda instantánea de energía que necesitan los motores:

- Por último, los drones profesionales de mayor tamaño están equipados con baterías de más de 4 celdas.

Para realizar un mantenimiento adecuado de las baterías Li-Po (como ya sabemos, las más usadas), se recomiendan los siguientes cuidados y consejos de uso:

- Recargar siempre la batería en un área protegida y alejada de combustibles.
- No recargar una batería dañada, hinchada, golpeada o con perforaciones. En ese caso, hay que desechar esa batería.
- Si la batería se hincha durante el proceso de carga, hay que desconectarla inmediatamente y retirarla a un lugar seguro en el exterior, ya que podría

originarse un incendio. Una vez asegurado que no se va a incendiar, debe desecharse en un punto limpio.

- Si la batería se calienta anormalmente durante el proceso de carga, puede llegar a incendiarse (por eso es tan importante vigilar los procesos de carga de las baterías Li-Po). Desconectar el cargador y comprobar deformaciones, hinchamientos, etc., de la batería y desecharla en su caso.
- Si las baterías Li-Po se descargan del todo, aparecen fenómenos de pasivación, etc., que disminuyen la capacidad de carga de la batería y reducen su vida útil.
- Antes de utilizar una batería recién recargada, en el dron, es mejor esperar unos minutos para que se equilibre químicamente.
- Igualmente, después de utilizar la batería en el dron, esta no se deberá poner en carga hasta que pasen al menos 10 minutos y se reduzca su temperatura, por el mismo motivo expuesto en el punto anterior.

Almacenaje de las baterías.-

La forma ideal de almacenar las baterías Li-Po es:

- Dejarlas con una carga de entre un 60 y un 75 % de la capacidad total, en un sitio fresco y seco.
- Si la batería va a estar mucho tiempo sin utilizarse, dejarla totalmente cargada.
- En las mochilas que se emplean para transportar los drones, suele haber espacio para colocar las baterías pero lo ideal sería utilizar elementos específicos para baterías para así evitar posibles golpes.
- Y, por último, como recomendación muy importante para la manipulación de baterías Li-Po, es que nunca se intente desarmar o abrir una batería de este tipo porque, al poner en contacto con el aire los elementos internos de la misma, se provoca una reacción que genera incendio o explosión.

Averías más frecuentes en los drones

En esta parte reflejaremos las averías y los problemas más frecuentes en la utilización de un dron que pueden servir para identificar:

- Errores de procedimiento.
- Falta de conocimiento del equipo.
- Fallos en el manejo del dron.

Los operadores iniciados tienen sobradamente asimilados estos aspectos, pero para aquellos que son principiantes en la utilización de un dron, puede que les evite incidentes mayores.

4.17 Averías más usuales

Los problemas más frecuentes suelen tener que ver con dos aspectos fundamentales:

- La **dinámica de vuelo**.
- La estabilización del dron.

A continuación, mencionaremos de forma pormenorizada cada una de ellas y su resolución.

El dron no despega o no se eleva

Cuando accionamos el mando de potencia, el dron no se eleva:

1. Verificar que la controladora de vuelo esté conectada y los diferentes sensores a ella. Puede haberse soltado un conector y ello impide el funcionamiento correcto de la FC.

Las controladoras de vuelo FC (o Flight Controllers) son quizá la parte más importante del vehículo no tripulado, puesto que, constituyen el “piloto remoto” que asegura su control y funcionamiento.

La controladora de vuelo puede llevar conectados otros sensores como son el GPS, la IMU, magnetómetro, giroscopios, acelerómetros, sensor barométrico, altímetro láser, sensores de altura (volumétricos), sensores ópticos y muchos otros que contribuyen a dar más estabilidad y seguridad en vuelo a nuestra aeronave.

Con la combinación de todos esos componentes electrónicos, se consigue tener suficiente información para poder tomar las decisiones correctas sobre los actuadores (propulsores y estabilizadores) que deberán hacer posible el vuelo.



Figura 53. Cableado de una FC.

Fuente. www.google.com

En las actuales controladoras se está incorporando un segundo procesador que ayudará o entrará en juego cuando el ordenador principal detecte algún fallo.

2. Comprobar que la batería del dron está completamente cargada.
3. Comprobar que el magnetómetro y la IMU están calibrados: el magnetómetro (utilizado como brújula) puede que se haya descalibrado si se ha visto expuesto accidentalmente a fuentes de interferencias electromagnéticas. Por tanto, se deberá comprobar que el magnetómetro está lejos de baterías, motores, imanes y otros elementos que pudieran ocasionar interferencias electromagnéticas. En caso necesario, se calibrará de nuevo con el software del fabricante.
4. Comprobar la señal GPS: en lugares cerrados o en emplazamientos al abrigo de grandes superficies verticales, incluso en días con nubes con aparato eléctrico,

la señal del GPS puede ser débil. Algunos drones pueden estar equipados con FC que requieran una buena señal GPS para posicionarse antes del vuelo. En este caso, hay que esperar a que el dron reciba correctamente los datos de localización antes de su utilización.

El dron se voltea al despegar.-

Hay varios motivos para que ocurra este problema:

1. Comprobar el sentido de giro de las hélices: antes de iniciar el vuelo, se debe comprobar que las hélices giran en el sentido correcto (en caso de duda, se puede consultar el manual del fabricante para asegurar el sentido del giro).



Figura 54. Sentido de giro correcto en un cuadricóptero. (Fuente: www.google.com)

Las FC controlan el sentido del giro, pero puede ocurrir que, en el caso de motores de corriente continua, hayamos equivocado la conexión y se haya invertido la polaridad. Para cambiar el sentido de giro al correcto hay que intercambiar cualquiera de los dos cables que conectan el motor al regulador de velocidad.

2. Colocación incorrecta de las hélices: las hélices deben girar de tal manera que generen empuje, es decir, que el ángulo de ataque sea positivo. Como ya se ha señalado anteriormente, las hélices responden a una determinada nomenclatura, grabada en la propia hélice y que se debe tener muy en cuenta: CW (giro en el

sentido de las agujas del reloj) y CCW (giro en el sentido contrario a las agujas del reloj), y debe coincidir con el sentido de giro del motor. Se deberá comprobar que la hélice está girando en la dirección correcta y no está instalada al revés.

3. Comprobar la configuración de la FC: se deberá comprobar que la configuración de la FC coincide con las características del dron mediante el software y las instrucciones del fabricante.

El dron no responde a la emisora.-

Una vez comprobado que la emisora está conectada y tiene batería, este problema puede deberse a un fallo de radio, por los siguientes motivos:

1. La colocación de la antena es fundamental en un sistema de comunicación por ondas: se debe comprobar que la antena está conectada correctamente, así como su posición en el dron, evitando la cercanía de motores o baterías que aporten interferencias electromagnéticas a la recepción de la señal.
2. Comprobar los amplificadores de señal: sobre todo en los drones que se operen a mayores distancias. Estos amplificadores pueden saturar la señal cuando el dron se encuentra bastante cerca.

El dron se tambalea o vibra cuando vuela en una posición fija.-

Descartada la causa del viento, el problema puede venir por dos motivos principales:

- Porque las hélices están deformadas por el desgaste.
- Porque las hélices hayan sufrido un impacto.

Se deben inspeccionar cuidadosamente y reemplazarlas en caso de deterioro.

El motor del dron tarda mucho en llegar a la velocidad de giro normal.-

Este problema debe ser tenido en cuenta si es un motor al que le ocurre de forma diferencial a los otros.

En este caso, puede tratarse de un desgaste de los rodamientos o del rotor interno, y este motor debe ser desmontado para su evaluación y reparación o ser sustituido por otro nuevo.

El dron varía su comportamiento unos minutos después de estar siendo utilizado.-

Este problema de descenso del rendimiento suele deberse a la batería, por dos razones fundamentales:

- Se ha colocado una batería más pequeña de lo que los motores del dron demandan.
- La batería está deteriorada.

El rendimiento de la batería se ha podido reducir, entre otros:

- Por el número de ciclos de carga.
- Por el estado de la carga.

Una batería nueva solucionaría el problema.

Es conveniente, sobre todo en drones profesionales o de gran tamaño (también en los de carreras):

- Utilizar polímetros para medir la carga de las baterías.
- Comprobar que disponemos de la energía suficiente para las solicitudes que van a demandar los motores en la tarea en la que los vamos a emplear.

El dron tiene una deriva constante durante el vuelo.-

Como intento de solución inicial, se debe resetear el dron e iniciarlo de nuevo. Si no se resuelve el problema, posiblemente pueda tratarse de un mal ajuste en los mandos.

Se debe consultar el manual de la emisora y ajustar el compensador con los botones que se encuentran generalmente bajo los bastones principales de la emisora. También podemos configurarlo mediante el *software* del fabricante.

Existen muchos tutoriales y foros en internet donde se pueden consultar las dudas o problemas que tengamos a otros usuarios.

Por último, se debe consultar con el servicio técnico del fabricante ante cualquier situación de mal funcionamiento del dron, para asegurarnos de que volamos en las condiciones óptimas y seguras.

4.18 SEMANA DE CURSOS ACERCA DE DRONES (PILOTAJE, MANTENIMIENTO Y FOTOGRAMETRIA).-

Además de todo el servicio técnico que la empresa daba a sus clientes también se ofrecía cursos acerca de pilotaje, mantenimiento y fotogrametría llegando incluso a capacitar a los mismos en ocasiones cuando se vendían los equipos a instituciones o empresas que así lo requerían.



Figura 55. La empresa Drontec capacitaba y brindaba cursos de pilotaje y mantenimiento (Fuente: Propia)

EXPERIENCIAS REALIZADAS EN EL CAMPO DE TRABAJO

- Manejo de programas y aplicaciones (software) para diferentes propósitos.

Se utilizó para este propósito el software DJI Assistant 2 el cual realizaba calibraciones, actualizaciones entre otros.

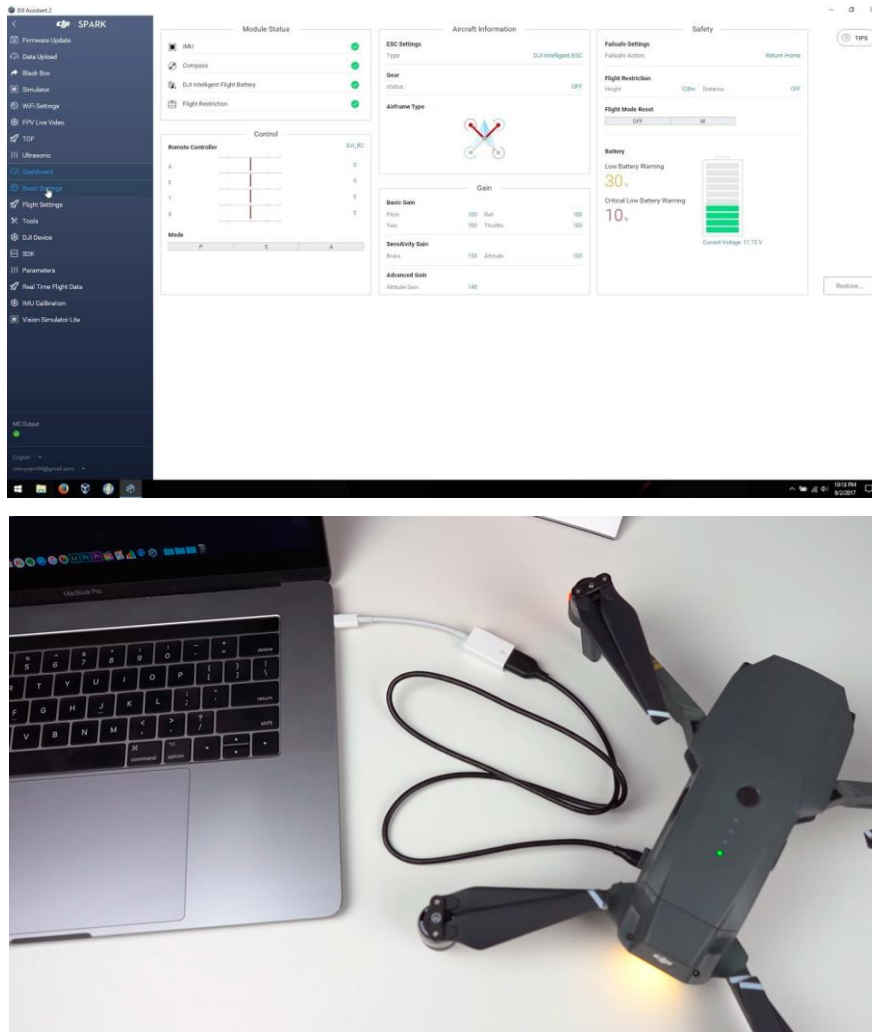


Figura 56. Software Assistant 2

Fuente: Autoría propia

También se utilizó la aplicación DJI GO:



Figura 57. Aplicación DJI GO (Alerta batería baja)

Fuente propia



Figura 58. Aplicación DJI GO (Alerta de interferencia)

Fuente: Propia

- Reparaciones: soldadura, mantenimiento y protección del dron.
- Uso de diferentes equipos de ensamble y herramientas de electrónica.



Figura 59. Ensamble y herramientas de reparación de drones.

Fuente: Autoría propia)

- Pilotaje de drones de la marca DJI

A la vez en el tiempo transcurrido en la empresa, ayudó al aprendizaje de vuelo con drones cumpliendo las diferentes tipos de precauciones y verificar que el dron se encuentre en condiciones de volar.

- Cambio y reparación de piezas en diferentes equipos.
- Aseo en el área de trabajo, puntualidad, responsabilidad y seriedad dentro de la empresa.



Figura 60. En las instalaciones de la empresa era fundamental el orden y el aseo.

Fuente: Propia

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Consecuencia de este trabajo se han podido establecer las siguientes conclusiones

1. Los drones son equipos muy sofisticados y susceptibles a diferentes tipos de fallas, por lo cual se debe hacer un mantenimiento constante a cada uno de los elementos y/o componentes que lo conforman.
2. En la actualidad los drones necesitan estar “actualizados” constantemente para su correcto funcionamiento y disponer de nuevas opciones en su software para trabajar de manera óptima.
3. Es importante el conocimiento y lectura de manuales del dron para cada modelo en específico, para así poder volar de manera segura y/o solucionar algún tipo de inconveniente con la aeronave.
4. Las herramientas utilizadas en la reparación y mantenimiento de drones son de vital importancia ya que así se evitará daños al equipo tanto interna como externamente.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Es importante acudir a un servicio técnico especializado en caso de fallas y daños en el equipo ya sea por algún accidente fortuito o desperfecto del mismo. Evitar cualquier tipo de reparación sin el conocimiento adecuado y pertinente.
2. Capacitar continuamente a pilotos (profesionales) y personas que trabajan con estos equipos, ya que los drones están en constante actualización.
3. Se debe ser responsable al momento de pilotar o trabajar con un dron, ya que estos equipos pueden llegar a ocasionar accidentes que pueden llegar a ser incluso fatales. En consecuencia se puede tener una lista de verificación para un vuelo seguro:
 - Asegurarse de que la batería del dron está cargada.
 - Verificar que la batería este bien colocada y asegurada.
 - Asegurarse que cada hélice esta fija y despejada.
 - Revisar que el dron no tenga partes o tornillos perdidos o flojos.

- Calibrar y verificar que el dron tenga la cantidad suficiente de satélites para su correcto despegue.
- Verificar si existe espacio suficiente para volar.
- Asegurarse que el Acelerador (stick izquierdo) este todo abajo.
- Encender el transmisor.
- Retroceder de 3 a 5 pasos (distancia de seguridad por algún mal funcionamiento al momento de despegar.)
- Permanecer siempre observando el dron.
- Asegurarse de que el dron no salga del alcance del transmisor, si lo hace, este simplemente dejará de volar y caerá.

BIBLIOGRAFIA

- Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Vehiculoaereonotripulado> (RPAs).
- DJI. www.dji.com líder mundial en drones/ cuadricópteros con cámara.
- Drones: todo lo que necesitas saber sobre ellos www.computerhoy.com
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS Control de Motores Brushless. (Eduardo Alcaide, Daniel Cabañez, Miguel Castro).
- www.todrone.com. Análisis sobre drones.
- Drontec. Conocimientos aplicados y adquiridos en la industria.

GLOSARIO:

Línea de Sitio: Área hasta donde el piloto puede mantener contacto visual con el dron, estando éste en vuelo.

Acelerómetro: Es un sensor que podemos encontrar en el controlador central y mide la orientación del dron en relación con la superficie de la tierra. Usa la misma tecnología que el giroscopio para detectar el ángulo de inclinación y la aceleración de la gravedad (ocurre igual que cuando nuestro móvil detecta si lo ponemos en vertical o en horizontal y orienta la pantalla).

Brújula: También conocido como compass en inglés, es un magnetómetro que suelen tener los drones más caros y avanzados. Es independiente de la controladora de vuelo y se recomienda colocarla alejada del resto de componentes para evitar interferencias. Nos ayuda a ajustar y cambiar la orientación del cuadricóptero de forma dinámica, gracias a que tendremos como referencia dónde está el norte. Esto también nos permite un vuelo “headless”, así que no importa hacia dónde está mirando tu dron para dirigirlo.

Brushless: Es el término en inglés que hace referencia al motor sin escobillas. Por tanto, los drones pueden llevar dos tipos de motores: con escobillas o sin ellas.

Control o retención de altura: También llamado “altitude hold”, es el modo de mantener una altitud constante mientras pilotamos nuestro dron. Esto se consigue a través del análisis de la presión proporcionado por el barómetro o, en todo caso, por un sensor ultrasónico. Es uno de los componentes que servirán de mucha ayuda a los/as principiantes a la hora de estabilizar la posición del multicóptero.

ESC: Son las siglas de Electronic Speed Control, traducido como controlador de velocidad electrónico o regulador de la velocidad. Es un circuito electrónico encargado de hacer girar los motores del multicóptero a la velocidad adecuada gestionando la energía necesaria para el motor.

FPV: Responde a las siglas First Person View, o en español, “Vista en primera persona”. Los FPV suelen ser muy usados en los drones de carrera, ya que permite un control mucho más directo de los movimientos del multicóptero.

GHz: Es la abreviatura para Gigahercios, una unidad de medida de frecuencia de ondas de radio y electromagnéticas.

Gimbal: Es el nombre con el que se le conoce al estabilizador de cámara (o también “cardán”). Se trata de un componente que sirve para colocar una cámara y engancharla a la estructura del drone.

Giroscopio: Es un sensor que se sitúa en el controlador central y se encarga de medir los ángulos de ubicación del drone. Debemos tener en cuenta que el drone se enfrenta a muchas fuerzas como el viento, que viene en diferentes direcciones. El giroscopio detecta esos cambios y los compensa reajustando continuamente al cuadricóptero en su posición para que pueda volar de forma estable. Los 3 ejes del giroscopio que miden la rotación son:

-Roll: para la rotación hacia delante y hacia detrás.

-Pitch: para la rotación de lado a lado.

-Yaw: para la rotación con respecto al eje vertical.

GPS o Glonass: Es un sistema de geo localización integrado en la placa controladora que responde a las siglas Sistema de Posicionamiento Global. Su función es obtener datos de ubicación, además de datos de velocidad y altitud. También nos ayudará a mantener al drone suspendido en el aire en un mismo punto por si queremos hacer alguna foto o grabación.

Key Return: Se trata de la funcionalidad “vuelta a casa” o “auto retorno” en la que, con solo darle a un botón, conseguiremos que el drone vuelva de forma automática al punto en el que despegó. Es muy útil cuando perdemos la orientación del drone y dependiendo de la configuración de cada fabricante, es posible que vuelva en línea recta y que se mantenga en el aire o complete el aterrizaje.

Eso sí, recuerda activar esta opción dentro del rango de acción de la emisora, aunque algunos drones están preparados para que, en cuanto pierden la señal, volver automáticamente al punto inicial.

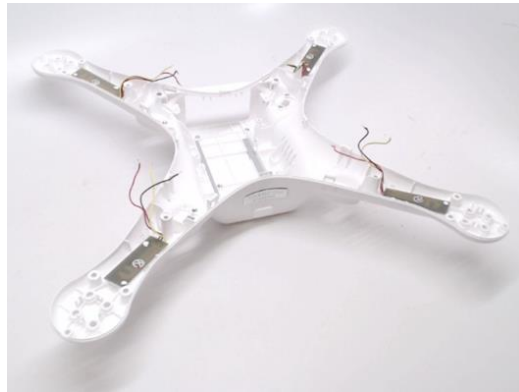
ANEXOS

Tipos de Drones y las fallas a las que se dio su respectiva reparación (modelos de la marca DJI).

Una de las principales reparaciones en estos drones fue averías en la cámara y cambio en el Shell o carcasa debido a diferentes tipos colisiones.

PHANTOM 3

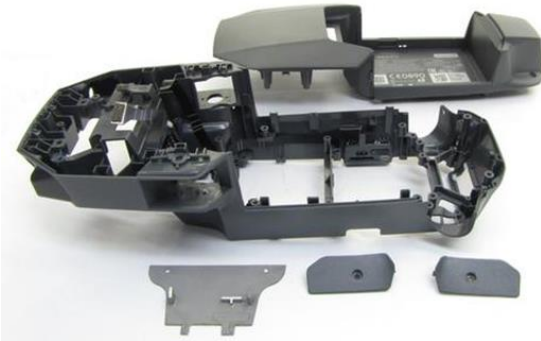




PHANTOM 4



MAVIC PRO



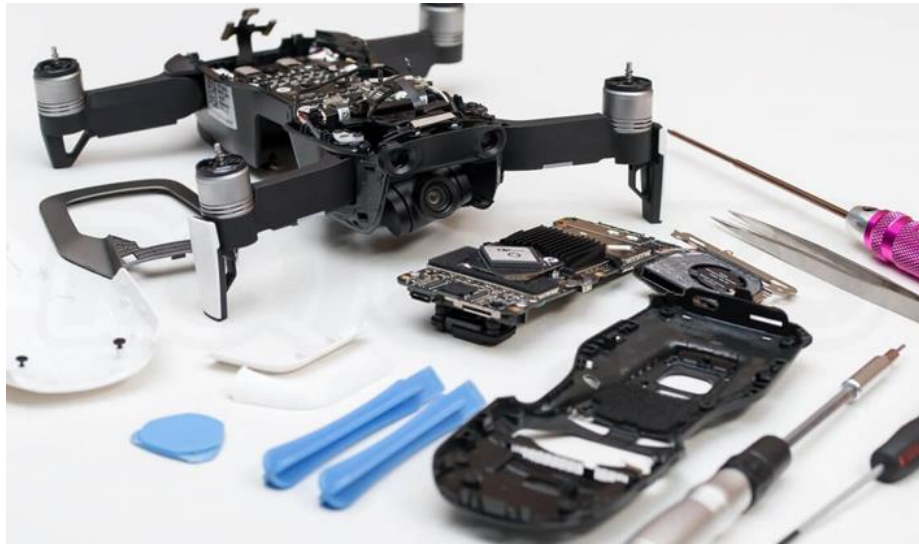


MAVIC AIR





Des magnetización del dron debido a interferencias electromagnéticas



Cambio de Shell Mavic Air

MATRICE 600 PRO



En el caso del Matric 600 usualmente solo se realizaba mantenimiento preventivo.

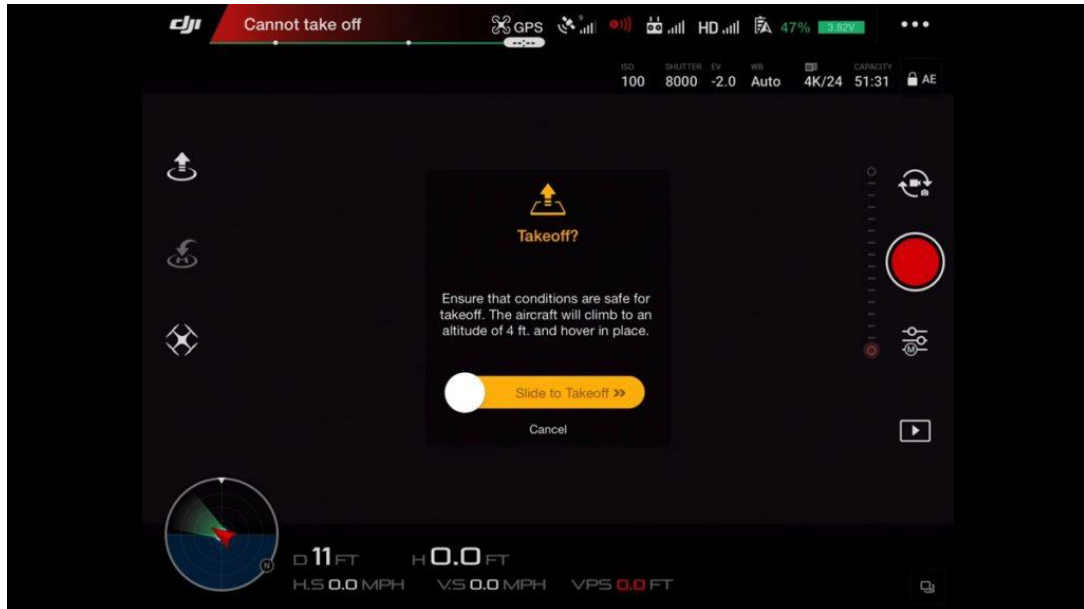
Características Técnicas: Revisión de dron DJI para mantenimiento periódico

Tabla 2.1. Tabla de mantenimiento recomendado para PHANTOM 3 PROFESSIONAL, INSPIRE1 DJI, SPRING WINGS S900 y SPREADING WINGS S1000.

Grupo	Descripción de las tareas	Frecuencia	Responsable
Tornillería	Asegurarse de que los tornillos están adecuadamente apretados Ajustar el apriete adecuado	diaria servicio	piloto mantenimiento
Cableado	Comprobar la fijación para evitar interferencias con el vuelo Apretar el emisor de la pantalla FPV Apretar el conector de la batería Asegurar la conexión del cable de vídeo/foto Verificar que no existan olores anormales Verificar la conexión CAN-BUS	diaria diaria diaria servicio diaria servicio	piloto piloto piloto mantenimiento piloto mantenimiento
Motores	Verificar que no presenten ruidos u olores anormales Medir la temperatura de los motores Comprobar las sujeciones Arrancar los motores sin hélices y comprobar vibraciones Desmontar motores y limpiar rodamientos	diaria básica diaria general servicio	piloto mantenimiento piloto mantenimiento mantenimiento
Hélices	Verificar ausencia de roturas, arañazos profundos, mellas Limpiar la suciedad acumulada Comprobar el ajuste y posición de las hélices Verificar el estado de las hembras de las hélices	diaria diaria diaria diaria	piloto piloto piloto piloto
Baterías	Comprobar si existen deformidades Comprobar los conectores, estado y limpieza Comprobar el nivel de carga, antes y después del vuelo Verificar tiempo de carga y descarga Chequear los voltajes de las celdas con la aplicación	servicio servicio diaria servicio básica	mantenimiento mantenimiento piloto mantenimiento mantenimiento
GPS	Fijación y cableado Calibración	servicio diaria	mantenimiento piloto
Software	Comprobar los límites fijados de vuelo y las NO FLY ZONE Comprobar actualizaciones, si existen entonces actualizar	diaria servicio	piloto mantenimiento
Protectores de hélices	Verificar ausencia de roturas, arañazos profundos, mellas Comprobar tensión Comprobar apriete de la tornillería	diaria diaria diaria	piloto piloto piloto
Tren de aterrizaje	Verificar ausencia de roturas, arañazos profundos, mellas Limpiar la suciedad acumulada	diaria diaria	piloto piloto
Emisora	Comprobar nivel de batería (máximo) Sustituir baterías completas Verificar funcionamiento de los mandos	diaria servicio diaria	piloto mantenimiento piloto
Estación de tierra	Asegurar la correcta fijación de la pantalla Comprobar funcionamiento (encendido/apagado) Verificar la recepción de vídeo Fijación de la antena Estado de la antena Comprobar nivel de batería (máximo)	diaria diaria diaria diaria servicio diaria	piloto piloto piloto piloto mantenimiento piloto
Cuerpo del equipo	Verificar ausencia de roturas, arañazos profundos, mellas Comprobar que el equipo FPV no presenta suciedad Limpiar la suciedad acumulada	diaria diaria diaria	piloto piloto piloto
Sistema completo	Revisión general por organismo autorizado	general	mantenimiento

Nota: La revisión básica incluye todos los puntos de la revisión de servicio.
La revisión de servicio incluye todos los puntos de las revisiones diarias.
La revisión general será la que el organismo autorizado proponga.

ALGUNAS FALLAS COMUNES EN EL DRON QUE SE MUESTRAN EN EL DISPOSITIVO MOVIL (TRANSMISOR DE IMAGEN Y TELEMETRIA)



Alerta de falta de satélites, No se puede despegar.



Alerta de calibración del compass.