

PRESENTACIÓN DEL ACUERDO 2018-O.67.-19**Autorización para realizar los trámites de baja de dos drones propiedad de la PAOT****ANTECEDENTES**

El 26 de diciembre de 2014, fueron adquiridos los siguientes equipos (se anexa factura):

UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
5431000050	000001	DRONE HEXACÓPTERO VEHÍCULO AEREO NO TRIPULADO
5431000050	000002	DRONE HEXACÓPTERO VEHÍCULO AEREO NO TRIPULADO

Ambos equipos se vieron afectados por una caída al momento de estar operando, atendiendo funciones asignadas a la Dirección de Estudios y Dictámenes de Ordenamiento Territorial, de acuerdo a dos Declaraciones de Hechos, que se anexan al presente, en la cual se detallan exhaustivamente los promenores de los siniestros.

Derivado de los daños que presentaron estos equipos, se determinó solicitar dictamen técnico de un especialista, sobre la viabilidad de su reparación.

El pasado 12 de septiembre de 2018, el especialista se apersonó y realizó una revisión de los drones en comento y emitió un dictamen técnico en el mes de noviembre del presente año (se anexa), desprendiéndose del mismo, que ambos drones sufrieron daños estructurales y daños eléctricos y electrónicos; concluyéndose además, que el costo tanto en recursos económicos como de tiempo es mayor que si se adquieren dos drones nuevos de nueva generación, así como el estado actual de ambos drones es de NO aceptable, por lo que se declara no viable la restauración o reparación de ambos drones.

JUSTIFICACIÓN

Conforme al artículo 25 fracción II, de las Normas Generales de Bienes Muebles de la Administración Pública del Distrito Federal, se deberá determinar la baja de los bienes muebles cuando se presenten entre otros, los siguientes supuestos, "el bien mueble se hubiere extraviado, robado o siniestrado.."; por otro lado numeral 7.3.3.4, fracción III, de la Circular Uno 2015, Normatividad en Materia de Administración de Recursos para las Dependencias, Unidades Administrativas, Unidades Administrativas de Apoyo Técnico Operativo, Órganos Desconcentrados y Entidades de la Administración Pública del Distrito Federal, dispone que se podrá dictaminar la inaplicabilidad o inutilidad de un bien cuando

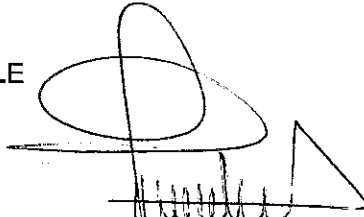
se presenten entre otros, los siguientes supuestos "que se han descompuesto y no son susceptibles de reparación..."; en el caso que nos ocupa, los drones vehículos aéreos no tripulados, tuvieron un siniestro y no son susceptibles de reparación de acuerdo a dictamen técnico emitido por un especialista.

En razón de lo anterior, se solicita a los Miembros de este Órgano Colegiado, la autorización para que la Coordinación Administrativa de la PAOT, realice los trámites de baja de los dos drones propiedad de la Procuraduría, anteriormente citados.

FUNDAMENTO LEGAL

Artículo 70, fracción V, de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal; artículos 10, fracción XXIV, y 14, fracción IX, de la Ley Orgánica de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México; artículos 11, fracción, IV y 13, fracción IV de su Reglamento; Normas 3, 22, 23 y 25 fracción II, de las Normas Generales de Bienes Muebles de la Administración Pública del Distrito Federal; y numeral 7.3.3.4, fracción III, de la Circular Uno 2015, Normatividad en Materia de Administración de Recursos para las Dependencias, Unidades Administrativas, Unidades Administrativas de Apoyo Técnico Operativo, Órganos Desconcentrados y Entidades de la Administración Pública del Distrito Federal.

RESPONSABLE



LIC. ORALIA RESÉNDIZ MÁRQUEZ
COORDINADORA ADMINISTRATIVA

Se anexa la siguiente documentación:

- Acta circunstanciada de fecha 08 de noviembre de 2011
- Dos declaraciones de hechos
- Factura
- Dictamen técnico

ACTA CIRCUNSTANCIADA QUE SE ELABORA PARA EMITIR DICTAMEN TÉCNICO DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE DOS DRONES HEXACÓPTEROS PROPIEDAD DE LA PAOT

Objetivo	Emitir dictamen técnico de las condiciones físicas de 2 Drones hexacópteros propiedad de la PAOT	Fecha	Hora	Lugar
		08/11/2018	10:30	C.A.
Siendo las 10:30 horas del día 08 de noviembre de 2018, en el área de la Subdirección de Recursos Materiales y Servicios Generales en la Coordinación Administrativa de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México, sita en la calle Medellín 202, primer piso, Col. Roma, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 067000, Ciudad de México, se reunieron los C.C. Lic. Crescencio Delgado Flores, Subdirector de Recursos Materiales y Servicios Generales, Lic. Jaime Diaz Campos, JUD de Servicios y Compras Consolidadas, y el C. Juan Castillo Vigueras, Líder Coordinador de Proyectos de Contabilidad, a efecto de dejar constancia del estado físico de dos drones hexacópteros, números de inventario: 5431000030 000001 y 5431000030 000002		Asistentes		
		Lic. Crescencio Delgado Flores		
		Lic. Jaime Diaz Campos		
		C. Juan Castillo Vigueras		

ANTECEDENTES:

El 26 de diciembre de 2014, fueron adquiridos los siguientes equipos (se anexa factura):

CABMSDF	PROGRESIVO	DESCRIPCIÓN
5431000050	000001	DRONE HEXACÓPTERO VEHÍCULO AEREO NO TRIPULADO
5431000050	000002	DRONE HEXACÓPTERO VEHÍCULO AEREO NO TRIPULADO

Ambos equipos se vieron afectados por una caída al momento de estar operando, atendiendo funciones asignadas a la Dirección de Estudios y Dictámenes de Ordenamiento Territorial, de acuerdo a dos Declaraciones de Hechos, que se anexan al presente, en la cual se detallan exhaustivamente los promenores de los siniestros.

Derivado de los daños que presentaron estos equipos, se determinó solicitar dictamen técnico de un especialista, sobre la viabilidad de su reparación.

HECHOS:

El pasado 12 de septiembre de 2018, el especialista se apersonó y realizó una revisión de los drones en comento y emitió un dictamen técnico en el mes de noviembre del presente año (se anexa), desprendiéndose del mismo, que ambos drones sufrieron daños estructurales y daños



eléctricos y electrónicos; concluyéndose además, que el costo tanto en recursos económicos como de tiempo es mayor que si se adquieren dos drones nuevos de nueva generación, así como el estado actual de ambos drones es de NO aceptable, por lo que se declara no viable la restauración o reparación de ambos drones.

Se elabora la presente, a efecto de iniciar los trámites de baja respectivos, con fundamento en el artículo 25 fracción II, de las Normas Generales de Bienes Muebles de la Administración Pública del Distrito Federal; y numeral 7.3.3.4, fracción III, de la Circular Uno 2015, Normatividad en Materia de Administración de Recursos para las Dependencias, Unidades Administrativas, Unidades Administrativas de Apoyo Técnico Operativo, Órganos Desconcentrados y Entidades de la Administración Pública del Distrito Federal.

Subdirector de Recursos Materiales y
Servicios Generales

Lic. Crescencio Delgado Flores

JUD de Servicios y Compras Consolidadas

Lic. Jaime Díaz Campos

Líder Coordinador de Proyectos de Contabilidad

C. Juan Castillo Viguera



Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX
Coordinación Administrativa

Medellín 202, Piso 11
Col. Roma, Cuauhtémoc
C.P. 06700, Ciudad de México
jdiaz@paot.org.mx

T. 5285 0780, ext. 14250

SMART DRONE S.A.P.I. DE C.V.
RFC: SDR1409022C1

Factura

Domicilio y Expedido en:

Calle: LAGO KOLIND No. 18B Int. 403
 Col. PENSIL NORTE, CP: 11430
 MIGUEL HIDALGO, DISTRITO FEDERAL



Lugar de expedición: MIGUEL HIDALGO, DISTRITO FEDERAL

Datos del receptor

Cliente Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal

RFC: PA0010425U36

Domicilio:

Calle: Av. Medellín No. 202 Int. Piso 4
 Col. Romar Norte, CP: 06700
 Cuauhtémoc, Cuauhtémoc, Distrito Federal

Moneda: PESOS **Tipo de cambio** 1.000000

Comprobante Fiscal Digital por Internet

Folio fiscal: 71f09667-2906-4229-91be-529fed9a3016

Número de comprobante: 6

Forma de pago: Pago en una sola exhibición

Fecha comprobante: 2014-12-26T17:36:57

Fecha de certificación del CFDI: 2014-12-26T17:45:56

Método de pago y Cuenta:

Transferencia 036180500242757644

Régimen fiscal: NA

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio unitario	Importe
2.00	PZ	DRONE VEHICULO AEREO NO TRIPULADO	128,926.00	257,852.00
3.00	PZ	LENTE CON CAMARA DE VIDEO	1,603.00	4,809.00
Subtotal				262,661.00
I.V.A 16.00%				42,025.76
Total				304,686.76

TRESCIENTOS CUATRO MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y SEIS PESOS 76/100 M.N.

"Este documento es una representación impresa de un CFDI"

Número de serie del certificado de sello digital:

00001000000305221967

Número de serie del certificado de sello digital del SAT:

00001000000203015571

Cadena original del complemento de certificación digital del SAT:

||1.0|71f09667-2906-4229-91be-529fed9a3016|2014-12-26T17:45:56|
 Zdy3zT4giA1SW2F1WmYhntV0ZiN80jMYxw63SxG667OFWG8GKK7cJqAHICAtIREVtQdo8UXQ3dHK082QZM3SsW0R9mcWmZcFgg
 HYxJFphJELPqbcnzI8s3ELBFhC+OmzZgFI+cGqB98GeFrDTHsemeLkwdUmy0JGfxwos=|00001000000203015571||

Sello Digital del Emisor:

Zdy3zT4giA1SW2F1WmYhntV0ZiN80jMYxw63SxG667OFWG8GKK7cJqAHICAtIREVtQdo8UXQ3dHK082QZM3SsW0R9mcWmZcFgg
 HYxJFphJELPqbcnzI8s3ELBFhC+OmzZgFI+cGqB98GeFrDTHsemeLkwdUmy0JGfxwos=

Sello digital del SAT:

ajJScdh7OuD1xfz67IVR+kJFp6qSNfifitqA0qWUpeW+HKEUY2m0Ro2E9HzeyNAhzLU+2KABG:50MvVcOo9QVGGUY8/6
 yNTj16z5v/qjaz68wIE+sm0us3jWw/cKloqwgFgLceNjoXggC0RRivnceNoS2Or+IQq8=





DECLARACIÓN DE LOS HECHOS

Los suscritos Biol. Abraham Eliud Corona Palazuelos y Biol. Ulises Pech Rivera, adscritos a la Subprocuraduría de Ordenamiento Territorial, de la Procuraduría de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México, con números de credenciales 1409 y 1294, respectivamente, expedidas con fecha 01/02/2017 y vigencia al 31/01/2018, declaran lo siguientes hechos:

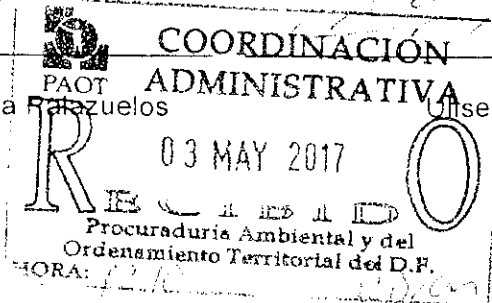
Derivado de la probable implementación de un Programa de recuperación y mantenimiento en el área verde del Cerro Zacatépeli, se nos asignó la tarea de obtener información actualizada, que permita conocer la situación actual del sitio.

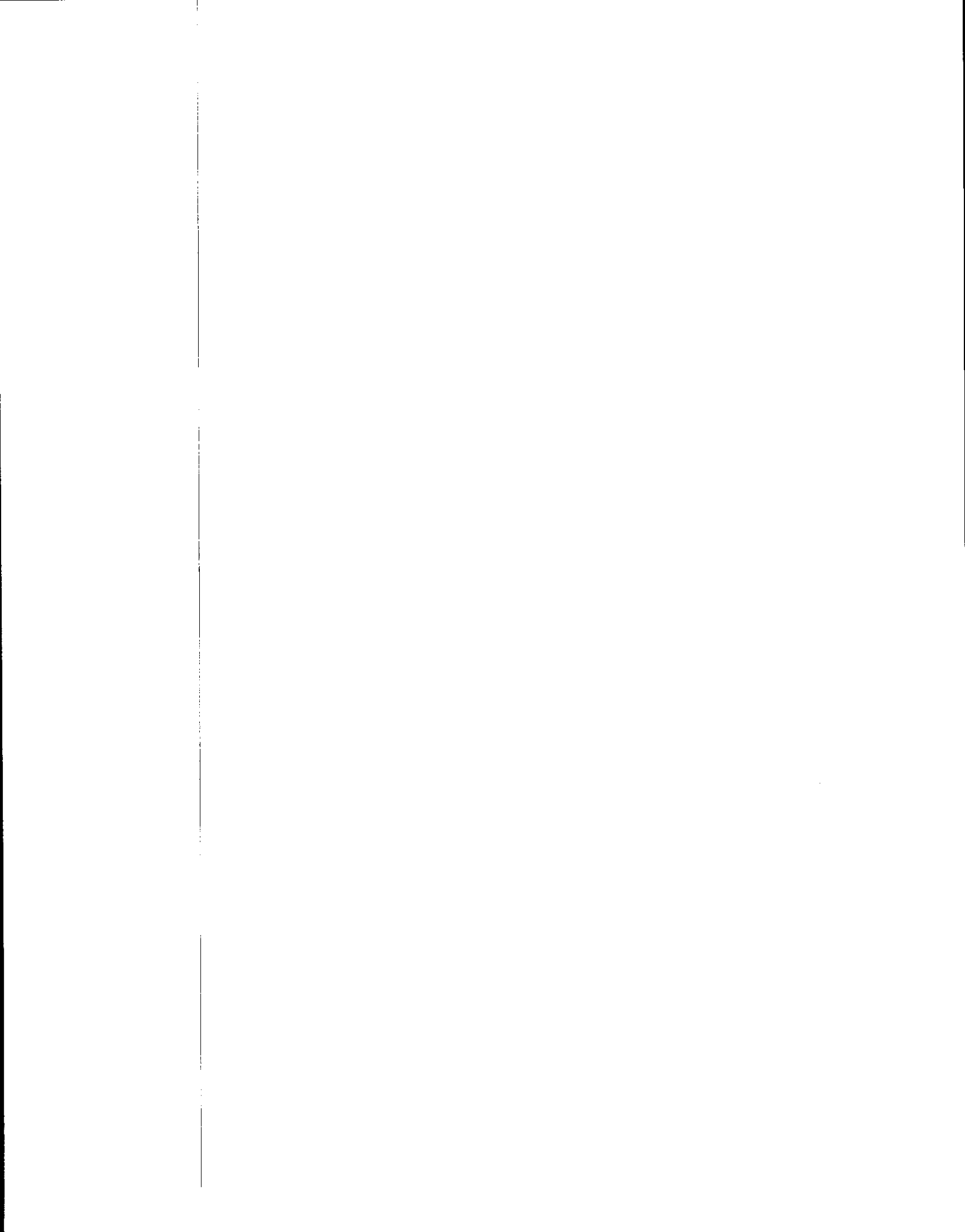
Motivo por el cual el día lunes 17 de abril de 2017, se realizó un recorrido con la finalidad de identificar los sitios de despegue, aterrizaje y operación del dron, con esta información de campo, en la oficina, se trazaron rutas de vuelo por secciones, considerando tiempos de vuelo con rangos de tiempo no mayores a 14 minutos, incluyendo las maniobras de despegue y aterrizaje.

Nos presentamos en el lugar de interés, el día 19 de abril de 2017, alrededor de las 10:20 horas, una vez ubicados en los sitios de despegue, se reajusto en tiempo real, la ruta o plan de vuelo, conectando el dron mediante el programa Ground Station, para que la duración de cada uno de los 5 vuelos que se realizaron ese día, estuvieran por debajo de los 14 minutos. Aunado a esto se habían corroborado previamente a cada vuelo, las condiciones climáticas espaciales (presencia de tormentas solares, indice Kp) y en las terrestres (la visibilidad, probabilidad de lluvia, nubosidad, velocidad del viento), para ese día se reunían las condiciones apropiadas para el vuelo del dron. Se realizaron 4 vuelos de manera autónoma, a una altura promedio de 80 metros, en los cuales el aterrizaje se realizaba de manera manual, lo anterior, con la finalidad de mantener un margen de seguridad y control del vehículo con respecto a la distancia que debía mantener respecto a las copas de los árboles que se encontraban en este Cerro y se procedió a cargar las baterías para continuar con los vuelos, en este periodo se aprovechó para respaldar las fotos tomadas de los 4 vuelos. Sin embargo, aproximadamente a las 14:30 horas iniciamos el 5to vuelo, ya para finalizarlo se perdió contacto entre la Ground Station y el dron, este inicio su descenso de manera automática, por lo que no se logró evitar que colisionara con la copa de un árbol; inmediatamente caminamos, orientándonos por el ruido de los motores que aún estaban funcionando, lo que provoco que continuara su descenso por las ramas y tronco del árbol en el que se había atorado, cayendo finalmente al suelo, al revisar el dron observamos daños en hélices, motores, se desprendió el tren de aterrizaje, el brazo, el gimbal, se golpeó y daño la batería, así como la antena GPS. No fue posible localizar la cámara.

Abraham Eliud Corona Palazuelos *Ulises Pech Rivera*

Abraham Eliud Corona Palazuelos Ulises Pech Rivera





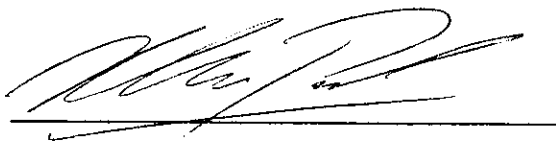
DECLARACIÓN DE LOS HECHOS

El suscrito Biol. Ulises Pech Rivera, adscrito a la Subprocuraduría de Ordenamiento Territorial, de la Procuraduría de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México, con número de credencial 1294, expedida con fecha 01/02/2018 y vigencia al 31/01/2019, declara los siguientes hechos:

Derivado de la probable implementación de un Programa de recuperación y mantenimiento en el área verde del Cerro Zacatépetl, se nos asignó la tarea de obtener información actualizada, que permita conocer la situación actual del sitio.

Motivo por el cual el día lunes 17 de abril de 2017, se realizó un recorrido con la finalidad de identificar los sitios de despegue, aterrizaje y operación del dron, con esta información de campo, en la oficina, se trazaron rutas de vuelo por secciones, considerando tiempos de vuelo con rangos de tiempo no mayores a 14 minutos, incluyendo las maniobras de despegue y aterrizaje.

Nos presentamos en el lugar de interés, el día 19 de abril de 2017, alrededor de las 10:20 horas, una vez ubicados en los sitios de despegue, se reajusto en tiempo real, la ruta o plan de vuelo, conectando el dron mediante el programa Ground Station, para que la duración de cada uno de los 5 vuelos que se realizaron ese día, estuvieran por debajo de los 14 minutos. Aunado a esto se habían corroborado previamente a cada vuelo, las condiciones climáticas espaciales (presencia de tormentas solares, índice Kp) y en las terrestres (la visibilidad, probabilidad de lluvia, nubosidad, velocidad del viento), para ese día se reunían las condiciones apropiadas para el vuelo del dron. Se realizaron 4 vuelos de manera autónoma, a una altura promedio de 80 metros, en los cuales el aterrizaje se realizaba de manera manual, lo anterior, con la finalidad de mantener un margen de seguridad y control del vehículo con respecto a la distancia que debía mantener respecto a las copas de los árboles que se encontraban en este Cerro y se procedió a cargar las baterías para continuar con los vuelos, en este periodo se aprovechó para respaldar las fotos tomadas de los 4 vuelos. Sin embargo, aproximadamente a las 14:30 horas iniciamos el 5to vuelo, ya para finalizarlo se perdió contacto entre la Ground Station y el dron, este inicio su descenso de manera automática, por lo que no se logró evitar que colisionara con la copa de un árbol; inmediatamente caminamos, orientándonos por el ruido de los motores que aún estaban funcionando, lo que provoco que continuara su descenso por las ramas y tronco del árbol en el que se había atorado, cayendo finalmente al suelo, al revisar el dron observamos daños en hélices, motores, se desprendió el tren de aterrizaje, el brazo, el gimbal, se golpeó y daño la batería, así como la antena GPS. No fue posible localizar la cámara.



Ulises Pech Rivera





Dictamen técnico: Drones

Manifiesto

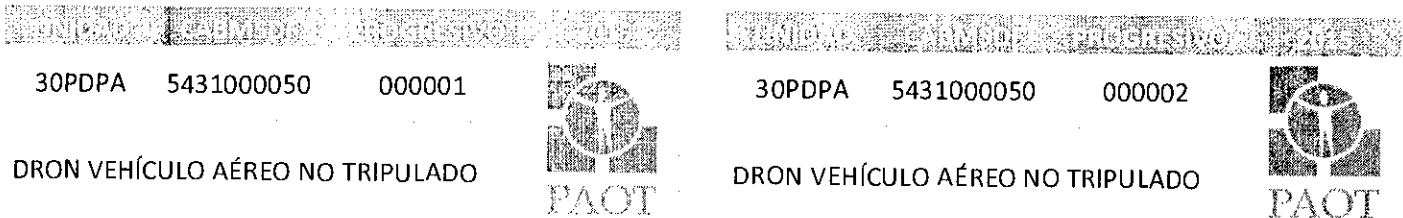
El día 12 de septiembre del 2018 se realizó las acciones en las instalaciones de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial PAOT (Medellín 202, Roma Norte., 06700 Ciudad de México, CDMX) de: Revisión y dictamen de dos drones hexacópteros.

En dicha diligencia se procedió a revisar tanto las condiciones de almacenamiento como las estructurales de dichos drones, así como sus sistemas electrónicos teniendo en cuenta la visión de factibilidad de reacondicionarlos y cuantificar dicha acción. Básicamente determinar qué tan complicado será seguir usándolos.

Datos generales

Cada dron se halla dentro de un maletín de transporte de uso rudo acondicionado para contenerlos plegados y a salvo de acciones mecánicas externas y condiciones ambientales hostiles. Cada maletín tiene unas medidas aproximadas de 1.4x0.6x.50 m de unos 30kg al menos cada uno sin considerar el peso del dron. Cada dron con batería y cámara al menos pesara 5kg.

La identificación de los Drones se estableció mediante las etiquetas que fueron colocadas en un brazo de cada uno de ellos como sigue:



Que por facilidad de escritura en adelante nos referiremos como *dron 1* y *dron 2* haciendo alusión al número progresivo del cuadro anterior.

Antecedentes

Un dron es un vehículo no tripulado y reutilizable que posee la autonomía de moverse por auto propulsión, puede ser controlado remotamente o programar una trayectoria para que este de forma autónoma la realice. Las funciones de los Drones van desde la toma de video o fotografías para reconocimiento hasta estudios avanzados de regiones, entre otras.

En el caso particular de los *drones 1 y 2* que son drones del tipo aeronave hexacóptero, su misión fue realizar una serie de tomas para recopilar información gráfica (fotografías y video) en regiones de difícil acceso o muy grandes donde resultaba necesaria la verificación de ciertos datos tanto de construcción, vegetación, medidas, cartografía, auditoria de predios, etc. Es claro que los drones representan una valiosa herramienta de inspección y comprobación en campo.

Este documento informará el estado actual de los drones 1 y 2 reportando sus condiciones existentes tal que se pueda emitir un juicio si es necesario el reacondicionamiento y reparación o una baja de los equipos.

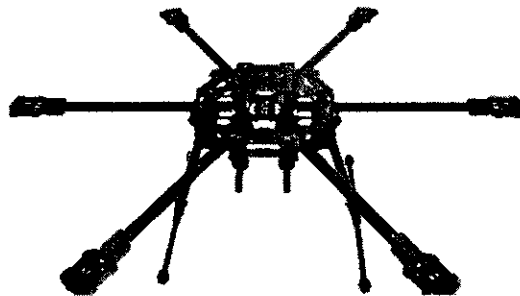


Metodología

Un dron es un sistema avanzado capaz de lograr tareas específicas o funciones de manera remota, para lograr tal pericia es necesario que éste integre toda la tecnología necesaria y en algunos casos redundante. En términos muy generales un dron es un medio de obtención de datos remotos y por lo tanto una parte sumamente importante es el sistema de comunicación entre el dron mismo con el operador u origen de la señal de control remoto. Así mismo, en el caso particular de los *drones 1 y 2* que consisten en los del tipo aeronave, es totalmente indispensable un cerebro que coordine los subsistemas de navegación, propulsión y administración de energía.

Por completo, un dron es un sistema el cual consiste, de subsistemas distribuidos, todos estos son de naturaleza eléctrica-electrónica y estructural aerodinámica. Por lo tanto la metodología a realizarse es la revisión de cada uno de los subsistemas tanto físicamente como electrónicamente, teniendo siempre en cuenta la vida útil promedio del subsistema, las fallas comunes, el grado de mantenimiento necesario, y su grado de obsolescencia. Por otro lado, el análisis de la integridad estructural resulta más que obvia ya que los subsistemas previamente mencionados se montan en el cuerpo o estructura del dron.

- El primer subsistema a revisar consiste en el estructural, básicamente este sistema consiste en un marco o bastidor donde se alberga una canastilla dónde sustenta los sistemas de comunicación, navegación, energía y carga útil (cámara de video/fotográfica en un gimbal). En dicho marco se hayan los brazos que alojan en sus extremos los motores propulsores; el marco está articulado con un tren de aterrizaje abatible. La revisión consiste en inspeccionar las fisuras, fracturas, barrenos, pernos que se consideren amenaza para la estabilidad estructural en vuelo. Los marcos de los drones 1 y 2 están identificados de marca Tarot t960.



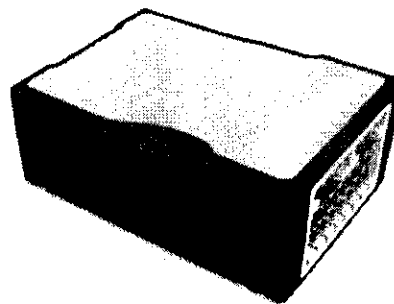
El material con el cual está fabricado el marco es del tipo compuesto, donde prevalece la fibra de carbón y resinas epóxicas, también se tienen partes de aluminio maquinado. Este material compuesto goza de excelentes características mecánicas ya que es extremadamente duro y resistente tanto al medio ambiente como a fuerzas mecánicas. En la parte central del marco, se haya un nivel plano también de fibra de carbono que además se servir como base de colocación de subsistemas, sirve como tarjeta de circuito impreso incrustado dónde se distribuye la energía de todos los sistemas y disminuye las trayectorias de los cables conductores eléctricos.

El mecanismo de fijación de los motores impulsores es mediante bridas de fibra de carbono acopladas a sujetadores de sección circular en ambos, tales sujetadores se fijan a los extremos de los brazos utilizando pernos. Por seguridad todos los sujetadores deben estar perfectamente fijos sin tolerancia de movimiento en ninguna de sus partes; típicamente todos los pernos del sistema estructural van colocados con pegamento para pernos semipermanente. Los brazos van fijados a la canastilla del marco mediante pernos de mariposa para permitir el plegado de éstos durante el almacenamiento.



- El sistema principal de un dron es el llamado Controlador Central de Vuelo o CCV que es la parte del dron que recibe las instrucciones de a dónde y de qué forma volará el dron, tales instrucciones se generan a través del control remoto que el operador manipula o bien instrucciones pre-programadas a modo de piloto automático.

Para el caso en particular de ambos drones, se utiliza un módulo "DJI Naza-M V2" como CCV, el cual orchestra varios subsistemas internos auxiliados de transductores, módulos y receptores externos, de los cuales destaca el de navegación, así como el de piloto automático. Además dicho módulo Naza consta de medidores inerciales, barómetro y la posibilidad de navegación asistida por GPS además de indicadores de status de vuelo tanto en display como en el montaje.



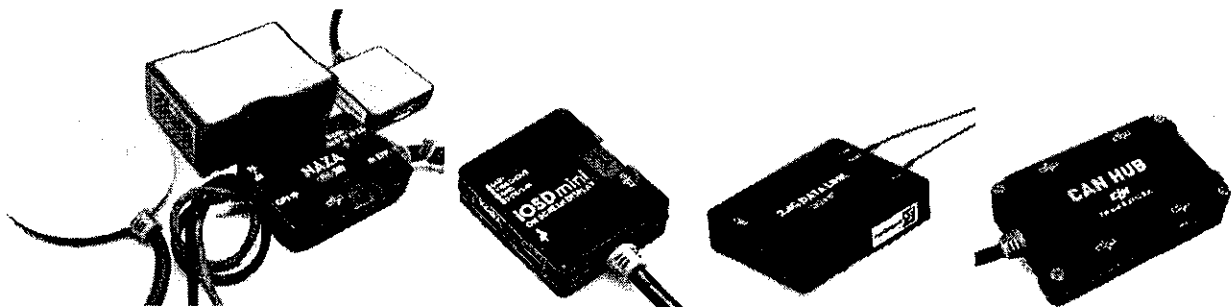
Como parte del CCV se tienen subsistemas que auxilian a éste para un mejor desempeño y ampliar funcionalidades, los subsistemas presentes adicionados a éste controlador son:

Antena GPS con magnetómetro (usado como brújula).

Módulo Led de comunicación (indicador de estado actual e interfaz de comunicación para actualización de firmware).

Así mismo, aunados a este sistema controlador se adicionan un módulo regulador de potencia Naza PMU V2 (regulador y distribuidor de voltaje), un concentrador de bus Naza CANHUB, un mezclador de video iOSD mini (adicionalmente un controlador de gimbal), transreceptor LK24 BT 2.4 data link (para navegación asistida con mapas y piloto automático) y un transmisor de video.

Para comprobar el estado de todos estos subsistemas se examinaron desde su estructura física, sus puertos de entrada y salida, y la conectividad mediante sus arneses o buses de conexión.





Conclusiones

Estado actual de los drones

Dado que los drones consisten en una herramienta principalmente para el uso en exteriores, estos han sido expuestos a las condiciones ambientales convencionales y por ello es difícil prever en cada instante súbitos cambios en corrientes de aire, bolsas, lluvia, relámpagos, animales voladores, etc. Por ello son muchas veces sometidos a riesgos que en cierta manera son mensurables y se pueden prever pero no siempre evitar.

Dron 1

- Tres de seis propelas rotas
- Brazo de soporte de propelas rota
- Una de dos bridas de soporte de tren de aterrizaje rota
- Uno de cuatro soportes de chasis roto
- Fuente de alimentación expuesta sin tapa
- Arneses de comunicación y control comprometidos
- Base de antena de GPS rota
- Caja de control de vuelo rota y expuesta
- Faltan gomas de extremos de tren de aterrizaje
- Control remoto maltratado
- Banco de baterías sospechosamente inflado
- Soporte de cámara fotográfica dañada

Dron 2

- Dos de seis propelas rotas
- Brazo de soporte de propelas rota
- Una de dos bridas de soporte de tren de aterrizaje rota
- Soporte de cámara fotográfica dañada y rota
- Diversos tubos de fibra de carbonos rotos y/o fracturados
- Bridas rotas
- Fuente de alimentación sin tapa
- Arneses de comunicación y control comprometidos
- Banco de baterías sospechosamente inflado
- Un motor con ligero olor a quemado

Los daños de los drones a simple vista pueden en listarse como sigue no siendo los únicos pero si los más evidentes:

En el caso particular de los *drones 1 y 2*, ambos sufrieron una severa caída por lo cual la estructura de soporte principal ha sido comprometida, así como uno de los brazos en cada uno de los drones se fracturó. Dado que el material de toda la estructura se trata de fibra de carbono, es muy dura, ligera y resistente pero la evidencia se traduce que la magnitud del impacto en ambos casos fue de consideración. Las propelas impulsoras también han sufrido daños.

El banco de baterías corresponde a una tecnología llamada de polímero de litio, dicho banco requiere ciertos cuidados y precauciones, el fabricante recomienda que cuando el dron se ve envuelto en una fuerte caída, la batería se revise pues se compromete la estructura interna y esta podría explotar. Tal batería se muestra levemente hinchada además no se ha vuelto a someter a una carga desde hace tiempo, estas baterías ya son de dudosa integridad.

Analizando cada uno de los subsistemas de los drones, algunos han sido severamente afectados. Dichos daños van desde los gabinetes fracturados, hasta las tarjetas de circuito impreso expuestos y dañados. Habrá que considerar la generación de la electrónica utilizada, pues en su mayoría se emplea tecnología *through hole*, dicha tecnología resulta un poco más pesada que la más reciente, lo que se traduce como mayor inercia y por lo tanto un mayor daño interno entre los pads de las soldaduras en las tarjetas de circuito impreso; esto se traduce a micro fracturas en las soldaduras internas y por lo tanto no habría buena conducción galvánica lo que podría comprometer el correcto funcionamiento de ese subsistema.



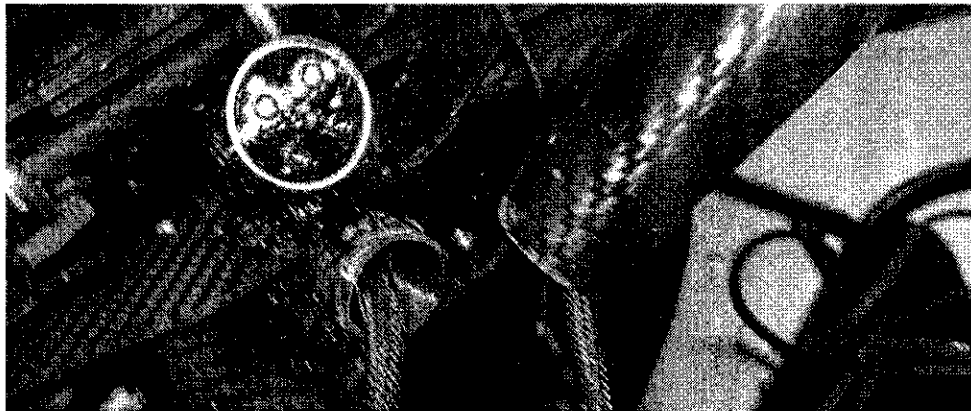
Recalquemos que los *drones 1* y *2* son herramientas voladoras que podrían estar cerca de zonas pobladas o por arriba de gente, es imperativo que todo sistema tenga las mínimas probabilidades de falla.

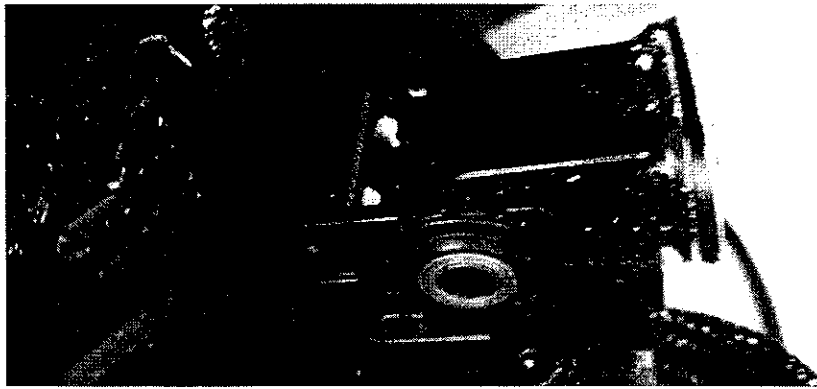
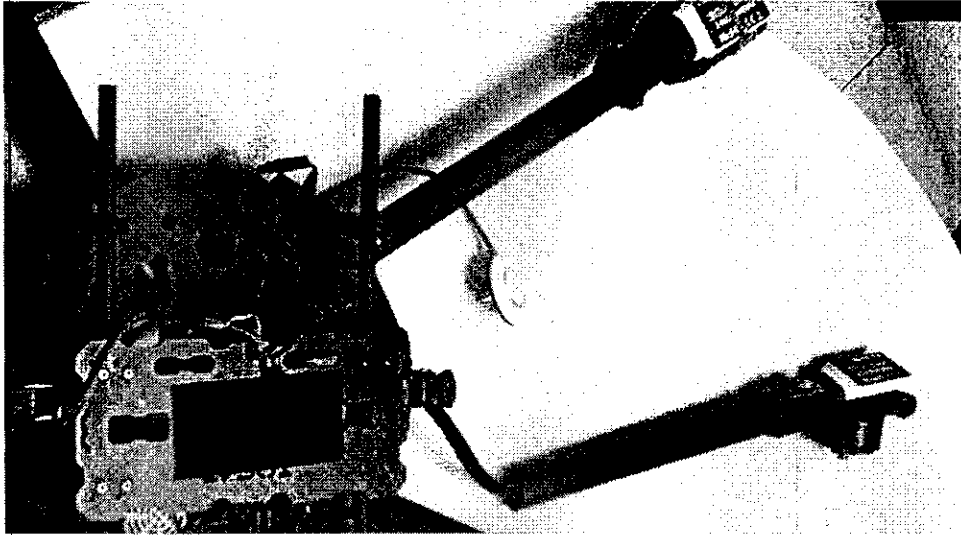
Factibilidad técnica

El mayor daño que han sufrido los drones 1 y 2 han sido estructurales y de ahí se tienen derivado problemas electrónicos-eléctricos debidos a la caída de los drones. Dichas afectaciones en los drones han sido prácticamente iguales en los dos, difiriendo solamente en algunas regiones afectadas; debido a la naturaleza y condiciones de trabajo no es de extrañarse tales semejanzas en las averías y consecuencias finales de dichos vehículos voladores autónomos.

El daño en los brazos implica que o bien se reemplace por completo para evitar el desbalance del dron en vuelo o bien que los motores trabajen de manera asimétrica para ajustar tal enmendadura; un trabajo desigual en los motores generaría un envejecimiento desigual y por lo tanto las probabilidades de falla se incrementan. Se remarca que los drones están inspirados en el modelo Tarot t960, el cual la distancia entre motores debe ser 960mm dónde en este caso las longitudes no corresponden a esta especificación, motivo por el cual la estabilidad del hexacóptero puede estar comprometida.

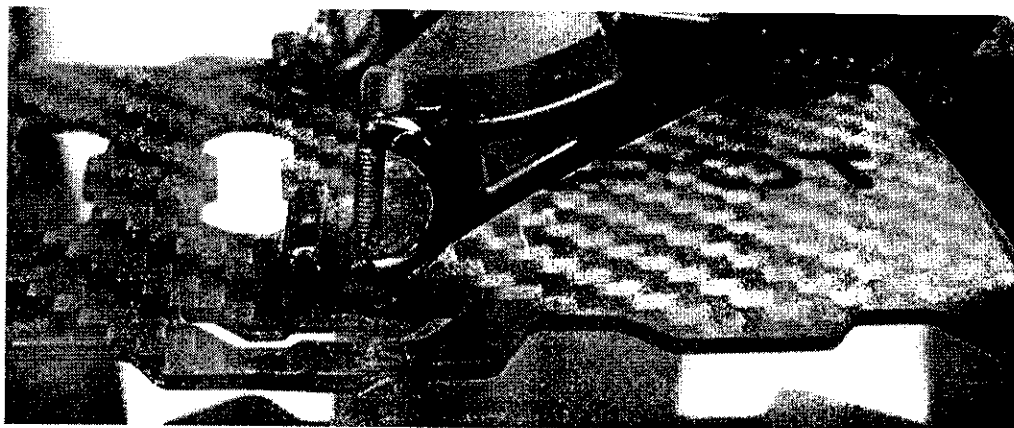
Se registran numerosas fracturas y abolladuras en casi la totalidad estructural de los drones.

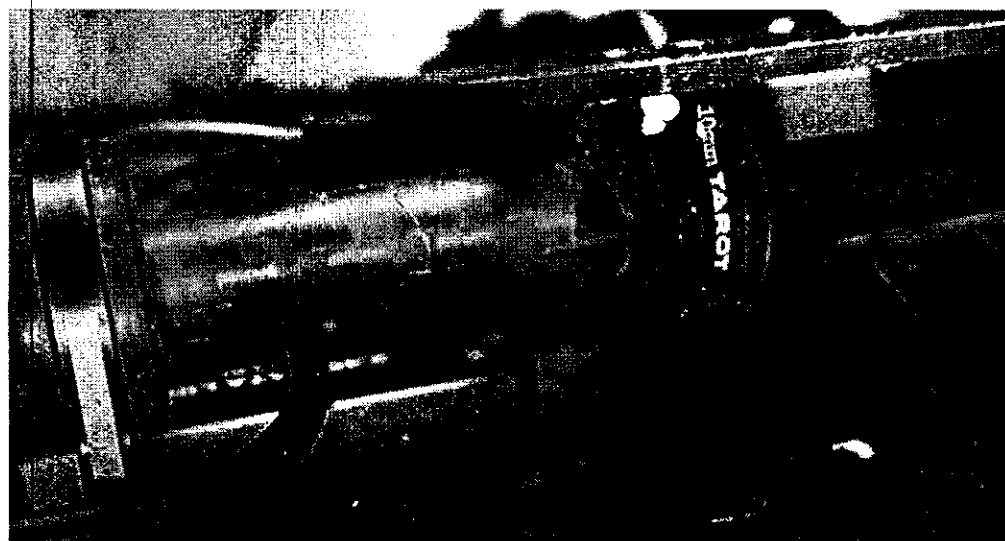
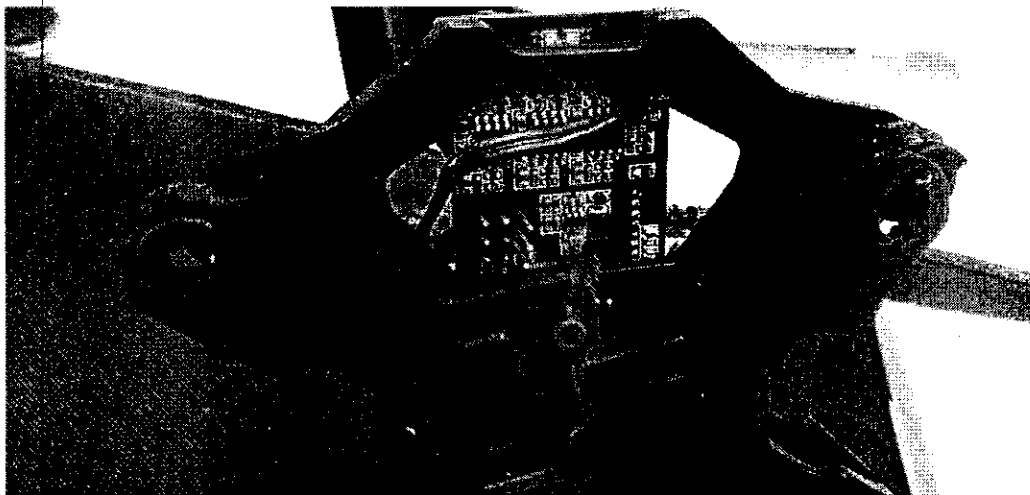
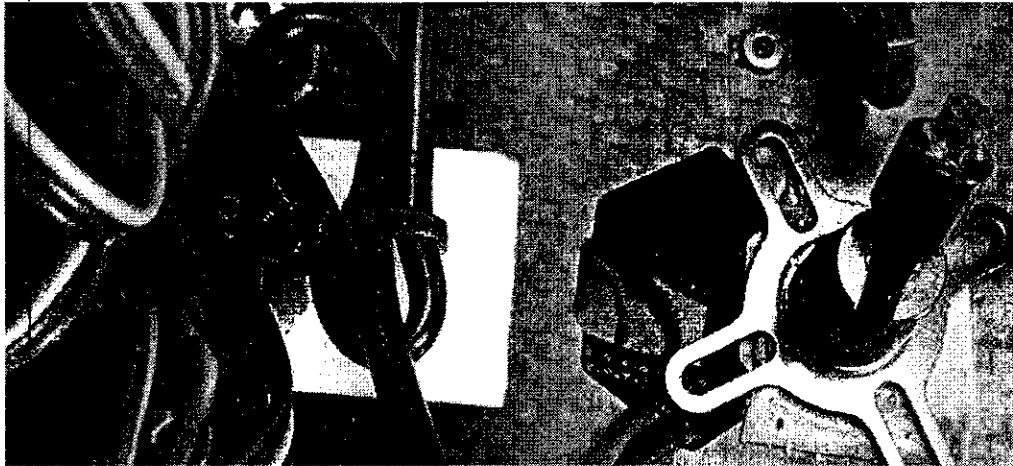


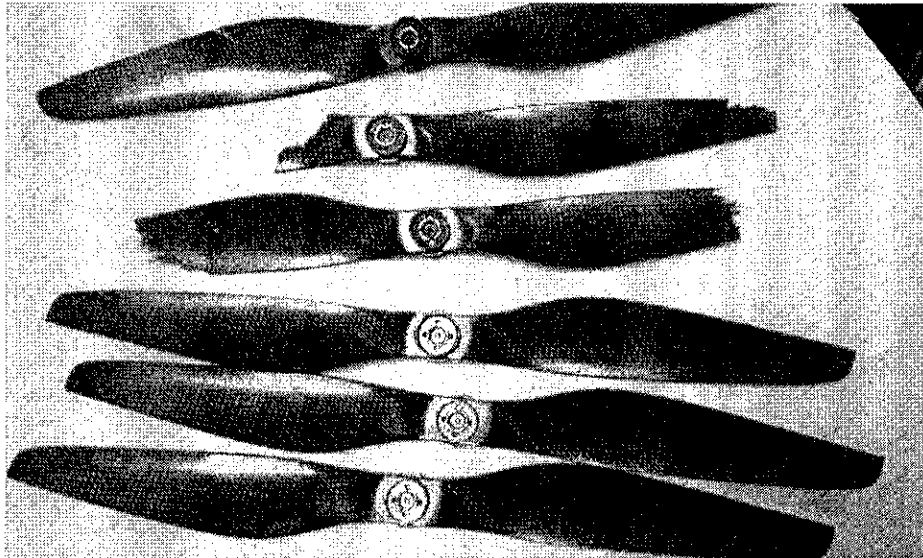
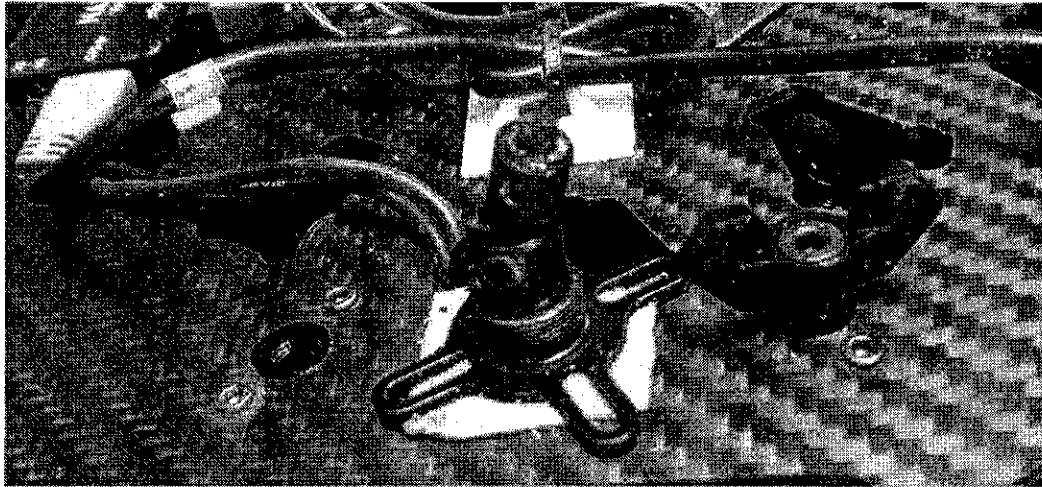




La parte que corresponde al bastidor central del dron, si bien es plausible la reparación, resultaría no la mejor de las opciones ya que incrementaría el peso de las unidades dron. Se tendrían que reemplazar por nuevas las bridas de sujeción de las antenas GPS que se encuentran dañadas. También la base del gimbal resultó dañado y tendrá que ser reemplazado en su totalidad, esto en ambos drones. Se presentan daños en las propelas impulsoras.



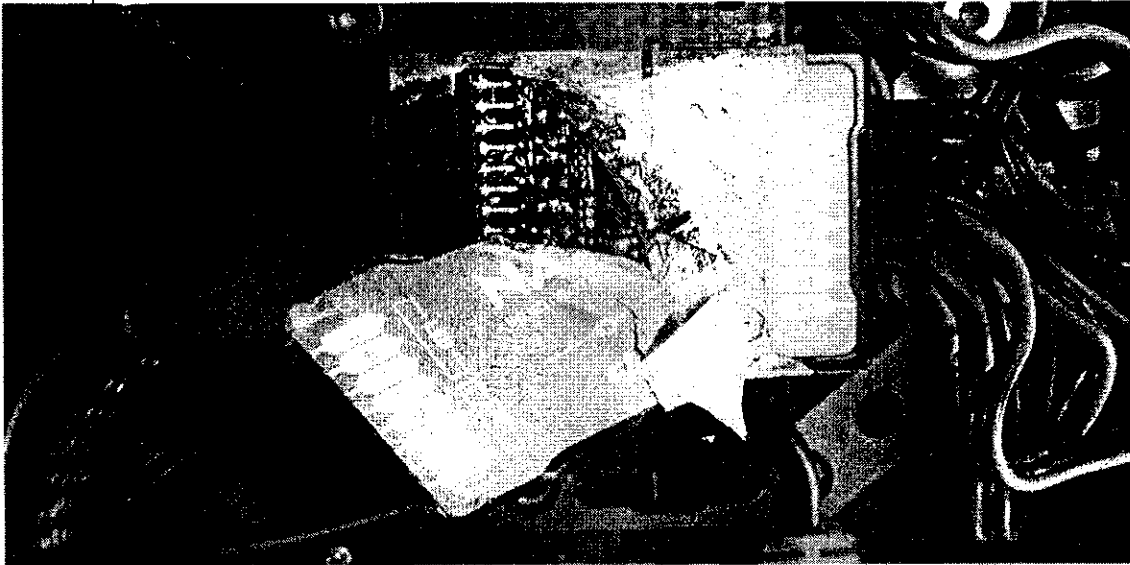
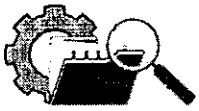


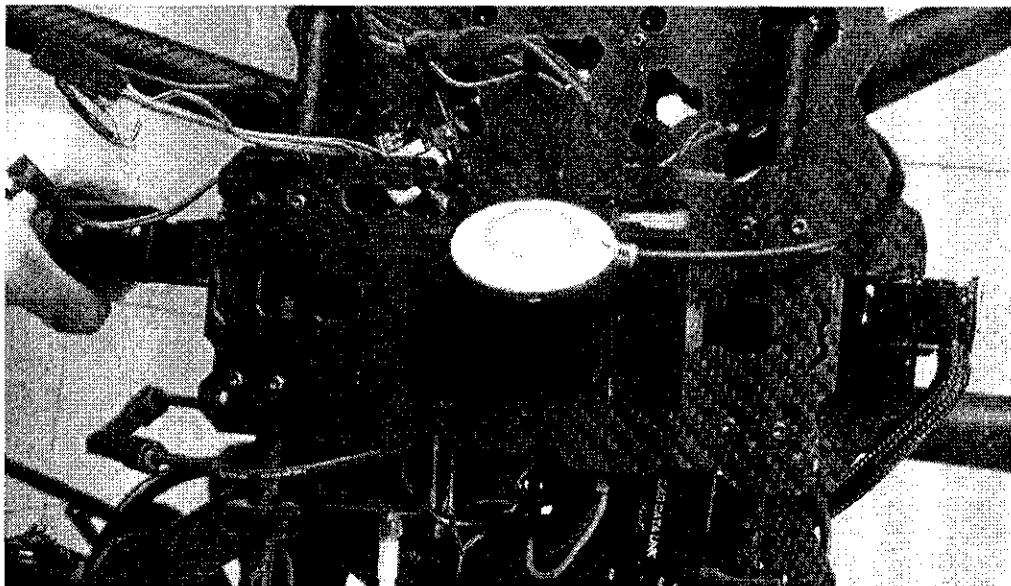
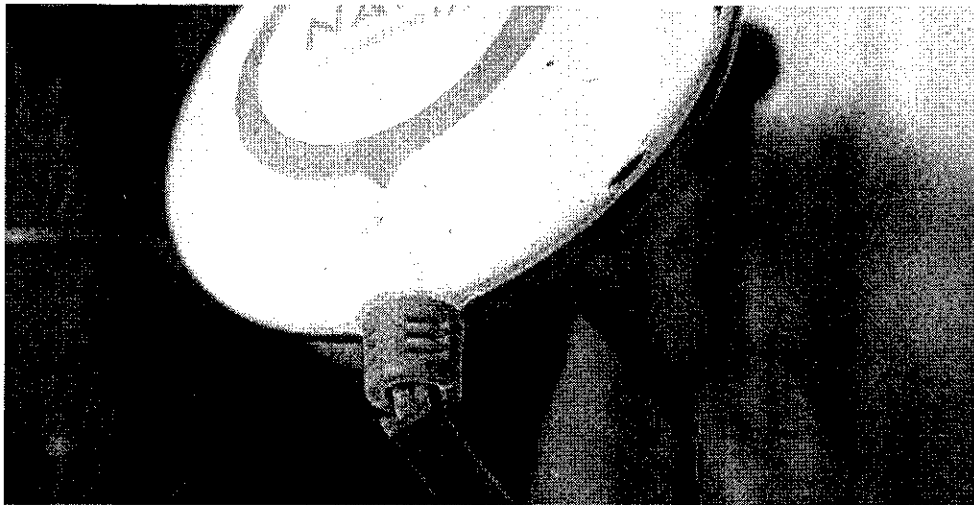
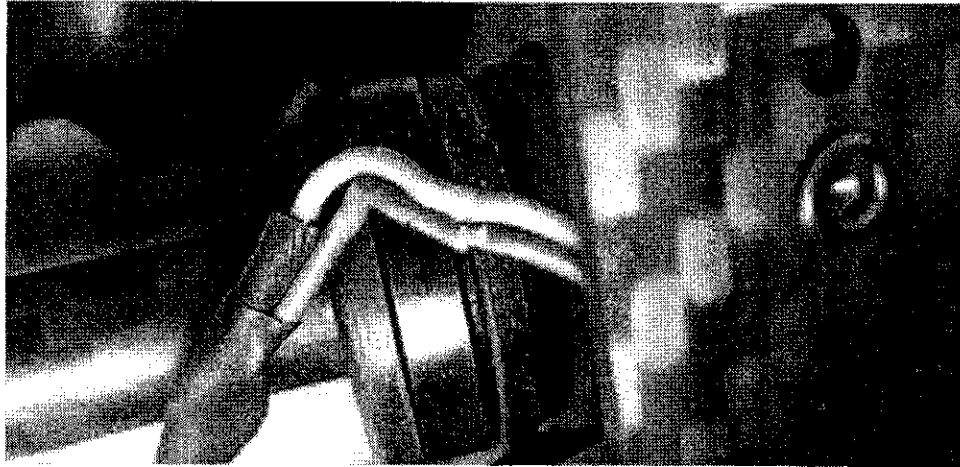


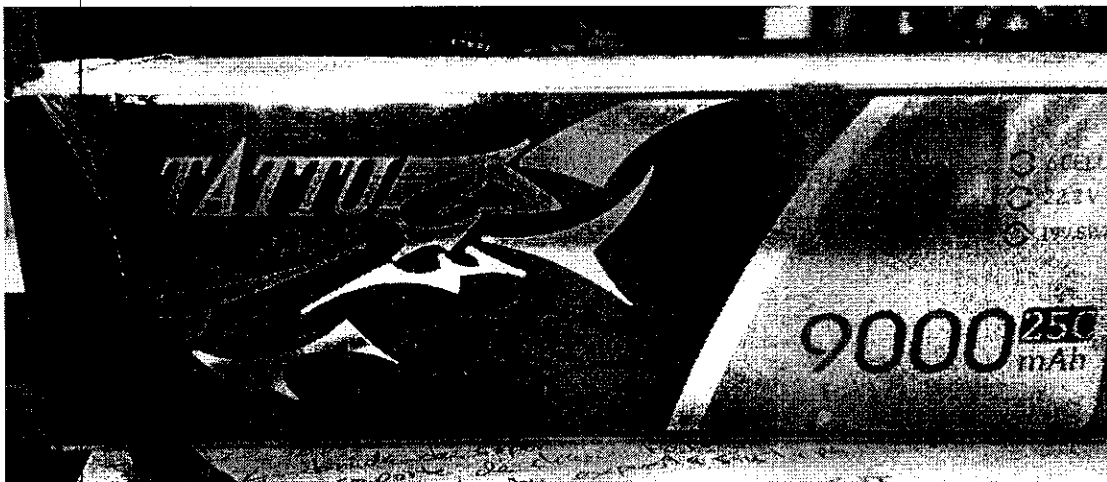
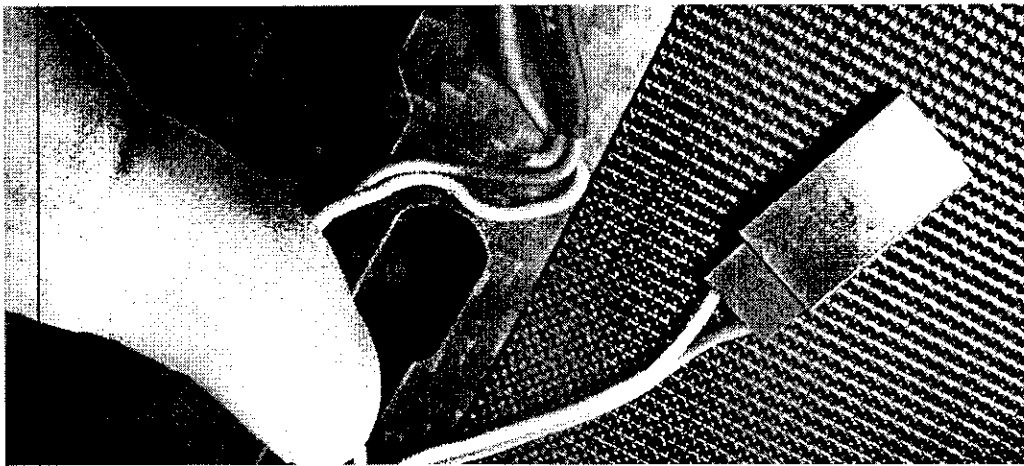
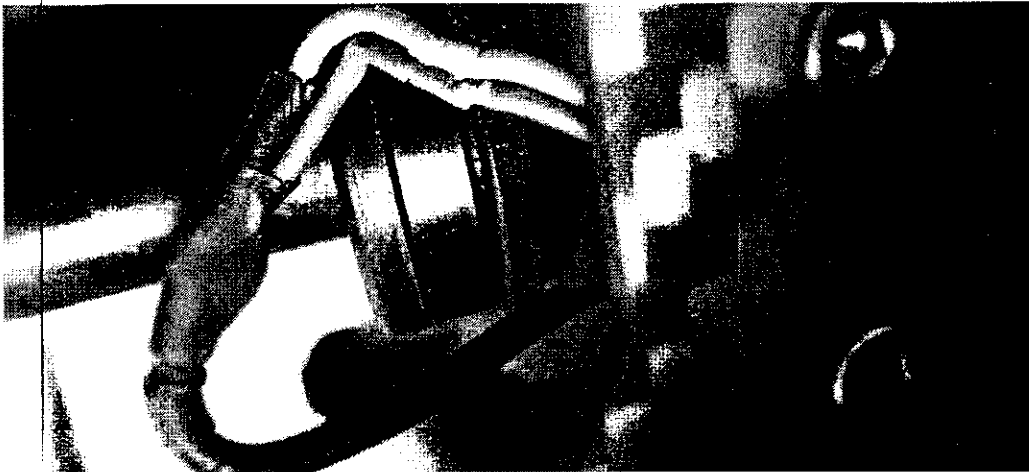
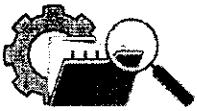
Cada subsistema electrónico dada las vibraciones resultado de la caída está comprometido, además no solo los módulos en sí, sino también las uniones de los arneses de conexión tanto de distribución de potencia eléctrica como de control y comunicación. Las baterías al haber sido golpeadas y no cargadas también representan factor de riesgo de explosión (actualmente se encuentran ligeramente infladas).

La revisión de cada subsistema implica primero el restablecimiento estructural y eléctrico de cada dron lo que conduce a que si bien se puede reconstruir cada uno de los drones, estos aún podrían presentar fallas, que en el mejor de los casos, los drones podrían volver a utilizarse pero con un latente riesgo de falla y aun así se tendrían que estar en evaluación; mientras que en el peor de los casos los drones simplemente fallarían cosa que sería muy riesgosa.

Un aspecto a considerar muy importante es que los drones 1 y 2 su electrónica está fabricada con una tecnología no tan reciente, por lo cual la búsqueda de refacciones se limita a la importación y a un elevado costo, eso sin contemplar que se requerirá de personal especializado para la rehabilitación de las aeronaves no tripuladas.









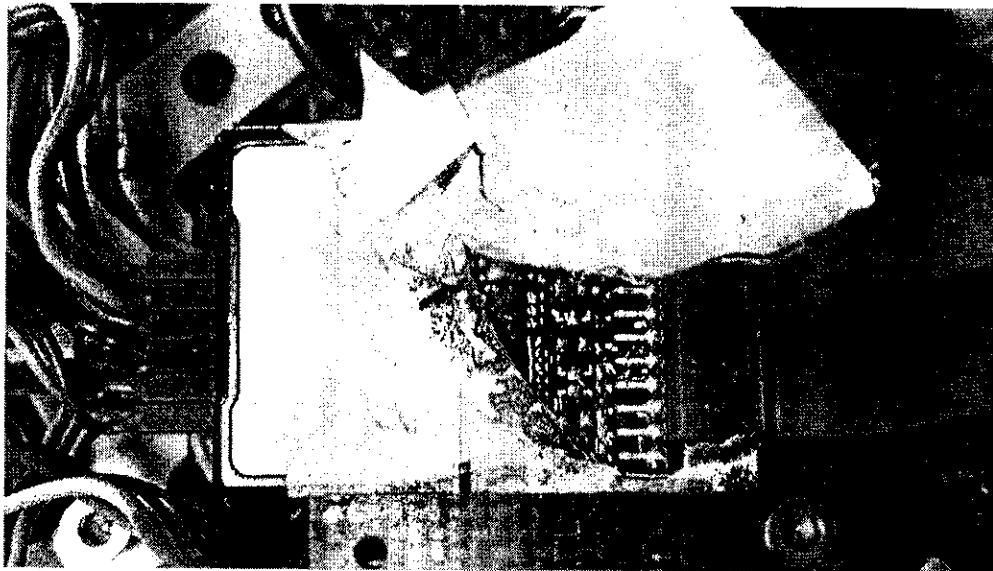
Información de respaldo

El presente documento se respaldó principalmente por la inspección física y a priori de la revisión de otros sistemas electrónicos que se han visto afectados de forma semejantes, además el comportamiento de determinados componentes obedecen a reglas de envejecimiento y desgaste ya sea por uso o agentes externos.

Diversos criterios que obedecen a las fallas de componentes electrónicos fueron consultados y comparados con el estado actual de los drones 1 y 2, tales juicios se enumeran a continuación:

Fallas de embalaje o encapsulado.

Se refiere a la situación que sucede cuando la frontera del componente electrónico llámese gabinete o caja se abre quedando susceptible tal componente al medio ambiente y por lo tanto sensible a la afectación de cambios de temperatura, tal cambio conlleva a la expansión mecánica no uniforme y termina en estrés mecánico. Éste estrés mecánico por ejemplo situado cerca de las terminales del componente puede conducir a un falso eléctrico o falta de continuidad galvánica dentro del circuito que lo conforma. También una falla en el encapsulado puede hacer que el interior del sistema tenga más probabilidad de contaminación ambiental tal que se genere sulfatos, polvo, u otra clase de interferencia mecánica que genere un falso eléctrico.

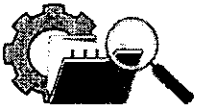


Fallas de circuito impreso (PCB).

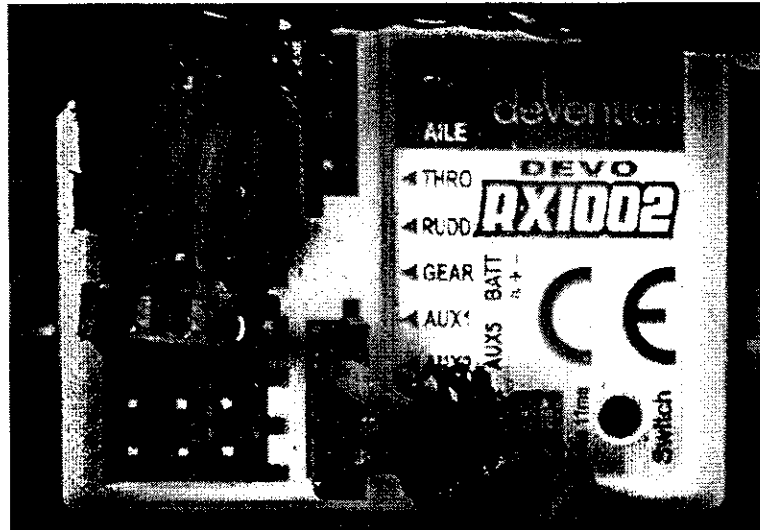
Esta clase de falla si bien podría surgir a partir de una falla de encapsulado, se considera en este caso como un apartado diferente. Básicamente consiste en una falla integral del circuito considerando únicamente la parte eléctrica sin considerar la causa que lo produjo (que en este caso se debió a los impactos resultantes de una fuerte caída).

Dada la naturaleza del evento que averió los drones, el mayor riesgo para el PCB resulta en fracturas de uniones de componentes, pistas eléctricas, pads, vías y bayonetas de conexión rápida dispuestas en los arneses de comunicación y control.

Debido a la tecnología empleada en los subsistemas electrónicos presentes, la técnica preponderante de soldado de componentes electrónicos en los drones 1 y 2, fue el de *through-hole*, en dicha técnica los componentes se colocan de



un lado del PCB pero se soldan del lado opuesto; esto genera una mayor tensión en los componentes y brazo de palanca cuando el sistema sufre una caída y por lo tanto se incrementan las fallas de circuito impreso en los puntos de soldadura de éstos componentes.



Otro punto importante en considerar es el tiempo que ha pasado tras el impacto de cada uno de estos drones, ya que existen componentes tales que luego de no ser utilizados sufren degradación. Los componentes que de los que se habla se tratan de los capacitores y de las baterías. Dichos componentes básicamente están constituidos de una estructura apilada de muy finas láminas metálicas intercaladas con sustancias electrolíticas; tales sustancias tienen una vida útil y si no se reenergizan se deterioran con rapidez teniendo como consecuencia que la batería y/o capacitor se infle y en el peor de los casos explote. No olvidemos que tras una severa caída aquellos componentes que tienen estructuras mecánicas compuestas tienden a dañarse en mayor medida. Para el caso particular de las baterías, estas representan el componente de exposición de mayor riesgo, ya que en caso de explosión puede generar fuego y graves quemaduras químicas, eso sin considerar que es el componente de mayor masa en cada uno de los drones.

Algo que no debe perderse de vista, es que los drones poseen un sistema inercial de posicionamiento y control, donde básicamente está constituido por acelerómetros y/o giróscopos integrados dentro de un micro circuito llamado MEM's (del inglés MicroElectroMechanical Systems), tal sistema inercial se halla dentro del Controlador Central de Vuelo; y cuando tal controlador sufre una caída, tal MEM's se viene afectado y está comprometido en su funcionamiento.

Adquisición de partes y refacciones

También ha de considerarse el abasto de piezas de refacciones en stock y sus distribuidores en México, ya que como se mencionó anteriormente de ser factible, se buscaría una restauración funcional y lo más apegada al modelo original. En este caso particular para los *drones 1 y 2*, muchas de las partes ya no se encuentran y se tendrían que usar los reemplazos más cercanos lo que involucraría muy probablemente una adaptación al modelo original y al final un mayor costo de rehabilitación. El mayor reto es la importación de las piezas de diferentes partes del mundo.



Consideraciones legales dentro del marco de la aeronáutica.

En las operaciones dónde involucren drones, se deben realizar un estudio aeronáutico de seguridad y gestión de riesgos, para valorar el nivel de seguridad de la actividades que se pretende desarrollar con éstos, es decir, en que campo de riesgo (no tolerable, tolerable o aceptable), se encuentra el dron. Siempre se buscara el nivel ACEPTABLE.

Tras sufrir un altercado, un dron debe ubicarse dentro de un margen aceptable de funcionamiento para un aseguramiento de la aeronavegabilidad, la Dirección General de Aeronáutica civil expide una circular de carácter obligatorio donde establece los requerimientos para operar un dron en espacio aéreo mexicano (co-av-23-10-r4), así como otras condiciones para un vuelo seguro; tales requerimientos en el caso de haber sufrido un accidente el dron, no compete para su reincorporación inmediata por ser potencial factor de riesgo.

Así mismo la NORMA Oficial Mexicana NOM-064-SCT3-2012, que establece las especificaciones del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional para sistemas aéreos, emiten consideraciones y procedimientos, que para el caso de los *drones 1 y 2* restringen su operación por tratarse de sistemas comprometidos y los ubica hasta la fecha dentro de un riesgo no tolerable.

<http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/3-servicios/35-rpas-drones/>
<http://www.sct.gob.mx/JURE/doc/nom-064-sct3-2012.pdf>

Dictamen

Con base en la revisión que se realizó en cada uno de los *drones 1 y 2*, la investigación que se realizó metódicamente para generar una más completa declaración, dictamino que el costo tanto en recursos económicos como de tiempo es mayor que si se adquiere dos drones nuevos de última generación que los sustituyan, así como el estado actual de ambos drones es de NO ACEPTABLE. Por lo tanto declaro no viable la restauración o reparación de los *drones 1 y 2*.

Éste informe es independiente y corresponde a mi real convicción profesional, así como también, declaro que toda la información que he proporcionado es verdadera.

Roberto Molero.

Maestro en Ingeniería

Cédula: 5312514

CURP: MOMR750511HDFLLB01.

