



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CECyT No.19 "Leona Vicario".



# **GUÍA PARA EL USUARIO DE RPAS DENTRO DEL MUNICIPIO DE TECÁMAC**

# **GUÍA DE ASISTENCIA PARA EL USUARIO FINAL SOBRE LA OPERACIÓN DE UN RPAS**

(REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM -SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A  
DISTANCIA)

**PRESENTAN LOS ALUMNOS DE:**

**CENTRO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS  
NO. 19 “LEONA VICARIO”**

**GRUPO 3IV03**

**DIC. 2022**

Todo usuario puede reproducir, distribuir, adaptar, traducir y presentar en público la presente publicación, a condición de que el contenido esté acompañado por la mención del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No.19 “Leona Vicario” como fuente y, si se procede, debe indicarse claramente que se ha modificado al contenido original.

Las adaptaciones/traduccion/productos o derivados no deben incluir ningún emblema ni logotipo oficial, salvo que hayan sido aprobados y validados por “CECyT No. 19”. Para obtener la autorización ponerse en contacto con la institución.

## **Datos de contacto.**

Número telefónico del “CECyT No.19”: 55 5729 6000/55 57296300

Coordinadora: Lirio Desiderio López

Correo Electrónico (coordinadora): [ldesiderio@ipn.mx](mailto:ldesiderio@ipn.mx)

# ÍNDICE

## Contenido

<b>ÍNDICE</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO</b>	<b>11</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>11</b>
<b>PLANTEAMIENTO</b>	<b>12</b>
MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL OACI	12
MARCO JURÍDICO NACIONAL	12
<b>PROPÓSITO</b>	<b>13</b>
<b>AUDIENCIA</b>	<b>13</b>
<b>ALCANCE DE LA GUÍA</b>	<b>14</b>
<b>DEFINICIONES Y ABREVIATURAS</b>	<b>14</b>
<b>REQUERIMIENTOS GENERALES DE OPERACIÓN</b>	<b>21</b>
<b>CONSIDERACIONES TÉCNICAS BÁSICOS PREVIOS A LA OPERACIÓN DE UN RPAS</b>	<b>22</b>
<b>PROCEDIMIENTO NORMATIVO REQUERIDO PARA LA OPERACIÓN DEL RPAS</b>	<b>24</b>
a) OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO	24
b) NORMAS APLICABLES AL PROCEDIMIENTO	24
c) REQUISITOS, DOCUMENTOS Y ARCHIVOS	24
d) DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y SUS PARTICIPANTES	25
<b>PROCEDIMIENTO OPERATIVO/ TÉCNICO REQUERIDO PARA LA OPERACIÓN DEL RPAS</b>	<b>27</b>
a) OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO	27
b) NORMAS APLICABLES AL PROCEDIMIENTO	27
c) DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y SUS PARTICIPANTES	27
e) Diagrama de flujo del procedimiento.	29
<b>CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA OPERACIÓN DE LOS RPAS</b>	<b>30</b>
Modelo semántico del entorno aéreo.	30
Volumen de contención	31
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS RPA Y COMPONENTES CONEXOS</b>	<b>33</b>

SUGERENCIA DE MANTENIMIENTO PARA LOS RPAS O SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MÁS COMUNES JUNTO CON LA FORMA DE SOLUCIONARLOS 34

**ACCIONES PARA MINIMIZAR EL ERROR HUMANO EN LA OPERACIÓN DE LOS RPAS 38**

# INTRODUCCIÓN

## Nomenclatura y clasificación

La palabra *dron* proviene del idioma inglés y hace referencia al zumbido que hacían los motores de los primeros aviones controlados por radio, término que posteriormente se adoptó para nombrar de manera general a todo tipo de aeronaves no tripuladas. A pesar de su uso tan común, dron no es el término oficialmente aceptado por organismos reguladores internacionales.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) reconoce como términos oficiales a los UA/UAS y RPA/RPAS.

Aunque estos términos por lo general se emplean sin distinción, sus significados varían: UA es el término genérico que agrupa a todas aquellas aeronaves no tripuladas, que incluyen tanto a las autónomas como a las pilotadas remotamente (RPA). Actualmente la tecnología de drones autónomos se encuentra en desarrollo en el sector militar.

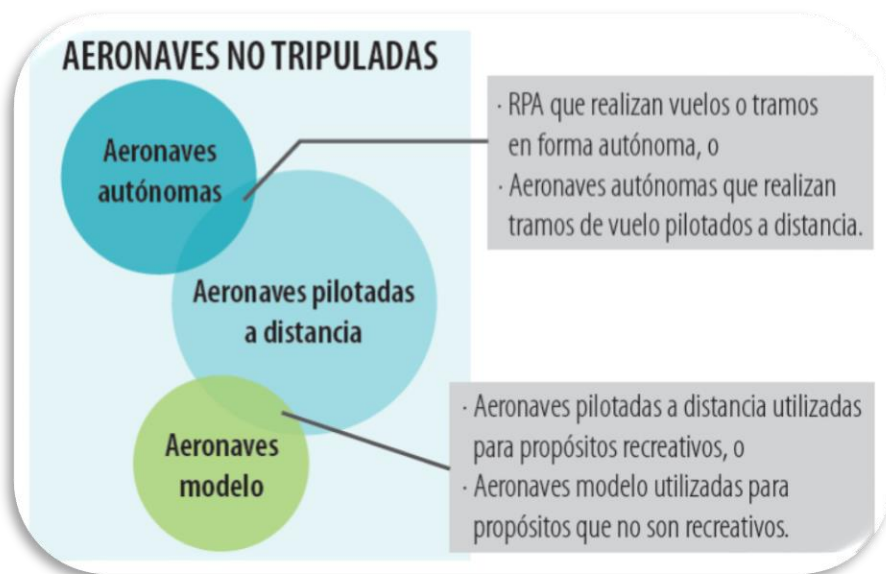


Figura 1. UA y RPA.

Referencia: OACI Doc. 10019 Manual sobre sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS); 2015.

Los UAS son muy diversos y pueden clasificarse de acuerdo a distintas características, por ejemplo:

*Uso:* Sus aplicaciones pueden ser militares o civiles. Las últimas incluyen el uso recreativo y comercial, y en algunas ocasiones se distingue al uso gubernamental y el de experimentación.

*Peso:* Puede variar desde los 10 gramos, hasta más de mil kilogramos. Un ejemplo de este último es el *Global Hawk*, un dron de uso militar que pesa alrededor de 3 mil kg y tiene una envergadura de cerca de 35 metros.

*Rango y duración de vuelo:* Los vuelos pueden durar de 5 minutos a 30 horas, alcanzar altitudes superiores a 20 mil metros y recorrer distancias de miles de km.

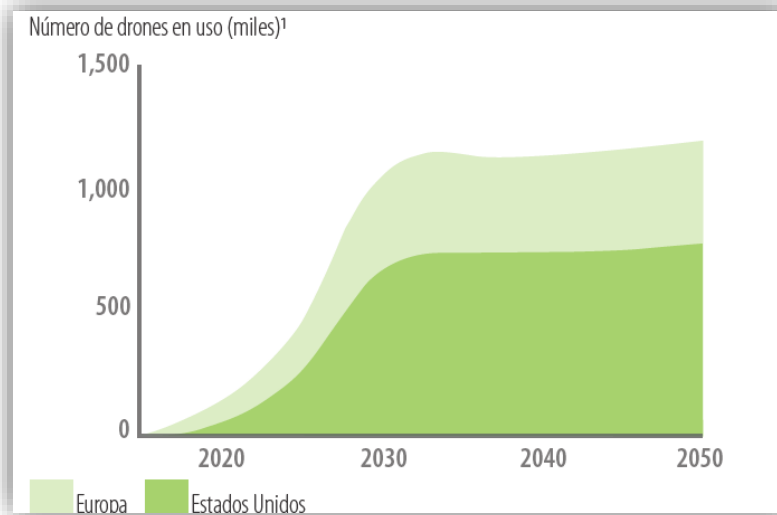
Los drones se utilizan desde la Segunda Guerra Mundial y su uso principal ha sido militar. Durante la última década se han vuelto más accesibles para el uso civil debido al avance tecnológico que permitió la miniaturización de sus componentes electromecánicos, reducción de costos y el desarrollo de sistemas multirrotor.

Su capacidad de movilidad y de recolectar información a bajo costo, les confiere potenciales usos en diversos sectores. Además, pueden utilizarse en situaciones que suponen un peligro para el ser humano. Por ejemplo, en Fukushima, Japón, después del accidente nuclear de 2011, se utilizaron RPAS para recabar información sobre el nivel de radiación.

El uso de drones representa oportunidades de servicio y negocio con impacto económico considerable y amplios beneficios para la sociedad. Se estima que en 2017 se produjeron casi tres millones de RPAS para uso civil, por un valor aproximado de seis mil millones de dólares. Si bien su uso comercial sólo representa aproximadamente 6% del total de las ventas, generan 61% del total del valor.

Existen diversas proyecciones sobre el impacto económico que los drones tendrán en los siguientes años, pero todas coinciden en que será positivo y que el sector de

mayor crecimiento será el comercial. Se estima que, para este último, los ingresos anuales irán de los 587 millones de dólares que se obtuvieron en 2016, a 12.6 mil millones de dólares en 2025, cifra que incluye tanto la venta de equipos como servicios.



Gráfica 1. Evolución del mercado de drones.

Referencia: The Boston Consulting Group. Drones go to work. 2017

En Europa se calcula que para el 2050 esta industria va a generar 150 mil empleos y ganancias de 15 mil millones de euros al año. En Estados Unidos se prevé que para el 2025, pueden generarse más de 100,000 puestos de trabajo con un beneficio económico de más de 82 mil millones de dólares.

Por su parte, en Latinoamérica se estima que para 2020, los RPAS de uso comercial generarán ganancias por 160 millones de dólares. A México se le atribuye 5% del mercado global y se considera el de mayor potencial de Latinoamérica.

## Aplicaciones

Una de las mayores ventajas de los RPAS es su versatilidad, ya que se les pueden instalar aditamentos (conocidos como carga útil) como cámaras, micrófonos y sensores (biológicos, meteorológicos, térmicos, etc.).

Algunos usos de RPAS se dan en varias áreas; por ejemplo, en agricultura, para recolección de datos sobre el estado de salud de los cultivos; en medios

audiovisuales, para hacer tomas aéreas; en el sector de seguridad, para actividades de vigilancia; en el sector académico para estudios topográficos.

### Retos en el uso de RPAS

Su uso ha ido en aumento y hay factores que preocupan tanto a los gobiernos como a las sociedades de varios países. Los principales debates se desarrollan alrededor de dos aspectos: 1. Privacidad y protección de la información y 2. Seguridad.

1. Privacidad y protección de la información. La facilidad con la que los RPAS pueden acceder a lugares remotos y recolectar información ha generado preocupación de autoridades y la población acerca de la información recolectada y la posibilidad de violación a la privacidad. Sin embargo, se argumenta que, si bien a las nuevas tecnologías siempre se les puede dar un uso negativo, éstas no deben estigmatizarse. Además, la privacidad y el correcto manejo de datos son temas comunes con otras tecnologías, como las telecomunicaciones y el Internet.

2. Seguridad. En este tema, la problemática radica en:

- a) cómo integrar a los RPAS en el espacio aéreo sin exponer a las aeronaves tripuladas,
- b) cómo evitar accidentes con la población, y
- c) cómo evitar su uso en actividades ilícitas (narcotráfico, terrorismo, etc.).

Para garantizar el manejo ético y seguro de RPAS se tienen que tomar en cuenta diversos factores, tecnológicos, humanos y de regulación.



## Regulación en México

México es miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y firmante del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Convenio de Chicago), documento rector de la aviación civil mundial. De acuerdo con la Agencia Federal de Aviación Civil (AFAC), organismo dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se ha diseñado una regulación conforme a las normas y recomendaciones de este organismo internacional.

Con respecto a los RPAS, la regulación existente se basa en el Manual sobre sistemas de aeronaves pilotadas a distancia, de la OACI.

En México, el uso de RPAS se regula por la Circular Reglamento CO AV-23/10 R4, expedido por la AFAC. Desde su publicación inicial en 2010, ha tenido diversas actualizaciones hasta la versión 4, publicada el 25 de julio de 2017.

Este reglamento establece requisitos de acuerdo a una clasificación en función del peso de despegue y el tipo de uso del dron (Tabla 1). A partir de los 250 gramos todos los RPAS deben registrarse. Para uso comercial y privado no comercial, deben contar con una póliza de Seguro de Responsabilidad Civil por daños a terceros, una autorización de la AFAC (para RPAS mayores de 2kg) y además la aprobación de tipo, documento que apruebe que el diseño es seguro para volar (para RPAS arriba de 25 kg).

Peso máximo de despegue	Categoría	Uso
2 kg o menos	RPAS Micro	Privado creativo
		Privado No Comercial
		Comercial
2.001 kg hasta 25 kg	RPAS Pequeño	Privado creativo
		Privado No Comercial
		Comercial
25.001 kg o más	RPAS Grande	Privado creativo
		Privado No Comercial
		Comercial

*Tabla 1. Clasificación de RPAS.  
Referencia. AFAC, Circular Obligatoria CO AV-23/10 R4*

La altura máxima para RPAS micro, pequeños y grandes de uso recreativo es de 122 metros y la distancia máxima del piloto, 457 metros. Para recabar datos especiales se requiere la autorización de la Secretaría de la Defensa y del INEGI. En cuanto a privacidad y uso de la información recabada, la responsabilidad recae en el piloto del dron.

Además, de manera general, no se permite volar:

- En áreas prohibidas, restringidas o peligrosas.
- En lugares abiertos o cerrados en donde haya más de 12 personas.
- Fuera del horario entre la salida y la puesta de sol, etc.

A partir de 2017 se empezaron a registrar los RPAS y, de acuerdo con la AFAC, a diciembre del mismo año había 558 registros (435 micros y 123 pequeños), 40 autorizaciones para pilotos y 4 centros de capacitación autorizados.

En México ha habido diversas iniciativas para revisar la regulación de RPAS, que abarcan desde reformas a leyes existentes, hasta propuestas para establecer una ley específica para estas aeronaves. En el Congreso, las mayores preocupaciones manifestadas se relacionan con la violación a la privacidad y la posibilidad del uso de RPAS por el narcotráfico.

El 20 de septiembre de 2017, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-107-SCT3-2016, que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano.

En octubre de 2017 la Cámara de Diputados aprobó un dictamen que reforma la Ley de Aviación Civil y la de Aeropuertos para incluir el concepto RPAS, darle facultades a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para expedir disposiciones referentes a la certificación y operación. Este dictamen se aprobó con algunas modificaciones en la Cámara de Senadores el 5 de abril de 2018, por lo que se turna nuevamente a la Cámara de Diputados.

## **OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO**

Identificar y describir los requerimientos normativos y operativos necesarios para la operación de un RPAS dentro del municipio de Tecámac, en el que se encuentra un Aeropuerto Internacional en operación (Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles).

## **JUSTIFICACIÓN**

La forma de regular la aviación civil se ha realizado hasta nuestros días, con base en la noción de considerar que un piloto dirige la aeronave desde su interior y que ésta comúnmente cuenta con pasajeros y carga a bordo; sin embargo, el concepto de retirar al piloto de la aeronave plantea importantes problemas técnicos y operacionales, cuya complejidad continúa siendo evaluada por las Autoridades de Aviación Civil a nivel mundial en conjunto con la comunidad aeronáutica.

Los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) son un nuevo concepto en el ámbito aeronáutico, que la Autoridad Aeronáutica y la industria aeroespacial requieren comprender, definir e integrar para su adecuada operación. Estos sistemas se basan en novedades tecnológicas aeroespaciales de última generación, que ofrecen avances que pueden proporcionar nuevas y mejores aplicaciones civiles y de uso comercial, así como contribuir a mejorar la seguridad operacional y la eficiencia de toda la aviación civil. La integración segura de los RPAS en el espacio aéreo no segregado será una actividad a largo plazo en la que muchos participantes interesados contribuirán con su experiencia y conocimientos en tópicos diversos como el otorgamiento de licencias y la certificación médica del personal que controlará la operación de RPAS en tierra, tecnologías para sistemas de detección y evasión, espectros de frecuencias para su operación (incluyendo su protección respecto de la interferencia no intencional o ilícita), disposiciones legales aplicables de separación con relación a otras aeronaves y el desarrollo de un marco normativo integral.

## PLANTEAMIENTO

Derivado de la necesidad de regular las operaciones de RPAS dentro de las zonas protegidas del nuevo Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, dentro de su primer año de operación, se plantea la elaboración de la presente guía que enuncia los requerimientos normativos en materia aeronáutica que se deben cumplir. Lo anterior, con la finalidad de evitar incidentes y/o accidentes que deriven del mal uso de estos vehículos no tripulados.

## MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL OACI

De acuerdo con lo establecido por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), en el Anexo 8, titulado "Aeronavegabilidad", los fabricantes de aeronaves y la Autoridad de Aviación Civil deben asegurar la aplicación de los estándares necesarios para prevenir accidentes y proteger a los tripulantes, pasajeros y terceras personas.

## MARCO JURÍDICO NACIONAL

**LEY DE AVIACIÓN CIVIL.** La Ley de Aviación Civil en su artículo 6, fracción III, establece las atribuciones que tiene la Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transportes en materia de aviación civil y aeroportuaria, entre las cuales se encuentra el expedir Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones administrativas.

La Ley de Aviación Civil en su artículo 4 señala que la navegación civil en el espacio aéreo sobre territorio nacional se rige.

**NOM-107-SCT3-2016.** En cumplimiento al procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 14 de noviembre de 2019, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2016, Que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano, a efecto de que en términos de los artículos 47, fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 33 de su Reglamento.

## **PROPÓSITO**

El propósito del presente documento es dar a conocer la norma, leyes y reglas que se deben de seguir para realizar un vuelo seguro de los RPAS ya que no tenemos que incrementar el riesgo, al contrario, nos servirá para evitar algunos accidentes hacia personas o propiedades, presentaremos algunas características de los RPAS que son de suma importancia para saber cuáles son las capacidades y limitaciones de los RPAS y evitar que sean sometidas a tareas que no puedan realizar.

## **AUDIENCIA**

El presente documento va dirigido a toda persona, mayor de 18 años, operadores de estado que pretendan operar u operen un RPAS; asimismo aplica a los fabricantes y armadores de RPAS, que requieran importar RPAS a territorio nacional y a los comercializadores de RPAS

## ALCANCE DE LA GUÍA

El documento presentado por los estudiantes del grupo 3IV03 del CECyT No. 19 del Instituto Politécnico Nacional, 2022-2023. Contiene requisitos documentales y técnicos especialmente importantes para el uso y mantenimiento de los RPAS los usuarios comprometidos y encargados de algún tipo de RPAS tendrán que seguir y adecuar lo leído por el presente documento encargado de guiar y fomentar el buen uso de RPAS para que no se vean en complicaciones con estos mismos.

## DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

**Accesorio:** Instrumento, mecanismo, equipo, parte, aparato o componente, incluyendo equipo de comunicaciones, que se usa como auxiliar en la operación o control de la aeronave, y que no es parte del diseño básico de una estructura, motor o hélice.

**Accidente.** Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave pilotada a distancia, que ocurre entre el momento en que la aeronave está lista para desplazarse con el propósito de realizar un vuelo y el momento en que se detiene al finalizar el vuelo y se apaga su sistema de propulsión principal, durante el cual:

- a) Cualquier persona sufre lesiones mortales o graves a consecuencia del contacto directo con cualquier parte de la aeronave pilotada a distancia, incluso las partes que se hayan desprendido de la misma;
- b) Cualquier propiedad de terceros sufre daños;
- c) La aeronave pilotada a distancia desaparece o es totalmente inaccesible.

**Aeródromo civil:** área definida de tierra o de agua adecuada para el despegue, aterrizaje, acuatizaje o movimiento de aeronaves, con instalaciones o servicios mínimos para garantizar la seguridad de su operación.

**Aeromodelo:** Aeronave no tripulada, controlada por control remoto, fabricada a escala reducida del tamaño real de una aeronave tripulada, para uso exclusivamente recreativo.

**Aeronave:** Cualquier vehículo capaz de transitar con autonomía en el espacio aéreo con personas, carga o correo.

**Aeronave autónoma:** Aeronave no tripulada que no permite la intervención del piloto en la gestión del vuelo.

**Aeronavegabilidad:** Condición en la que una aeronave, sus componentes y/o accesorios cumplen con las especificaciones de diseño del Certificado Tipo, suplementos y otras aprobaciones de modificaciones menores y que operan de una manera segura para cumplir con el propósito para el cual fueron diseñados.

**Aeronave no tripulada:** Aeronave destinada a volar sin piloto a bordo. Las aeronaves no tripuladas se clasifican como:

- a) Aeromodelos
- b) Aeronaves Autónomas
- c) Globos Libres No Tripulados
- d) Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS)
- e) Aeronaves no Tripuladas que por su desarrollo tecnológico no se encuentren en las anteriores.

**Aeropuerto:** Aeródromo civil de servicio público, que cuenta con las instalaciones y servicios adecuados para la recepción y despacho de aeronaves, pasajeros, carga y correo del servicio de transporte aéreo regular, del no regular, así como del transporte privado comercial y privado o comercial. Únicamente los aeródromos civiles que tengan el carácter de aeropuerto podrán prestar servicio a las aeronaves de transporte aéreo regular

**Aerostato:** Toda aeronave que, principalmente, se sostiene en el aire en virtud de su fuerza ascensional.

**Actitud:** La orientación de una aeronave con respecto al horizonte.

**Altitud:** Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar.

**Altura:** Distancia vertical entre la RPA y el nivel del suelo.

**Aprobación de Tipo:** Documento que aprueba y justifica que el diseño con sus detalles del RPAS han sido revisados que dan cumplimiento con los estándares de aeronavegabilidad aplicables, mismo que ha sido sujeto a pruebas en tierra, en aire y no tiene características de diseño inseguras.

**Armador de RPAS:** Toda persona física o moral que se dedica a fabricar RPAS en forma unitaria.

**Autoridad Aeronáutica:** AFAC (Agencia Federal de Aviación Civil Internacional).

**Autoridad de Aviación Civil:** Autoridad rectora de un país extranjero, en materia aeronáutica.

**BVLOS:** Más allá de la línea de vista.

**Certificación:** Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional; leyes, ordenamientos o normas.

**Certificado de aeronavegabilidad:** Documento oficial que acredita que la aeronave está en condiciones técnicas satisfactorias para realizar operaciones de vuelo.

**Certificado de matrícula:** Documento que identifica y determina la nacionalidad de la aeronave.



**Comercializador de RPAS:** Empresa que se encarga de mercadear un producto y/o servicio ya existente o manufacturado.

**Componente:** Cualquier parte contenida en sí misma, combinación de partes, subensambles o unidades, las cuales realizan una función en específico necesaria para la operación de un sistema.

**Directiva de aeronavegabilidad:** Documento de cumplimiento obligatorio expedido por la Agencia de Gobierno u organismo acreditado responsable de la certificación de aeronaves, motores, hélices y componentes que han presentado condiciones inseguras y que pueden existir o desarrollarse en otros productos del mismo tipo y diseño, en el cual se prescriben inspecciones, condiciones y especificaciones bajo las cuales pueden continuar operando.

**Espacio Aéreo Controlado:** Espacio aéreo de dimensiones definidas dentro del cual se facilita el servicio de control de tránsito aéreo, de conformidad con la clasificación del espacio aéreo.

**Espacio cerrado:** Construcción totalmente cubierta por una estructura que limite la salida de la RPA al espacio aéreo.

**Estándares de Aeronavegabilidad:** Conjunto de regulaciones que norman la certificación de la aeronavegabilidad de aeronaves, motores o hélices.

**Estación de control:** El componente del sistema de aeronave pilotada a distancia que contiene el equipo que se utiliza para pilotar una aeronave a distancia; por ejemplo, dispositivos electrónicos portátiles, computadoras o cabinas de pilotaje remotas.

**Fabricante de RPAS:** Persona física o moral, que se dedica a la fabricación de RPAS en serie.

**Globo libre no tripulado:** Aeróstato sin tripulación, propulsado por medios no mecánicos, en vuelo libre.

**Helipuerto:** Aeródromo civil para el uso exclusivo de helicópteros.

**Importador de RPAS:** Persona física/moral que importa o introduce RPAS de un país a otro país.

**Incidente:** Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave pilotada a distancia, que no llegue a ser un accidente que afecte o pueda afectar la seguridad de las operaciones.

**Libro de bitácora:** Documento oficial que se tiene en la estación de control y en el cual se lleva un registro de los parámetros operacionales más importantes de la misma, mantenimiento, fallas registradas, antes o durante el vuelo, acciones tomadas al respecto y tiempos de la aeronave.

**Línea de vista:** Es aquella acción donde el piloto del RPAS debe ser capaz de ver la aeronave pilotada a distancia durante todo el vuelo con el fin de saber, su localización, actitud, altitud y dirección, la existencia de otro tráfico aéreo o de otros peligros y determinar que la RPA no ponga en peligro la vida o la propiedad de otro.

**Mantenimiento:** Cualquier acción o combinación de acciones de inspección, reparación, alteración o corrección de fallas o daños de una aeronave, componente o accesorio.

**MN:** Milla Náutica, equivalente a 1852 metros.

**NOTAM (Notificación Aérea):** Aviso distribuido por medio de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo.

**OACI:** Organización de Aviación Civil Internacional.

**Operador de RPAS:** Persona física o moral que es propietario o poseedor de un RPAS.

**Ordenamiento Jurídico:** Todo acto administrativo de carácter general en materia aeronáutica, inclusive Reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas y cualesquiera de naturaleza análoga a los actos anteriores.

**PIA/AIP:** Publicación de Información Aeronáutica.

**Peso Máximo de Despegue:** (MTOW por sus siglas en inglés - Maximum Take-Off Weight), Es el máximo peso de una aeronave con el cual puede despegar, incluyendo batería, gimbal, cámara y/o sensores.

**Piloto de RPAS:** Persona que manipula los controles de vuelo de un sistema de aeronave pilotada a distancia.

**RPA** (Remotely Piloted Aircraft - Aeronave Pilotada a Distancia): Aeronave no tripulada que es pilotada desde una estación de pilotaje a distancia.

**RPAS** (Remotely Piloted Aircraft System -Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia): Aeronave pilotada a distancia, su estación o estaciones conexas de pilotaje a distancia, los enlaces requeridos de mando y control y cualquier otro componente; y puede ser de ala fija, helicóptero, multirrotor o dirigible.

**RPAS de uso Comercial:** Sistema de aeronave pilotada a distancia destinado por el operador de RPAS a realizar tareas con fines de lucro.

**RPAS de uso Recreativo:** Es aquel sistema de aeronave pilotada a distancia que se destina por el operador de RPAS a la recreación.

**RPAS de uso Privado No comercial:** Sistema de aeronave pilotada a distancia, destinado por el operador de RPAS a realizar tareas sin fines de lucro.

**Secretaría:** Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

**UA** (Unmanned Aircraft): Aeronave no Tripulada.

**UAS** (Unmanned Aircraft System): Sistema de Aeronave no Tripulada.

VFR: Reglas de Vuelo visual.

**VLOS**: A línea de vista.

**Vuelo nocturno**: Operación realizada en el intervalo de tiempo entre la puesta y la salida del sol.

## REQUERIMIENTOS GENERALES DE OPERACIÓN

El piloto debe operar el Sistema de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) a una distancia de separación de al menos 9.2 Km (5 MN) de cualquier aeródromo y 0.9 Km (0.5 MN) de cualquier helipuerto.

El piloto del RPAS no debe dejar caer y/o arrojar (aunque tenga paracaídas) objetos o materiales que puedan causar daño a cualquier persona o propiedad, no debe operar la aeronave pilotada a distancia en las áreas prohibidas, restringidas o peligrosas, establecidas en la PIA/AIP, Sección ENR 5.1.

El piloto de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) antes de realizar una operación, debe verificar los NOTAM (NOTAM o NoTAM es el acrónimo inglés de Notice To Air Missions), que activan áreas prohibidas o restringidas mencionadas en el numeral 4.10.5 de la Norma Oficial Mexicana NOM-107-SCT3-2019, Que establece los requerimientos para operar un sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS) en el espacio aéreo mexicano.

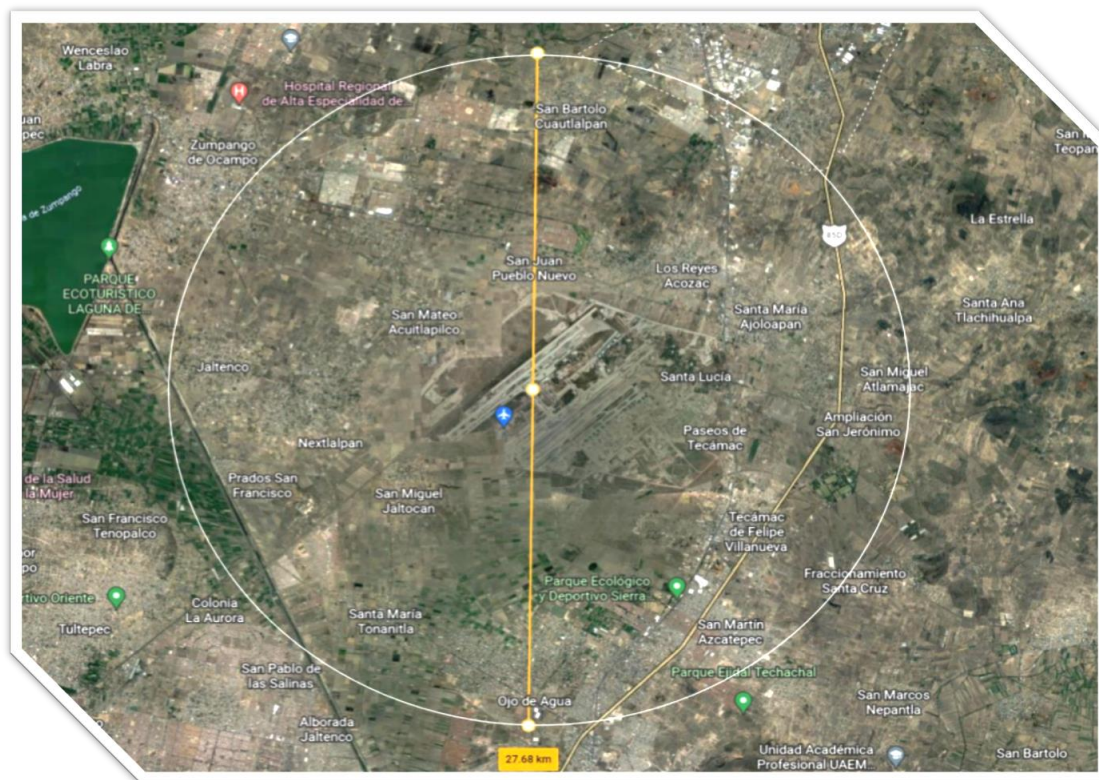


Figura 2. Área de protección del AIFA.  
Referencia: Google Earth 2022

# CONSIDERACIONES TÉCNICAS BÁSICOS PREVIOS A LA OPERACIÓN DE UN RPAS

## RPAS Pequeños

El usuario de un RPAS pequeño, que desee operar dentro del municipio de Tecámac, debe cumplir con los siguientes requerimientos técnicos:

- a) Obtener un folio de registro de RPAS que acredite la propiedad y derechos reales sobre las aeronaves civiles pilotadas a distancia.
- b) No exceder la velocidad máxima de operación establecida por el fabricante del RPAS.
- c) Operar la RPA a una altura máxima de 122 metros (400 ft).
- d) No operar la RPA más allá de una distancia horizontal de 457 metros (1500 ft).
- e) Operar la RPA a una altitud máxima de 100 metros (328 ft).
- f) Operar la RPA en condiciones meteorológicas libre de nubes y con la superficie a la vista.
- g) Mantener una visibilidad mínima de 1.5 Km. (0.8 MN) desde la localización de la estación de control.
- h) No operar sobre personas, a menos que participen directamente en la operación de la RPA.
- i) Mantener una distancia horizontal de seguridad perimetral con respecto a las personas no relacionadas con la operación.

## **RPAS Grande**

- a) Obtener el Certificado de Matrícula sobre las aeronaves civiles pilotadas a distancia.
- b) Operar dentro de Clubes de Aeromodelismo autorizados por la Autoridad Aeronáutica de conformidad al artículo 60 del Reglamento de la Ley de Aviación Civil.
- c) No exceder la velocidad máxima de operación establecida por el fabricante del RPAS.
- d) Operar la RPA a una altura máxima de 122 metros (400 ft).
- e) No operar la RPA más allá de una distancia horizontal de 457 metros (1500 ft.).
- f) Operar la RPA a una altitud máxima de 100 metros (328 ft) sobre el nivel del suelo, en el área comprendida.
- g) Operar la RPA en condiciones meteorológicas libres de nubes y con la superficie a la vista.
- h) Mantener una visibilidad mínima de 1.5 Km. (0.8 MN).
- i) No operar sobre personas, a menos que participen directamente en la operación de la RPA) Mantener una distancia horizontal de seguridad perimetral con respecto a las personas no relacionadas con la operación de al menos 50 metros (164 ft).

# **PROCEDIMIENTO NORMATIVO REQUERIDO PARA LA OPERACIÓN DEL RPAS**

Todos los RPAS que operen dentro del espacio aéreo del territorio mexicano, sin importar la actividad que realicen, deben cumplir la normativa establecida. Lo anterior, con la finalidad de cubrir las zonas sensibles de un aeropuerto. En el caso particular de Tecámac, el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.

## **a) OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO**

Identificar y describir el proceso de regulación de un RPAS en la Agencia Federal de Aviación Civil.

## **b) NORMAS APLICABLES AL PROCEDIMIENTO**

- Anexo 8 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), titulado "Aeronavegabilidad"
- Ley de Aviación Civil
- NOM-107-SCT3-2016

## **c) REQUISITOS, DOCUMENTOS Y ARCHIVOS**

Todos aquellos documentos descritos en la NOM-107-SCT3-2016 y que solicita la Agencia Federal de Aviación Civil.



## **d) DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y SUS PARTICIPANTES**

El registro es gratuito y lo puedes realizar en línea, recibirás el documento en 10 días hábiles. Sigue los siguientes pasos para realizar dicho registro: **(contemplar que aplica para RPAS chico, grande y micro)**

1. Primero debe registrarlo ante Aeronáutica Civil antes de operarlo. Para poder registrarlo, es necesario tener nacionalidad mexicana, ser mayor de edad (de no ser así puede hacerlo el padre o tutor) y llenar un formulario. Este formulario lo puedes obtener a través de la página web <https://www.gob.mx/afac/acciones-y-programas/rpas-drones>
2. Una vez llenado el formulario, debes enviarlo aclarando alguna de estas dos opciones: para Registro de RPAS comercializados en México o Registros de RPAS por propietarios según sea el caso.
3. Si eres persona física tienes que acreditar tu personalidad adjuntando copia digitalizada de tu INE o cualquier identificación oficial.
4. Si eres persona moral tienes que acreditar tu personalidad adjuntando copia digitalizada del acta constitutiva (registro legal de la creación de la empresa) y el poder notarial del representante legal.
5. Toma en cuenta que debes tener a la mano: copia digitalizada de la documentación que acredite la propiedad o posesión de su RPAS (formatos admitidos .pdf, .docx, .jpg o .png)
6. Envía un correo electrónico a la dirección [rpas@sct.gob.mx](mailto:rpas@sct.gob.mx) solicitando la obtención de registro para un RPAS, anexando el formulario ya completo en Excel, junto con una versión impresa firmada por ti, agregando manualmente tu RFC con homoclave; también las copias digitalizadas de la documentación que acredite la propiedad o posesión de su RPAS.
7. Finalmente, espera tu folio de registro o las consideraciones a cubrir para la obtención del mismo en la dirección electrónica que diste.

8. Es importante señalar que para RPAS micro y chico aplicar a una práctica de 7 horas de vuelo y para RPAS grande aplicar a 50 horas de vuelo de instrucción.

### e) DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO

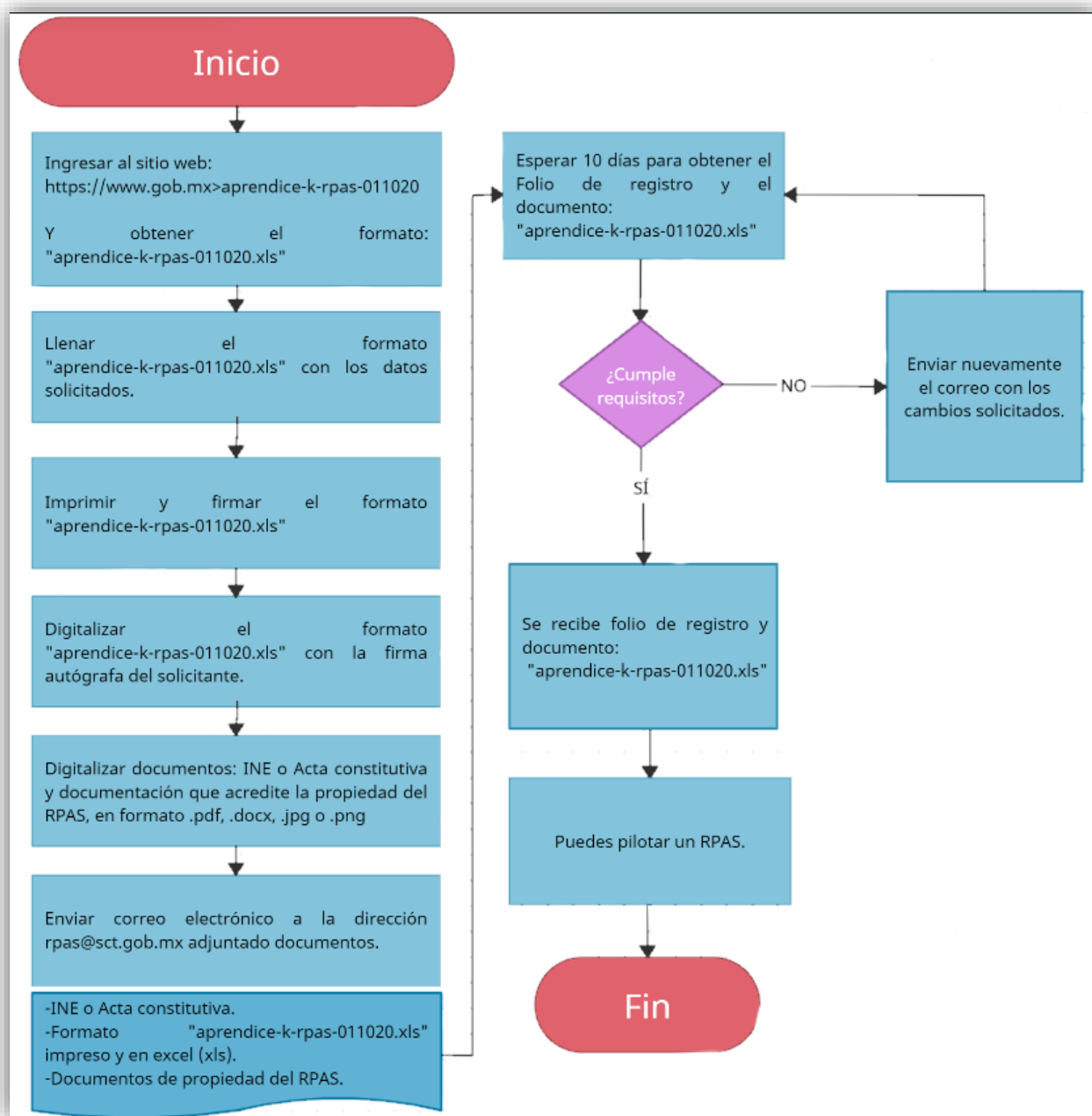


Figura 3. Diagrama de flujo del procedimiento.  
Referencia: Elaboración propia

# **PROCEDIMIENTO OPERATIVO/ TÉCNICO REQUERIDO PARA LA OPERACIÓN DEL RPAS**

## **a) OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO**

Establecer los requerimientos necesarios para la operación de RPAS dentro del municipio de Tecámac, en las cercanías del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), y dentro del ámbito regulatorio y técnico de la AFAC (Agencia Federal de Aviación Civil).

## **b) NORMAS APLICABLES AL PROCEDIMIENTO**

- Anexo 8 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), titulado "Aeronavegabilidad"
- Ley de Aviación Civil
- NOM-107-SCT3-2016

## **c) DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y SUS PARTICIPANTES**

1. Para la operación de un RPAS, el usuario debe capacitarse en un programa interno de entrenamiento en un centro de capacitación autorizado por la autoridad aeronáutica, mismos que se encuentran publicados en el siguiente enlace [https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/ccap/directorio/Directorio\\_CECAF\\_20062022.pdf](https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/ccap/directorio/Directorio_CECAF_20062022.pdf). De igual forma, debe tener en cuenta que es un robot o aeronave no tripulada y por lo cual se debe manejar con precaución en ciertas áreas establecidas para evitar evadir la ley.

2. Para un RPAS pequeño, se debe tener registro de todos los vuelos en una bitácora de al menos 13 (trece) horas de vuelo y operar de la siguiente manera:
  - 7 horas de vuelo de instrucción en donde se validará su práctica en vuelo de aeronaves pequeñas y se le otorgará un permiso con su nombre, número de permiso del instructor y firma autógrafa del perteneciente.
  - Aprobar un examen del centro de capacitación autorizado y con 3 horas de vuelo registrada en su bitácora en dos meses antes de su solicitud.
3. Para un RPAS grande, se debe cumplir con lo siguiente:
  - El piloto debe de contar con 50 horas de vuelo con instrucción en el sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS grande) y deben estar registradas en la bitácora.
  - Este debe de contar con 21 horas de vuelo en presencia del instructor autorizado y viendo sus prácticas dominando las habilidades de vuelo para su autorización de la bitácora, también necesita 15 horas de vuelo en su registro de bitácora y aprobar el examen del centro autorizado para la bitácora

### e) Diagrama de flujo del procedimiento.

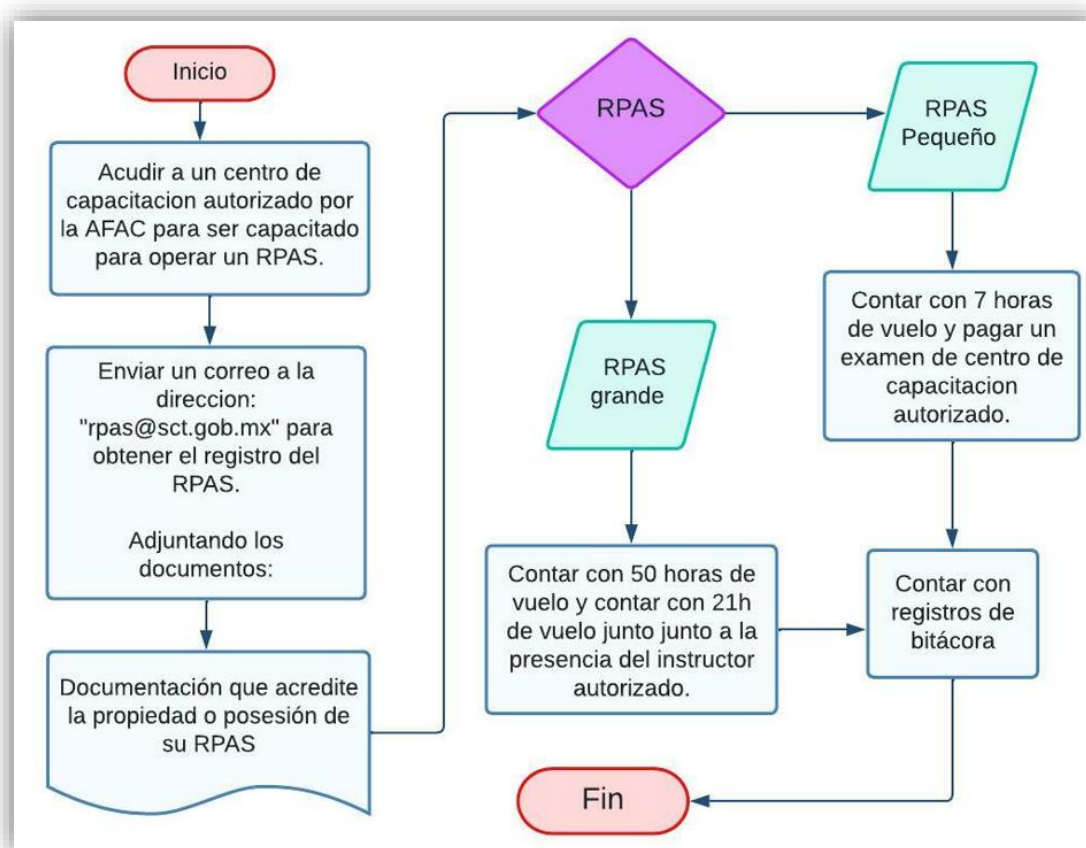


Figura 4. Diagrama de flujo del procedimiento.  
Referencia: Elaboración propia

# CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA OPERACIÓN DE LOS RPAS

## Modelo semántico del entorno aéreo.

OACI establece las siguientes líneas generales para la gestión de Riesgos:

1. Identificación de Amenazas/ peligros
2. Establecer Consecuencias/Daños.
3. Asignar probabilidades de ocurrencias y determinar la severidad en caso de que ocurran.
4. Establecer el riesgo.
5. Determinar cuándo se considera un nivel de riesgo aceptable.
6. Establecer mitigaciones, en su caso.

En la siguiente imagen Representa la “Geografía de vuelo” e incluye el área que abarca la operación del RPAS de manera correcta; donde se contempla:

- errores de posicionamiento
- precisión y habilidad del piloto o de los sistemas de autopiloto
- error en la definición de las trayectorias
- cualquier riesgo particular relevante por ejemplo como el granizo, hielo, nieve, interferencia electromagnética, etc.

Este modelo Semántico se divide en 2 secciones que hay que contemplar a la hora de operarlo que es (riesgo de tierra, riesgo en aire), para evitar accidentes nuestra geografía de vuelo demuestra que hay zona segura, área de contingencia y área para emergencia, donde debemos estar en una zona aislada recomendada para su operación que no obstruya la privacidad en casas o una ciudad que es la zona rural y el entorno aéreo que en ejemplos sería un aeropuerto; y este modelo da como

evitar esos dos riesgos sin irrumpir en una zona prohibida o evadir las leyes establecidas por la autoridad aeronáutica de la zona.

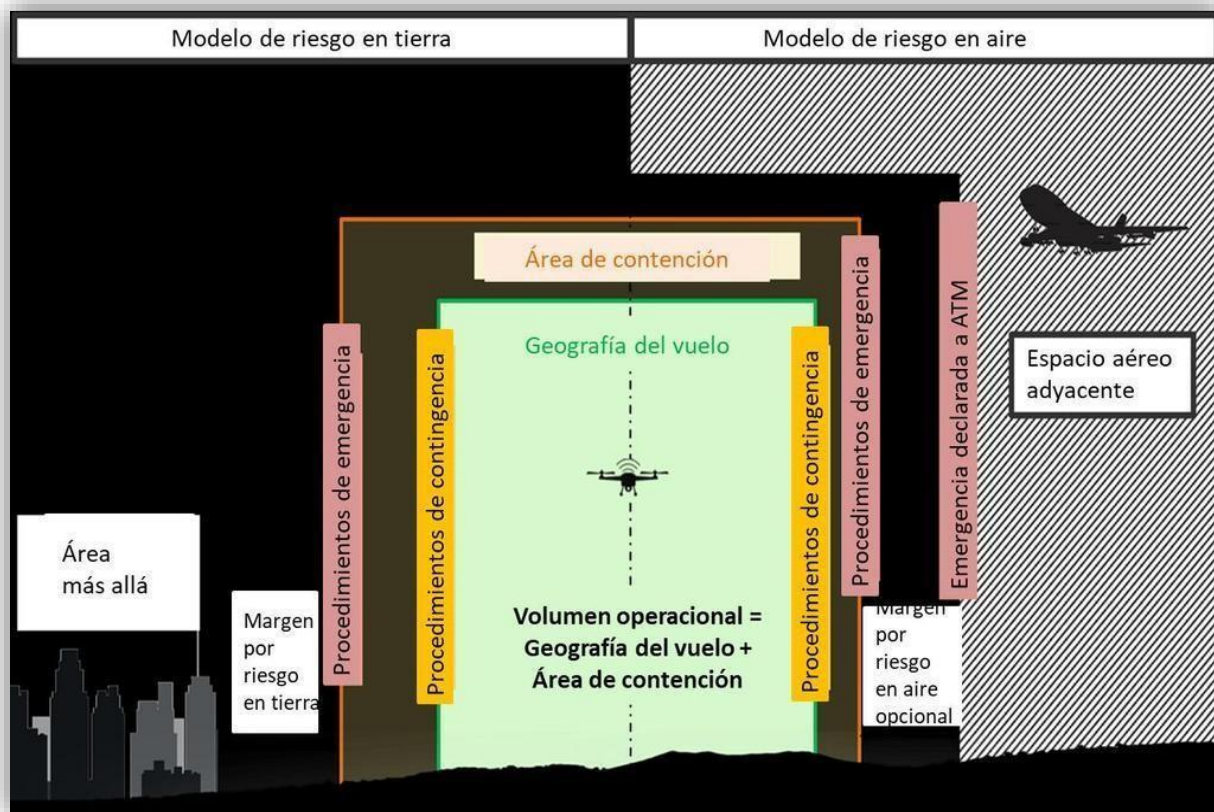


Figura 5. Geografía de vuelo.

Referencia: Guía para operadores de RPAS sobre Procedimientos de: Habilitación y Autorización (España)

## Volumen de contención

Debe incluir el volumen que abarcan los procedimientos de la operación anormal:

- vuelta a casa (RTH: Return To Home).
- espera en el estacionario (ej. multirrotor, helicóptero) o esperar dando vueltas alrededor de un punto.
- aterrizaje automático o en un lugar determinado.
- distancias en caso de control manual.

## Margen

Debe incluir el volumen que abarcan los procedimientos de emergencia:

- aterrizaje inmediato.
- sistemas de reducción de energía de impacto (ej. paracaídas)

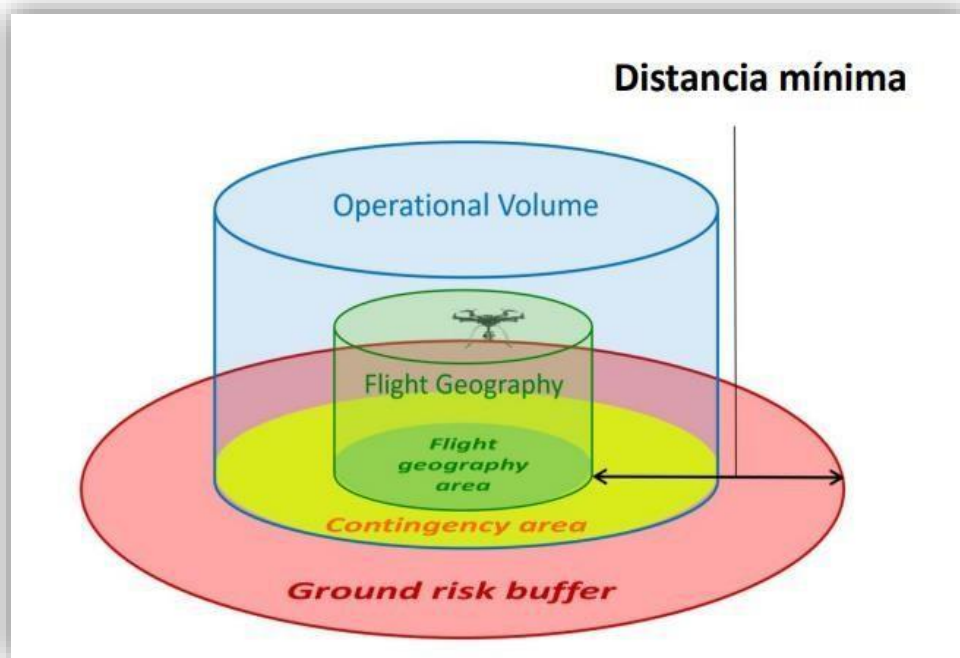


Figura 6. Geografía de vuelo.

Referencia: Guía para operadores de RPAS sobre Procedimientos de: Habilitación y Autorización (España)

La geografía del vuelo debe incluir el área que abarca la operación normal. Debe contemplarse:

- errores de posicionamiento.
- precisión y habilidad del piloto o de los sistemas de autopiloto.
- error en la definición de las trayectorias;
- cualquier riesgo particular relevante (por ejemplo. granizo, hielo, nieve, interferencia electromagnética, etc.).



## **DESCRIPCIÓN DE LAS RPA Y COMPONENTES CONEXOS**

Aeronaves pilotadas a distancia.

Una aeronave se define como toda máquina que pueda sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra. Una aeronave que se prevea volará sin piloto a bordo se clasifica como no tripulada. Una aeronave no tripulada que es pilotada desde una estación de pilotaje a distancia es una RPA.

Componentes conexos.

Las RPA son pilotadas desde RPS utilizando un enlace de mando y control (C2). Junto con otros componentes como el equipo de lanzamiento y recuperación, si se utiliza, la RPA, la RPS y el enlace C2 constituyen un RPAS.

Una RPA puede pilotarse desde una de varias RPS durante un vuelo; no obstante, solo una RPS debería estar en control de la RPA en un determinado momento en el tiempo.

Estación de pilotaje a distancia (RPS).

La RPS es el componente del RPAS que contiene el equipo utilizado para pilotar la RPA. La RPS puede variar desde un dispositivo manual hasta una estación con varias consolas. Puede estar emplazada en el interior o en el exterior; puede ser estacionaria o móvil (instalada en un vehículo/barco/aeronave).

## Enlace C2

El enlace C2 conecta la RPS con la RPA para fines de dirigir el vuelo. El enlace puede ser de tipo simple o dúplex. Puede ser por visibilidad directa de radio (RLOS) o más allá de la visibilidad directa de radio (BRLOS).

## **SUGERENCIA DE MANTENIMIENTO PARA LOS RPAS O SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MÁS COMUNES JUNTO CON LA FORMA DE SOLUCIONARLOS**

Los operadores de RPAS que lleven a cabo operaciones aéreas especializadas y/o vuelos experimentales deberán establecer un programa de mantenimiento acorde a las necesidades de cumplimiento relativos al programa de mantenimiento. Este programa se realizará en base al Manual de Mantenimiento proporcionado por el fabricante del RPAS y debe comprender por lo menos lo siguiente:

- Revisión de la batería
- Revisión de la batería
- Comprobación de los motores
- Comprobación de las hélices
- Comprobación del estabilizador y la cámara
- Comprobación del Sistema de Posicionamiento Visual

Una vez montado el RPAS y antes de su primer vuelo, se realizará una revisión completa, donde se incluirá una verificación de la estructura en general, de la configuración y de la operatividad del sistema. Serían tareas de mantenimiento típicas de esta revisión:

- Revisión de todos los elementos: Estructura, envoltura, equipos y sistemas, motores, distribuidora de potencia, hélices/rotores, transmisiones, conectores eléctricos, cableado, tornillería en general, luces, pintura, sistemas de emergencia, fijación placa identificativa, rotores, varillas, plato oscilante, porta palas, ejes, estabilizadoras, piñones, coronas, bolsa de gas, góndolas, tuberías, filtros, depósitos.
- Rellenar líquidos, fluidos y combustible: Presión de neumáticos, estado del tren de aterrizaje, carga y recarga de gas, en caso de contar con ello.
- Batería: Comprobación de las baterías, incluyendo estado de carga y sujeción de las baterías al vehículo.
- Prueba funcional en tierra: Calibración y comprobación de sensores y equipos necesarios para realizar las operaciones pretendidas, comprobar su operatividad, instalación de la versión de software adecuada y comprobación de su operativa, ejecutar las pruebas funcionales definidas por el fabricante, funcionamiento de los equipos de comunicación-data link, funcionamiento del equipo de transmisión de video, potencia y calidad de la señal, comprobación de funcionamiento correcto de los equipos de navegación (autopiloto y estabilizadora) y sensorica embarcada (GPS, barómetro, giróscopo, etc), configuración y calibración, comprobación correcta fijación y funcionamiento de la carga de pago, prueba funcional en vuelo (Comprobar el correcto funcionamiento de la aeronave en sus distintos modos de vuelo y prueba de todas las funcionalidades avanzadas).
- Comprobación pre-vuelo: Inspección llevada a cabo antes del vuelo para asegurar que el RPAS está en condiciones para realizar el vuelo previsto de forma segura.
- Documentación: necesaria que el personal del operativo debe llevar siempre consigo.
- Estructura de la aeronave: Revisión de golpes, fisuras o desajustes en chasis, fuselaje, superficies estabilizadoras, tren de aterrizaje, brazos, carenado, antenas, superficies móviles, envoltura y carga de gas, centro de

gravedad. Fijación de la tornillería con pegamento anti-vibraciones. Placa identificativa.

- Rotores: Revisión de limpieza, golpes, fisuras o desajustes en el sistema de transmisión de potencia, superficies móviles y estabilización del plato cíclico, plato colectivo y varillas, portapalas, eje de transmisión, estabilizadora, tornillería, piñón, corona, etc...
- Motores (eléctricos y combustión): Limpieza general, bujes de las palas, sujeción a los brazos, ausencia de olores extraños, sujeción motora a la bancada, comprobar alimentación de combustible, refrigeración, lubricación, encendido, depósito combustible comprobar impurezas.
- Hélices o Palas: Ajuste de estas y sentido de giro, estado físico (Limpias, sin fisuras o síntomas de fatiga, sin erosiones ni desgastes y correctamente equilibradas).
- Energía o Baterías de la Aeronave: Comprobación visual, sin golpes, ni hinchadas, ni perforadas. Verificar equilibrado de celdas con tester. Medir nivel de carga pre-vuelo y post-vuelo. Estado cables y conectores.
- Cableado General: Estado cables, sin roturas, ni desgastes, conectores en buen estado.
- Luces LED y/o pintura: Luces de Posición/Navegación y de códigos no fundidas. Conservación correcta de la pintura.
- Carga de Pago: Fijación y movimientos correctos del gimbal.
- Posicionamiento y Calibración GPS y Compás: GPS fijado y memorizado, compases calibrados.
- Emisores: Correcta posición de interruptores (Attitude, GPS, Fails Safe, etc.), Sticks en posición 0, movimientos libres de los sticks, antenas correctamente fijadas, correas y arnés de sujeción en buen estado, selección aeronave en la pantalla, activación cronometro, nivel batería.
- Pantalla FPV: Correcta información y transmisión IOSD, de imagen FPV, potencia de señal, número de satélites, viseras anti-reflejo correctamente ajustadas.
- Actualización de Software: Verificar la versión implementada y su correcta operatividad.
- Comprobación de la potencia y calidad de la señal de control.

- Prueba Funcional: Encendido de la aeronave, comprobar luces y sonidos de diagnóstico, arranque de motores, verificación correcto giro y velocidad de todos, ausencia de vibraciones, despegue estacionario a 2m del suelo, cabeceo suave hacia delante y atrás, alabeo derecha e izquierda, giro de guiñada derecha e izquierda. En avión comprobar en tierra el correcto movimiento de las superficies móviles de control (Alerones, timón profundidad y dirección, flaps, asegurar que los mandos no están invertidos).

Acciones para minimizar el error humano en la operación del RPAS.

- Para evitar el error humano se deben tener precauciones e instrumentos como:
- Tener una distancia mínima de las personas a el RPAS
- Volar en una zona con clima despejado
- No sobrevolar por personas que no estén relacionadas con el
- RPAS o no sin algún tipo de protección

Para automatizar esto y evitar el error humano existe el software del propio RPAS el cual regula todo lo que el RPAS puede llegar a hacer esta es de las partes más importantes pues va a decidir lo que este reglamentado por el software o activado por mano propia en el software lo cual hace que se reduzca del error humano en muy grandes proporciones esto si es capaz el software por esto es de las principales razones por las que las RPAS que no cuentan con algún software son mucho más propensas a cometer algún error y esto por culpa humana.

## **ACCIONES PARA MINIMIZAR EL ERROR HUMANO EN LA OPERACIÓN DE LOS RPAS**

Para evitar el error humano se deben tener precauciones e instrumentos como:

- Tener una distancia mínima de las personas al RPAS.
- Volar en una zona con clima despejado.
- No sobrevolar por personas que no estén relacionadas con el RPAS o no sin algún tipo de protección.

## **CONCLUSIONES**

El uso seguro de RPAS requiere tanto de mejoras tecnológicas, como de educación de la sociedad, y de una regulación clara que sea capaz de adaptarse a los cambios tecnológicos.

Se prevé que una vez que las tecnologías maduren, la sociedad aceptará cada vez más su uso. De igual manera, una vez que las operaciones sean lo suficientemente seguras y la sociedad se familiarice y respete la regulación actual, ésta podría comenzar a flexibilizarse. Una dificultad radica en que muchas de las inversiones para la mejora de tecnología que permiten operaciones más seguras, requieren de la certidumbre que brinda la regulación. Por lo tanto, para evitar formar un círculo vicioso, es recomendable que todos los actores interesados colaboren para disminuir los riesgos actuales.

**PRESENTAN LOS ALUMNOS DE:**

**CENTRO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS**  
**NO. 19 “LEONA VICARIO”**  
**GRUPO 3IV03**  
**DIC. 2022**

Todo usuario puede reproducir, distribuir, adaptar, traducir y presentar en público la presente publicación, a condición de que el contenido esté acompañado por la mención del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No.19 “Leona Vicario” como fuente y, si se procede, debe indicarse claramente que se ha modificado al contenido original.

Las adaptaciones/traducciones/productos o derivados no deben incluir ningún emblema ni logotipo oficial, salvo que hayan sido aprobados y validados por “CECyT No. 19”. Para obtener la autorización ponerse en contacto con la institución.

**Datos de contacto.**

Número telefónico del “CECyT No.19”: 55 5729 6000/55 57296300

Coordinadora: Lirio Desiderio López

Correo Electrónico (coordinadora): [ldesiderio@ipn.mx](mailto:ldesiderio@ipn.mx)