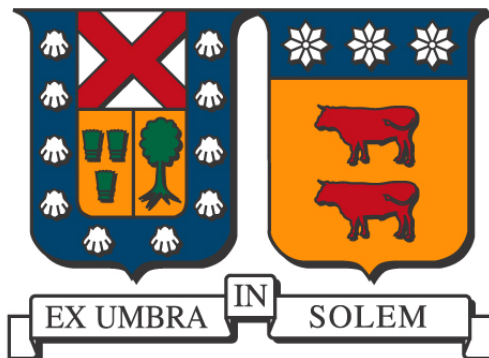


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

ACADEMIA DE CIENCIAS AERONÁUTICAS

SANTIAGO-CHILE



PROPUESTA DE CONTENIDOS PRÁCTICOS Y TEÓRICOS PARA LA  
REALIZACIÓN DE UN CURSO DE OPERADOR DE RPAS

MARIO EMILIO NÚÑEZ NAVARRETE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA : SR. OSVALDO BAHAMONDES M.  
PROFESOR CORREFERENE : SR. RODRIGO SUÁREZ V.

SEPTIEMBRE 2016

## AGRADECIMIENTOS

Esta memoria de título va dedicada a todos lo que de alguna manera fueron parte de mi alargaaaaado y sufrido pero pulento proceso universitario, y más aún aquellos que han estado conmigo desde el comienzo (cabro chico, Tocopilla).

No creo en un dios así que lo más grande es la familia, mi familia que, aunque no la elegí es la más bacán. A mi mamá por haber soportado tantas pelotudeces (y haberse enojado tantas veces...), a mi papá por no enojarse nunca y entenderme (supongo), a la Ita por ser un@ de mis mecenas e incluirme en sus oraciones. Al tío Lalo y la Ruti por haberme acogido cuando chico y ser mis otros papás. A la Ani por CO. Al Balú y la Federica. Y a toda la parentela, que está cuando necesito.

Mención especial y más que honrosa a la Pachy, por ser tan monki y mi platinum sponsor, acogerme en su casa cuando valía callampa y soportarme tanto tiempo.

A los amigos, los de verdá. Al Ñaña por el rocanrol. A las basuras que conocí en la u y especialmente a los cabros Pablo, Alexis, Nacho, Nico, Villi, Guatón, Camilo, Silvestre por tantos litros, carretes y casi incendios. A la Cata y la Cami. A las cachorritas (1313). Al CECA 2012-2013. A la Victoria Fullerton por alimentar al Nacho y recibirme en su casa (y alimentarme a mi también).

A la gente del ranin, al Cucho por la beca y la buena onda, la Kata por el cariño. A la Caro, Miguel, Seba, Tico, Michelle por los kilómetros y litros. Al Mati por la revisión técnica, a Patricio Carlos por maltratarnos con el plan. Y en general para todos los Running Academy (arriba Parque Forestal).

A toda la gente de la universidad que fue aporte. Andreita, el César, a Fulvia por el salvavidas, la comprensión y la ayuda. Y en general a la gente de la ACA por la buena onda y disposición siempre que hacía que nos envidiaran en los CF.

Al Pinto.

A todos, gracias. Por fin terminé. SALUD!

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de título presenta una arista de investigación en cuanto a las aeronaves no tripuladas, la cual se ubica en lo que es la preparación y entrenamiento de los operadores de RPAS.

Se estudió distintos casos en el mundo que reflejan no tan sólo que hay preocupación de la aviación en general por integrar de manera segura las operaciones de drones a lo largo del planeta sino que también las *performances* y aplicaciones de estas aeronaves avanzan a pasos agigantados, por lo que se necesitan regulaciones acorde a los nuevos tiempos que permitan la interacción con aeronaves “tradicionales” de modo que sea beneficioso para todas las partes.

Se elaboró una clasificación de RPAS que permite bajo ciertos parámetros estandarizar la gran cantidad de características y con ello los tipos de drones que existen actualmente y además se incluyó en dicha clasificación la que rige para aeronaves tripuladas y utilizada por la Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile, de manera de entregar un mayor entendimiento entre el mundo tripulado y el no tripulado.

Asimismo se analizó el contenido de las actuales regulaciones tanto en Chile como en el caso específico de Australia, Estado pionero en desarrollar una normativa específica para RPAS, y se vio cuál es el contenido de los actuales cursos para obtener una licencia de piloto remoto y las diferencias entre sí.

Además de aquello se conversó con personas ligadas tanto al negocio de la aviación no tripulada como a la autoridad aeronáutica de Chile, las cuales dieron sus impresiones tanto en lo que respecta a los RPAS y su integración en general como la preparación y entrenamiento de quienes deben maniobrarlos.

Se analizó el contenido teórico de la carrera de Piloto Comercial dictada por la Academia de Ciencias Aeronáuticas de la Universidad Técnica Federico Santa María en conjunto con la normativa DAN 141, con el fin encontrar similitudes que puedan ser aplicables y transversales para la preparación de pilotos remotos de RPAS.

Con los insumos que entregó el desarrollo del trabajo se construyó la Propuesta de contenidos prácticos y teóricos para la realización de un curso de Operador de RPAS y finalmente, tomando en cuenta la propuesta se valorizó el mínimo de costos necesarios que se requiere cubrir para poder implementarla en algún centro de formación o instrucción aeronáutica.

## **ABSTRACT**

This paper presents an edge title research regarding unmanned aircraft, which is located in the preparation and training of RPAS operators.

Different cases in the world that reflect not only to be concern general aviation to integrate safely operations drones along the planet were studied but also their performances and applications. These aircraft are advancing by leaps and bounds, so that regulations are needed according to the new times that can allow interaction with "traditional" aircraft so that could be beneficial for all parties.

A classification for RPAS was developed that allows under certain parameters standardize the plethora of features and thus types of drones that currently exist and also were included in this classification which applies to manned aircraft and used by the Dirección General de Aeronáutica Civil of Chile, so as to provide a greater understanding between the manned and unmanned aviation.

The content of current regulations in Chile and in the specific case of Australia, State pioneer in developing specific rules for RPAS was also analyzed, and the content of existing courses to obtain a license remote pilot and differences between them.

In addition to that, conversations with people linked to both the business unmanned aviation and the aviation authority of Chile were made, which gave their impressions as regards the RPAS and their integration and the preparation and training of those who must operate them .

The theoretical content of the career Commercial Pilot issued by Academia de Ciencias Aeronáuticas of Universidad Técnica Federico Santa María in conjunction with the rules DAN 141 were analyzed, to find similarities that may be applicable and cross for the preparation of RPAS's remote pilots.

With those inputs delivered, the proposal of practical and theoretical contents for the completion of a course for RPAS Operators was elaborated and finally, taking into

account the basic costs required to implement in a training center or aviation training academy was valued.

## **PALABRAS CLAVES**

Aeronaves, Aviación, Industria Aérea, Aeronáutica, Regulación, RPAS, UAS, Aeronaves no tripuladas, Aeronaves Pilotadas a Distancia, UAV, Drone, DAN 151, DAN 141, DAN 91, DAR 01, Código Aeronáutico, DGAC, OACI, OTAN, EASA, CASA, Seguridad Operacional, JARUS, SESAR, ACA, USM, Academia de Ciencias Aeronáuticas, curso de Operador de RPAS.

## **KEYWORDS**

Aircraft, Aviation, Air Industry, Regulation, Aeronautics, RPAS, UAS, Unmanned Aircraft, Remotely Piloted Aircraft, UAV, Drone, DAN 151, DAN 141, DAN 91, DAR 01, Código Aeronáutico, DGAC, ICAO, NATO, EASA, CASA, Safety, JARUS, SESAR, ACA, USM, Aeronautical Science Academy, RPAS Operator's course.

## **Tabla de contenido**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>I. ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>15</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
Objetivo General .....	20
Objetivos Específicos.....	20
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
<b>ALCANCE .....</b>	<b>22</b>
<b>VIABILIDAD.....</b>	<b>23</b>
<b>II. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>24</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>24</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>28</b>
Circular 328 OACI.....	28
Plan de integración SESAR .....	30
Seminario RPAS, Universidad Federico Santa María .....	34
Código Aeronáutico Chile.....	35
<b>III. DESARROLLO .....</b>	<b>37</b>
<b>CLASIFICACIÓN RPAS .....</b>	<b>37</b>
<b>ANÁLISIS REGULACIÓN CHILENA .....</b>	<b>41</b>
DAN 151 .....	41
Clases de operación de RPAS en Chile.....	44
<b>ANÁLISIS REGULACIÓN OTROS ESTADOS .....</b>	<b>46</b>
Caso Australia .....	46
Caso RPAS Training & Solutions.....	49
Caso Total RPA.....	50
<b>DAN 141 Y SUS DISPOSICIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>CONVERSACIÓN CON EXPERTOS Y PLAN DE PILOTO PRIVADO .....</b>	<b>60</b>
Conversación con Roberto Valdebenito.....	60
Conocimientos Piloto Privado y RPAS.....	61
Conversación con Ariel Marinkovic .....	62
Curso de Piloto Privado .....	63

<b>PROPUESTA FINAL .....</b>	<b>68</b>
Formación .....	68
Plan de estudios .....	69
Instrucción práctica .....	72
Perfil de ingreso .....	73
Evaluación económica de implementación .....	75
<b>IV.    CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>

## Índice de Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1: ACTUAL ESCENARIO DE LA AVIACIÓN SEGÚN EASA .....	16
ILUSTRACIÓN 2: FUTURO ESCENARIO DE LA AVIACIÓN SEGÚN EASA.....	16
ILUSTRACIÓN 3: PROPUESTA DE DIVISIÓN DEL ESPACIO AÉREO PARA EL USO DE RPAS DE LA EMPRESA AMAZON.....	17
ILUSTRACIÓN 4: LÍNEA DE TRABAJO (MARCADO EN ROJO) PARA EL DESARROLLO DE ESTA MEMORIA. ....	32
ILUSTRACIÓN 5: EJEMPLO DE TRIPULACIÓN REMOTA DE RPAS REQUERIDA EN AUSTRALIA. .....	47
ILUSTRACIÓN 6: MALLA CURRICULAR CARRERA PILOTO COMERCIAL .....	64
ILUSTRACIÓN 7: PROPUESTA DE MALLA CURRICULAR OPERADOR DE RPAS .....	69
ILUSTRACIÓN 8: PROPUESTA DE HORARIO PARA EL CURSO DE OPERADOR DE RPAS .....	71

## Índice de Tablas

TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE RPAS DE DISTINTOS ESTADOS.....	38
TABLA 2: PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE RPAS. ....	39
TABLA 3: RAMOS Y HORARIOS DEL CURSO DE PRECADET. ....	45
TABLA 4: CLASIFICACIONES DE RPAS DE AUSTRALIA. ....	46
TABLA 5: COMPARACIÓN CURSOS EN CHILE Y AUSTRALIA.....	51
TABLA 6: DISTRIBUCIÓN DE HORAS PEDAGÓGICAS DEL CURSO DE OPERADOR DE RPAS..	70
TABLA 7: DESIGNADORES DE CADA ASIGNATURA DEL CURSO DE OPERADOR DE RPAS ...	71
TABLA 8: DISTRIBUCIÓN DE HORAS DE ENTRENAMIENTO PRÁCTICO CURSO OPERADOR DE RPAS .....	73
TABLA 9: LICENCIAS QUE CONVALIDAN CONTENIDOS EN EL CURSO OPERADOR DE RPAS	74
TABLA 10: DISTRIBUCIÓN DE HORAS POR ASIGNATURA PARA CONVALIDACIONES.....	74
TABLA 11: COSTO DE PROFESORES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CURSO OPERADOR DE RPAS .....	75
TABLA 12: VALORES DE LOS INSUMOS BÁSICOS PARA IMPLEMENTAR EL CURSO OPERADOR DE RPAS .....	75

TABLA 13: COSTO FINAL DE LA IMPLEMENTACIÓN BÁSICA DE LA PROPUESTA DEL CURSO

OPERADOR DE RPAS ..... 76

## INTRODUCCIÓN

Desde el auge de la Segunda Guerra Mundial la aviación ha tenido un crecimiento sostenido, impulsado por las necesidades militares de la época. Conforme las tecnologías han ido avanzando en la carrera armamentista, las distintas aeronaves han ido adoptando nuevas capacidades, *performances* y utilidades.

Con el paso del tiempo las tecnologías militares han ido satisfaciendo necesidades civiles, adaptándose a sus requerimientos. Es en este aspecto que los desechados bombarderos y aviones de carga encontraron un nuevo uso transportando pasajeros y carga de diversa índole e iniciando la era comercial. Análogamente, la creación de misiles automatizados dio pie para el desarrollo de aeronaves no tripuladas capaces de sobrevolar territorios en misiones de espionaje y más adelante cargando armamento.

Es este desarrollo el que ha ido mutando desde lo militar al uso diario civil, formando un nuevo negocio en la aviación comercial y recreativa, entregando nuevas herramientas al mundo para operar en lugares donde las aeronaves tradicionales no pueden, se habla de los Remotely Piloted Aircraft System (desde ahora en adelante RPAS).

El uso de RPAS civiles ha aumentado de gran manera<sup>1</sup> desde su irrupción debido principalmente a su tamaño, el cual facilita su manejo, su capacidad de llegar a lugares donde una aeronave tradicional no podría, su costo relativo y el abanico de aplicaciones actuales y potenciales que poseen.

Sin embargo existe otro grupo de RPAS que no difieren en cuanto a sus dimensiones de los aviones convencionales, los cuales están hoy en día destinados mayoritariamente a sus uso militar. Pese a ello se puede vislumbrar en el horizonte una aplicación civil para aeronaves que se desarrollen a partir de su homólogo militar, abriendo un amplio espectro de utilidades y posibilidades de negocio para la aviación comercial.

---

<sup>1</sup> (Finnegan 2015)

A mayor cantidad de operaciones, mayor posibilidad de ocurrencia de incidentes y accidentes, por lo tanto cabe preguntarse ¿está la actual regulación capacitada para velar por la seguridad operacional de los RPAS existentes?

La Organización de Aviación Civil Internacional (desde ahora OACI) trabaja actualmente en la redacción de las Prácticas y Estándares Recomendados (SARP's por su sigla en inglés) que regularán este tipo de aeronaves, sin embargo según la hoja de ruta que se ha publicado no será hasta el año 2018 que las operaciones, licencias y entrenamiento tendrán una regulación recomendada por el organismo multinacional. Para el período intermedio hasta dicha fecha, la OACI sugiere que cada Estado adopte las reglas que considere necesarias para regular internamente las operaciones de RPAS.

Como se comentó anteriormente el desarrollo de la aviación no tripulada no es algo nuevo, y junto con su evolución en cuanto a capacidades y *performances* también ha ido adquiriendo distintas denominaciones. Es así como en sus primeros años ya se les conoció popularmente como “drone”, nombre que hace referencia en inglés a un tipo de abeja o zángano. Dicha designación se hizo extendida por un par de décadas hasta que se empezó a acuñar la sigla RPV (Vehículo Pilotado a Distancia). En la década de los 80 se les calificó como UAV (Vehículo Aéreo no tripulado), sin embargo no existía total consenso en el nombre dado que conceptualmente no consideraba todo lo que se quería representar. A principios del presente siglo se llegó a la denominación de UAS (Sistema Aéreo no tripulado), el cual engloba en su definición no tan sólo al vehículo aéreo sino que también su estación terrestre de control como los equipos de apoyo en tierra. Si bien nombre UAS es el que han adoptado organizaciones internacionales como la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y la OACI, hoy en día se ha propuesto utilizar el término RPAS (Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia) debido a que en términos legales y/o regulatorios hacen referencia al componente del control humano sobre la aeronave y las estaciones que componen el sistema total.

Para efectos de este trabajo se tratará principalmente la denominación RPAS, utilizándose como sinónimo los términos UAS y drone.

## I. ANTECEDENTES GENERALES

### JUSTIFICACIÓN

La utilización de sistemas aéreos no tripulados ha ido en franco crecimiento desde su creación, allá por el año 1918. Desde dicha fecha a la época su desarrollo se ha llevado a cabo bajo el alero del sector militar, el cual le ha encontrado funciones tanto tácticas como operacionales y de apoyo.

Hoy en día la capacidad de producción de estos sistemas mueve miles de millones de dólares, y en este aspecto Latinoamérica no se ha quedado atrás. Hacia el año 2013 la región poseía cerca del 9% de empresas productoras de RPAS del mundo<sup>2</sup>.

Se estima que el mercado militar mundial podría alcanzar cifras de hasta 45.000 millones de dólares entre los años 2011 y 2020<sup>3</sup>, por lo que la industria debe estar preparada para acoger dicha demanda. Dentro de este punto es importante ver que una alta capacidad de producción militar puede generar la misma capacidad potencial de producción para aeronaves de uso civil.

Pensando que la evolución militar-civil de estos sistemas de aeronaves no tripuladas se comportará de manera similar a como lo hicieron los aviones a mediados del siglo XX, será inevitable que el uso comercial a gran escala aparezca inminentemente.

---

<sup>2</sup> (Calvo, HerranzCalvo 2014)

<sup>3</sup> (Calvo, HerranzCalvo 2014)



Ilustración 1: Actual escenario de la aviación según EASA

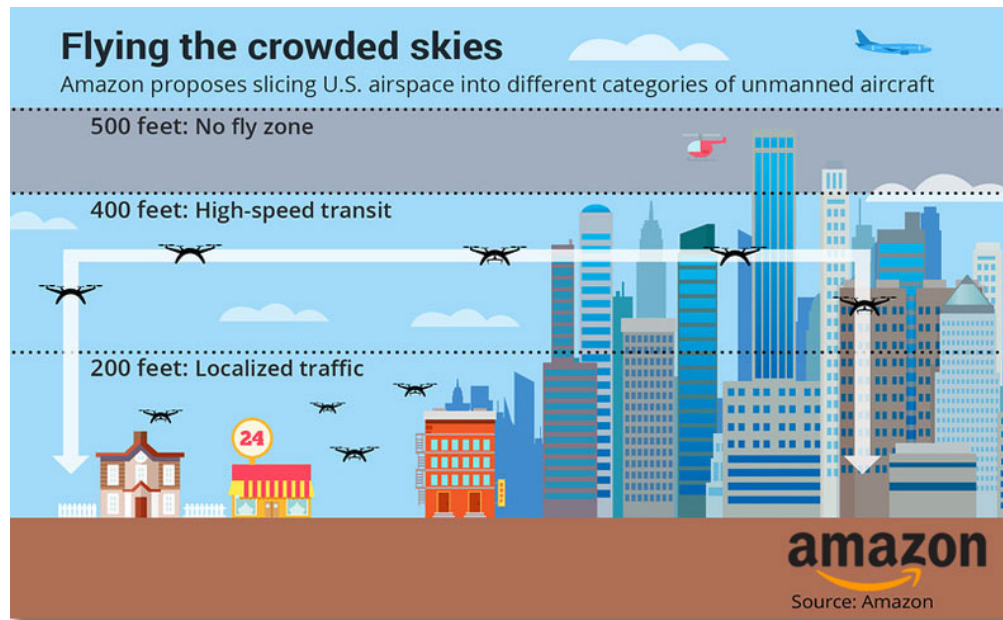


Ilustración 2: Futuro escenario de la aviación según EASA

Sin ir más lejos, y a modo de ejemplo, la compañía norteamericana Amazon está desarrollando un plan para repartir encomiendas y correo con sistemas de aeronaves no tripulados<sup>4</sup>. Si bien este primer paso incluye aparatos que no interfieren en el espacio aéreo controlado, da el puntapié inicial para un mercado que del punto de vista de la

<sup>4</sup>(24/7 Staff 2015)

innovación parece tener futuro, y que podría eventualmente apuntar a competir con aviones, en su espacio, en su dominio.



*Ilustración 3: Propuesta de división del espacio aéreo para el uso de RPAS de la empresa Amazon.*

Sin embargo, el uso comercial de RPAS estará supeditado a las regulaciones aéreas que cada Estado imponga. Las restricciones que existen para que estos aparatos utilicen el espacio aéreo controlado vienen dadas principalmente por la falta de control que se puede tener sobre ellas al no contar con un piloto a bordo, lo que presume un alto riesgo en la seguridad operacional tomando en cuenta que comparte el espacio aéreo con aeronaves tripuladas tanto de carga como de transporte de pasajeros. Por otro lado se puede apreciar que existe una dificultad de poder identificarlos correctamente, debido a que no existe una única clasificación estándar aceptada. Dicho problema se genera por su diversidad, los distintos tipos de misiones o capacidades que pueden aportar y porque a diferencia de las aeronaves tradicionales, los RPAS constan de un lado aire (la aeronave como tal) y un lado tierra (sistema de control, de recuperación, comunicación, etc.).

A su vez, la capacitación, entrenamiento, certificación y licencias requeridas para poder operar de manera operacionalmente segura un UAS actualmente en Chile se centra en la utilización del espacio aéreo segregado y no toma en cuenta el progreso

potencial y las distintas aplicaciones que la explotación comercial de aeronaves no tripuladas pueden llegar a hacer, principalmente debido a que su función es normar de manera transitoria aquellas actividades que resulten indispensables para la comunidad como por ejemplo su utilización en catástrofes naturales, las que a menudo ocurren a lo largo del país, dejando el resto de las operaciones a regular un paso más atrás en la escala de prioridades y con ello también la existencia y certificación de escuelas de Operadores de RPAS.

Actualmente la normativa vigente en Chile, el DAN 151<sup>5</sup>, fija las bases para regular (tal cual como describe su título) las “operaciones de RPAS en asuntos de interés público que se efectúen sobre áreas pobladas”. Dicha regulación se aplica a aeronaves no tripuladas de hasta 9 kg de Peso Máximo de Despegue (PMD), teniéndose que evaluar caso a caso la operación de algún dispositivo que no esté explicitado en el texto, lo cual puede resultar engorroso y poco eficiente además de no dejar estipulado un estándar para aprobar o no la realización de los distintos trabajos.

Con todo lo anterior es posible ver que además de una reformulación o enmienda de la normativa chilena, se necesitan academias de formación aeronáutica capaces de entregarle a la comunidad Pilotos Remotos capaces de entender el entorno en el cual están operando, de manera de realizar su trabajo de forma segura y eficiente. Al igual que las escuelas de vuelo lo hacen para la formación de pilotos de aviones o helicópteros. Por ello la interrogante que surge de este dilema es: si un piloto comercial tradicional necesita ciertos conocimientos teóricos y prácticos sobre el funcionamiento integral del sistema aeronáutico, ¿qué competencias debiera tener un operador de RPAS que interactúe en el espacio aéreo controlado?

En el contexto de la aparición de nuevas tecnologías y sus usos en el ámbito civil comercial se requiere contar con cursos de formación de Pilotos u Operadores de RPAS que se encuentren a la vanguardia y con una calidad certificada, incorporando en ellos tanto las actuales necesidades de la industria aeronáutica, como teniendo en cuenta las que a futuro puedan representar la evolución de la aviación civil, de forma que su

---

<sup>5</sup> (Dirección General de Aeronáutica Civil 2015)

desarrollo avance hacia el futuro sin frenos administrativos ni burocráticos y de manera responsable, pensando siempre en mantener el orden en los cielos del país y su correcta explotación al mismo tiempo que se resguarda la seguridad de las operaciones y con ello la integridad de las personas.

## OBJETIVOS

### *Objetivo General*

Proponer contenidos prácticos y teóricos para la realización de un curso de operador de RPAS, tomando en cuenta los conocimientos básicos que se requiere para ello además de estimar el costo de su implementación.

### *Objetivos Específicos*

- Analizar los requisitos de la actual regulación nacional para operar un RPAS y componer una clasificación de aeronaves pilotadas a distancia.
- Analizar las regulaciones internacionales y relacionarlas con la realidad chilena.
- Relacionar los conocimientos requeridos para obtener licencia de piloto de una aeronave tripulada con los que debería tener un operador de RPAS.
- Generar la propuesta del curso de Operador de RPAS incluyendo su diseño y costo preliminar de implementación.

## METODOLOGÍA

Para poder desarrollar este trabajo, se llevará a cabo una investigación de tipo teórica sobre los requisitos que debiera cumplir un operador de RPAS que trabaje regularmente en el espacio aéreo controlado, donde convivirá y cohabitará con aviones, helicópteros, etc.

Para ello, se espera analizar de manera objetiva la situación actual y futura para luego en base a dicho análisis proyectar una guía que marque los pasos a seguir en cuanto a las certificaciones al personal necesarias para el desarrollo comercial de los UAS en el país.

El modelo para lograr los objetivos planteados se figura de la siguiente manera:

- 1) Realizar una investigación bibliográfica sobre las actuales regulaciones de la DGAC para el uso comercial de RPAS en espacio aéreo nacional, haciendo énfasis en los requisitos para operar este tipo de aeronaves.
- 2) Realizar una investigación bibliográfica con el mismo enfoque a la anterior, pero explorando regulaciones de otros países, tanto de la región como del resto del mundo.
- 3) Estudiar las distintas clasificaciones existentes para UAS en la bibliografía existente y ajustarlas (de ser necesario) a la realidad nacional para formular una clasificación utilizable en Chile.
- 4) Realizar entrevistas a personas con experiencia en el manejo y operación de RPAS en Chile, tanto del mundo civil como militar, como también de personas que estén insertas en el mercado nacional y realicen trabajos regulares con este tipo de artefactos.
- 5) Recopilar la información obtenida y concluir sobre las necesidades y conocimientos básicos requeridos para operar comercialmente RPAS en el espacio aéreo nacional.

## ALCANCE

El objetivo general de este trabajo es proponer a la comunidad aeronáutica chilena los contenidos básicos que debiera tener un curso para la operación de RPAS en el espacio aéreo controlado chileno.

Esto quiere decir que se busca encontrar y proponer el desarrollo de un curso que le entregue a un Operador de RPAS los conocimientos que puedan hacer que las operaciones realizadas en dicho espacio aéreo se lleven a cabo de manera fiable y eficiente, manteniendo los estándares actuales de seguridad, logrando una integración entre la aviación “tradicional” y la no tripulada.

Dentro de dicho panorama el estudio que se realiza tiene un carácter exploratorio, debido principalmente a que en la actualidad la regulación aeronáutica civil nacional e internacional reserva el derecho de explotación del espacio aéreo no segregado a aeronaves con tripulación a bordo mediante normativas que se adaptan a sus características y no entregando información particular aplicable a UAS.

Por otro lado, se entiende un alcance de tipo correlacional en el estudio teniendo en cuenta que ya se realizan operaciones de aeronaves pilotadas a distancia con otras características a las que la regulación nacional (DAN 151) indica, estas llevadas a cabo principalmente en el ámbito militar, por lo que el conocimiento que puede aportar a la investigación dicha experiencia en cuanto a su desarrollo en el mundo civil es básico para identificar y predecir en cierta manera distintas dificultades que puedan surgir en su aplicación, además de suministrar como insumo el comportamiento y performances de distintos UAS en condiciones de menor presión atmosférica, temperatura y densidad del aire donde trabajan. De igual manera dichos datos pueden llevar al desarrollo de un estudio de tipo descriptivo.

Aún teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, no se descarta que durante el progreso de este trabajo se encuentre(n) elemento(s) que puedan hacer que el tipo de alcance varíe, entregando nueva información que no se tenía en cuenta en un aspecto inicial.

## VIABILIDAD

Debido a la inexistencia actual de operaciones comerciales no tripuladas en el espacio aéreo controlado nacional, este trabajo apunta a futuro y entrega una guía para el momento en que los recursos técnicos estén disponibles en el mercado para poder realizarlas, de manera de agilizar el proceso de regulación de dichas operaciones.

Ante lo señalado, la viabilidad de esta propuesta abarca desde el sector público regulatorio hasta las empresas que potencialmente podrían explotar RPAS, como aquellas que puedan prestar servicios de certificación de operadores remotos bajo el alero de la DGAC.

Como esta memoria plantea recoger opiniones expertas de gente entendida en el mundo de los UAS y su operación, se espera que sea de ayuda para el desarrollo de la aeronáutica nacional, abriéndose paso al uso de nuevas tecnologías y poniéndose a la vanguardia de los tiempos actuales orientando el futuro estado de la aviación comercial mundial, de manera de integrar de forma segura y exitosa las aeronaves no tripuladas dentro de espacio aéreo que hoy y desde hace más de 100 años dominan aviones y helicópteros, en su mayoría.

## II. ESTADO DEL ARTE

### ANTECEDENTES

El negocio de la aviación ha buscado a lo largo de su existencia un desarrollo que permita, como en la mayoría de los negocios, rentabilidad y eficiencia pero también se ha embarcado en la búsqueda de nuevas tecnologías que ayuden a impulsar el sector en pos de aumentar tanto la seguridad, la protección del medio ambiente y la versatilidad que ofrece la industria y con ello la satisfacción total del cliente.

Desde la aparición de las aeronaves no tripuladas y su irrupción en el mundo civil, estas han ido prestando distintos tipos de servicios, y conforme avanzan y crecen sus capacidades las han ido adaptando a trabajos que estaban reservados de manera exclusiva para aeronaves tradicionales.

Sin embargo toda herramienta por muy buena, revolucionaria y útil que sea, no tiene mucho valor en manos de un inexperto pues la capacidad de extraer el máximo potencial de ella disminuye a medida que la ignorancia y falta de práctica es mayor.

En el caso particular de Chile, la explotación del espacio aéreo controlado nacional podría no estar reservada a aeronaves tripuladas convencionales como hoy conocemos, y en un futuro próximo compartir su lugar con sistemas autónomos o piloteados desde una estación terrestre, tal y cual se podrá ver en los ejemplos que se presentarán más adelante, los cuales tienen la particularidad de hacer explícita la necesidad de entender de mejor manera estos dispositivos para estar a la vanguardia del desarrollo tecnológico y aéreo. Para ello se requiere que cada Estado asuma el desafío de abordar el tema con altura de miras y proyección de futuro.

La preocupación por regular y mantener las operaciones de RPAS bajo estándares que proporcionen niveles aceptables de seguridad se extiende a través de los distintos Estados y organizaciones de distintas regiones del planeta que entienden y asumen una visión de futuro, la cual apunta ciertamente a la integración total de dichos aparatos al sistema aeronáutico. Justamente analizando dicho punto, es que no tan sólo

las autoridades estatales o gubernamentales están abogando por la correcta integración de los RPAS al espacio aéreo controlado sino también los privados.

A continuación se presentan ejemplos donde se puede apreciar que la industria aeronáutica en general, mediante el esfuerzo de privados está trabajando actualmente en crear las condiciones para que en un futuro próximo los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia sean un actor más dentro del espacio aéreo no segregado, dando a entender que esto es más que una ambición, sino una creciente realidad:

- Caso NATS-Thales (Reino Unido)

El proveedor de servicios de navegación del Reino Unido, NATS, junto con la empresa aeroespacial y de sistemas Thales realizó un vuelo de tres horas y media de un UAV Thales Watchkeeper sobre los cielos de la Bahía de Cardigan, Gales. De toda la duración del vuelo, una hora se realizó en espacio aéreo controlado del Reino Unido, el cual se enmarca dentro del proyecto CLAIRE (Civil Airspace Integration of RPAS in Europe), cuya misión es demostrar la viabilidad de integrar los UAS en el espacio aéreo civil de manera segura.

- Caso PUCA (Europa)

La Plataforma para Aeronaves no tripuladas de Carga, PUCA (por sus siglas en inglés) es un consorcio integrado por universidades, centros de investigación, empresas fabricantes de aeronaves y de sistemas, el cual busca el desarrollo de la tecnología necesaria para poder construir UAS de carga que utilicen y viajen en el espacio aéreo controlado de forma segura, entendiendo las ventajas que esto provee, desde un ámbito comercial hasta ambiental. Desde el año 2011 se han enfocado en identificar las posibles aplicaciones de una aeronave de carga no tripulada, además de tener en cuenta las consideraciones necesarias para hacer factible su utilización, de manera de presentar una propuesta seria y precisa a la Unión Europea para hacer realidad la integración de estas aeronaves y su adecuada explotación, aprovechando los beneficios de la misma.

Como bien se puede apreciar, la aviación en si apunta a la integración total de los RPAS en los cielos del mundo. La certificación de los pilotos encargados de realizar las

operaciones que se lleven a cabo en dicho espacio aún es una incógnita tanto en su desarrollo como en las distintas legislaciones, sin embargo existen buenas aproximaciones a lo que se piensa como óptimo hoy por hoy, para la tecnología ya existente y comúnmente utilizada.

A continuación se exponen distintos casos donde ya se realizan cursos formales para operadores de RPAS alrededor del mundo, incluyendo en ellas una visión más amplia sobre este tipo de dispositivos que la que existe en Chile, dado entre otras cosas por la experiencia y conocimiento que se tiene en otras latitudes en comparación a la realidad nacional.

- Caso NATS (Reino Unido)

Tal cual se presentó anteriormente la realización de un vuelo de prueba utilizando parte del espacio aéreo controlado bajo la administración de la empresa de servicios de navegación en el Reino Unido (NATS), esta misma empresa dicta un curso para operadores de drones afirmando que al cabo del mismo se tendrá un *operador calificado para satisfacer y resguardar la seguridad operacional y los requerimientos de la autoridad aeronáutica*<sup>6</sup>.

Asimismo, la misma firma cuenta con un programa especial orientado a quienes deseen operar de manera comercial un RPAS, el cual tiene como objetivo enseñar a volar de manera responsable y generando la experiencia necesaria en entrenamiento requerida por la autoridad aeronáutica del Reino Unido.

- Caso esc Aerospace (Alemania y República Checa)

La compañía de softwares y hardwares de aviación esc Aerospace ubicada principalmente en Alemania y República Checa pero con sucursales y oficinas en Bulgaria, Polonia, Austria, Suiza y Ucrania, dicta cursos de operación de RPAS tanto para el área civil como el ámbito militar, *enfocándose en el entrenamiento de la próxima generación de pilotos remotos*<sup>7</sup>, la cual se basa en una preparación teórica, el conocimiento de las leyes vigentes del Estado y entrenamiento práctico.

---

<sup>6</sup>(*Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) course - NATS 2016*)

<sup>7</sup>(*UAV / RPAS Training Center | esc Aerospace 2016*)

- Caso EUROUSC (Europa y otros países)

EuroUSC es una entidad certificada para realizar cursos de Operadores de RPAS y certificarlos ante los 16 distintos Estados en los cuales está presente tanto en Europa, Asia y Oceanía. Su curso se centra en un certificado básico para Piloto Remoto tanto de aeronaves de alas rotatorias, multirrotores y de ala fija bajo 150 kg de PMD, separada en una primera parte teórica y una segunda parte práctica.

- Caso Australia

El caso de Australia se estudiará detalladamente en profundidad en un punto a parte en el desarrollo<sup>8</sup> de este trabajo de título, por considerarlo según el autor una pieza angular de la creación del curso propuesto a lo largo de la presente memoria.

- Caso Chile

En el caso particular de Chile, la Academia de Ciencias Aeronáuticas de la Universidad Técnica Federico Santa María diseñó un curso para operadores de RPAS, el cual fue presentado a la DGAC el año 2014 para su revisión y aprobación.

Cabe señalar que el caso particular de Chile en cuanto a sus disposiciones actuales de la normativa aeronáutica se analizará también más adelante en el desarrollo<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Ver capítulo III. DESARROLLO: Caso Australia.

<sup>9</sup> Ver capítulo III. DESARROLLO: DAN 151.

## MARCO TEÓRICO

El Marco Teórico que sustenta esta investigación se basa principalmente en el aporte que han hecho hasta el momento instituciones multinacionales que han visto en los RPAS un área de trabajo y desarrollo, entendiendo las capacidades y el potencial que pueden llegar a tener y que hoy por hoy ya están demostrando en diversas actividades tanto militares como civiles. Asimismo se expone contenido que grafica en cierta manera cómo se han estructurado hasta el momento los requisitos mínimos para operar u obtener una licencia (credencial) de piloto remoto (operador) de una aeronave no tripulada.

### *Circular 328 OACI*

Uno de los documentos guía de esta memoria es la circular 328 de la OACI *Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*, la cual fue publicada por dicha organización el año 2011 y tiene como objetivos:

- Informar a los Estados la perspectiva que tiene OACI respecto a los UAS;
- Considerar las diferencias entre RPAS y aeronaves tripuladas;
- Alentar a los Estados a contribuir a la elaboración de una política transversal y segura respecto al tema.

Como también explicita el texto, la circular nombrada entiende a los UAS como aeronaves, por lo que la mayoría de las regulaciones existentes tienen injerencia en ellas. Sin embargo reconoce la importancia de entender las cualidades particulares que estos aparatos poseen y pueden entregar y por lo tanto sus propias normativas operacionales para lograr una completa integración en el sistema aeronáutico.

Si bien se reconoce el gran potencial que poseen los UAS y se entiende que en el futuro “*cada categoría de aeronave tendrá posiblemente versiones no tripuladas<sup>10</sup>*”, la circular 328 no concibe dentro de su alcance el transporte de pasajeros a bordo por remuneración aunque no se cierra a la posibilidad, sin embargo explicita que el avance en las regulaciones para que ello ocurra “*sólo se encarará cuando sea necesario*”. Esta

---

<sup>10</sup> (International Civil Aviation Organization 2011)

aclaración da a entender el norte que pretende trazar la OACI mediante el proceso de elaboración de los SAPR's que regirán la aviación no tripulada y este apunta principalmente a la explotación del espacio aéreo de forma comercial y civil enfocándose en el traslado de carga, correo y otras actividades que no revistan el transporte de personas.

Adicionalmente al texto nombrado anteriormente, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) presentó el año 2015 su visión particular respecto a la integración de aeronaves no tripuladas en el espacio aéreo no segregado, en el marco del Simposio sobre Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia, realizado en Montreal, Canadá.

En dicha presentación, la OACI mostró sus objetivos en cuanto a los RPAS:

- Integrar los RPA en el espacio aéreo no segregado y aeródromos.
- Mantener el nivel actual de seguridad operacional para la aviación tripulada.
- Minimizar el impacto con el entorno.

Dentro de lo expuesto se presenta además una hoja de ruta, la cual muestra la evolución del trabajo que lleva a cabo la organización. A continuación se puede ver a grandes rasgos el *roadmap* de la OACI en la integración de RPAS al espacio aéreo no segregado.

- Módulo B1 (disponibilidad sugerida el año 2018)  
Implementación de procedimientos básicos para operar RPAS en el espacio aéreo no segregado.
- Módulo B2 (disponibilidad sugerida el año 2024)  
Procedimientos operacionales mejorados que son capaces de cubrir pérdida del enlace C2 e incluye tecnologías de detectar y eludir.
- Módulo B3 (disponibilidad sugerida el año 2030)  
RPAS aptos para operar en la superficie de aeródromos y el espacio aéreo no segregado como cualquier aeronave tradicional.

También está disponible la hoja de ruta del desarrollo del programa RPAS de la

OACI que cubre materias críticas y esenciales para su aplicación como:

- Licencias
- Certificaciones
- Uso del espectro de frecuencias
- Entorno
- Comunicación/navegación/vigilancia

Entre otras materias. La lista general de los diversos ítems a desarrollar y sus avances esperados en el futuro próximo se encuentran en el Anexo<sup>11</sup>.

A nivel de la industria, se sugiere establecer un vínculo con las autoridades nacionales del(los) Estado(s) que permita compartir información, logros e insumos que apunten a facilitar operaciones armónicas y seguras, dando énfasis en que dicho propósito no es viable de manera autónoma y unilateral y que el progreso en la redacción de una regulación robusta que sustente el negocio a futuro es fruto de la colaboración de todos los actores de la aeronáutica.

A nivel de los Estados, se propone trabajar en conjunto con otros países, organizaciones multinacionales, entidades militares y asociaciones, las cuales pudieran tener mayor experiencia en la operación de UAS, utilizando como insumo para la redacción de las distintas políticas datos de operadores, fabricantes y usuarios que amplíen el espectro de visión, minimizando las opciones de dejar fuera de las normas algún aspecto relevante.

#### *Plan de integración SESAR*

Otra de las organizaciones que presentan un plan a seguir para la integración de la aviación no tripulada en todo el espacio aéreo es SESAR, proyecto de origen europeo que se define como el pilar tecnológico de la iniciativa *Single European Sky* (SES) que pretende reformar y actualizar la estructura de la gestión del tráfico aéreo (ATM) en la región y que en conjunto con distintas entidades europeas tales como: EASA,

---

<sup>11</sup> Ver en Anexos: *Roadmap OACI*

EUROCONTROL, JARUS, ESA, EDA, EUROCAE, EREA, ECA, ASD y UVS International propone tres pilares fundamentales<sup>12</sup> para lograr su objetivo.

Estos tres pilares se presentan de la siguiente manera:

- Regulación
- Plan estratégico de investigación
- Estudio del impacto social

Dicho *roadmap* presenta dentro del ítem de regulación tres características básicas que deben estar cubiertas para comenzar a aproximarse a la integración de los RPAS y que vienen incluidas en el Anexo 1 del Reporte Final<sup>13</sup> publicado por SESAR:

- Licencias al personal
- Aeronavegabilidad
- Operaciones aéreas

Teniendo en cuenta la gran cantidad de tipos distintos de RPAS que se encuentran en la actualidad y los que podrán desarrollarse a futuro, surge como complicación para el entrenamiento y certificación de los operadores la inexistencia de una clasificación transversal y estandarizada de aeronaves no tripuladas. La importancia de dicha clasificación “universal” radica en tener en cuenta qué tipo de entrenamiento y conocimiento debiera tener el piloto remoto para poder operar cada tipo de UAS. Por ejemplo, un piloto remoto de RPAS multirrotores tal vez requiera distintas competencias a las de un piloto de RPAS de ala fija.

Dentro de los distintos tipos de clasificación que se pueden encontrar (dependiendo de dónde se busque) para los RPAS destacan las más utilizadas, las cuales están separadas por distintos criterios como:

- Características físicas: masa, tamaño, método de generación de sustentación, velocidad, etc. Estas características están directamente relacionadas con el Peso

---

<sup>12</sup> (European RPAS Steering Group 2013)

<sup>13</sup> (European RPAS Steering Group 2013)

Máximo de Despegue (PMD o MTOW) y/o la energía cinética que pueden generar, la cual da un parámetro sobre el cual se pueden calcular los daños que podría causar un incidente o accidente de estas aeronaves.

- Tipo de trabajo: aerofotografía, meteorología, militar táctico, militar estratégico, militar operacional, vigilancia, agrícola, etc.

Todo lo anterior se puede condensar en un cuadro que resuma en qué lugar de la integración de los RPAS se encuentra ubicado este trabajo de título, aplicable a las licencias para operadores de RPAS, y más específicamente en su preparación, entrenamiento y certificación, además de la base que se requiere para poder construir un curso de Operador de RPAS, las cuales se distinguen en rojo en la siguiente ilustración:

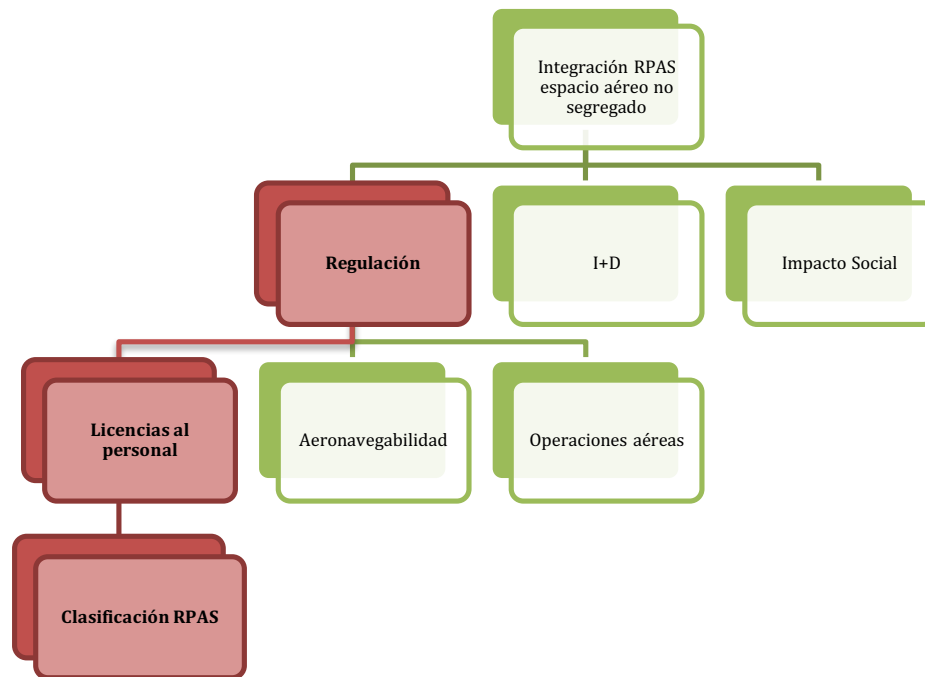


Ilustración 4: Línea de trabajo (marcado en rojo) para el desarrollo de esta memoria.

SESAR define también en su Anexo 1 correspondiente a las licencias al personal RPAS la clasificación que obtienen las operaciones aéreas que estas aeronaves realizan, y cuyas características sirvieron como insumo para elaborar el *roadmap* que dicha organización presentó. La clasificación de las operaciones de UAS de las que habla SESAR son las siguientes:

- Muy Bajo Nivel (VLL por sus siglas en inglés): operaciones bajo la altitud estándar para IFR y VFR en aviación tripulada (no más de 500 pies sobre el terreno):
  - A. Visual Line of Sight (VLOS, línea directa de visualización) en un rango típicamente no mayor a 500m del operador, donde el piloto remoto siempre tenga contacto visual con la aeronave.
  - B. Extended-Visual Line of Sight (E-VLOS, línea directa de visualización extendida) donde el piloto remoto sea apoyado por uno o más colaboradores mientras que cada miembro tenga contacto visual directo con la aeronave.
  - C. Beyond VLOS (B-VLOS, más allá de la línea directa de visualización), operaciones siguen siendo bajo los 500 pies de altura, pero el operador no tiene visión directa con la aeronave. Se necesita apoyo adicional de tecnologías.
- Operaciones de RPAS mediante IFR o VFR, sobre los 500 pies de altura y sobre altitudes mínimas de vuelo:
  - A. Operaciones IFR (o VFR) en línea de vista de ondas de radio (RLOS por sus siglas en inglés) en el espacio aéreo no segregado. Se requiere de la habilidad ‘detectar y evadir’ para cooperar con el tráfico adyacente.
  - B. Operaciones IFR (o VFR) más allá de línea de vista de las ondas de radio (BRLOS), donde el RPAS no esté en contacto directo vía radio con el operador, siendo necesarios servicios de comunicación de mayor alcance (satélite de ser necesario). En dicho caso puede ser proporcionado por un proveedor de servicios de comunicación distinto del operador.

Anexamente a las clasificaciones especificadas, pueden existir otras las cuales se harán bajo la importancia que le otorgue el usuario a las distintas características que puede poseer la aeronave.

Para efectos de esta propuesta, se trabajará sobre la base de la clasificación publicada por la OTAN el año 2011, la que consta básicamente de una agrupación de

tres grandes clases de UAS<sup>14</sup>, cada una con subcategorías que presentan distintas características en cuanto a masa, alcance y altitud. A esta categorización se le agregarán ciertas modificaciones entendiendo el alcance civil y no militar en el cual se realizará esta memoria. Además se utilizará la clasificación de las operaciones propuestas por SESAR que se detallaron anteriormente.

Como ejemplo principal en el desarrollo y entendimiento de las normativas aplicables a las aeronaves pilotadas a distancia se revisará el caso particular del Estado de Australia, el que fue pionero en promulgar una regulación específica para RPAS y de la cual se desprenden textos tanto de la OACI como de la EASA, entre otros.

#### *Seminario RPAS, Universidad Federico Santa María*

En el mes de diciembre de 2014 la Academia de Ciencias Aeronáuticas (ACA) de la Universidad Técnica Federico Santa María en conjunto con el Instituto Chileno de Derecho Aeronáutico y Espacial (IDEA) realizaron un seminario cuyo propósito fue conversar sobre las regulaciones que deberían tener los RPAS para su integración en el espacio aéreo nacional, abordando los desafíos que ello impone en este nuevo escenario al cual se ve enfrentada la aviación, haciendo hincapié en el área comercial de la misma<sup>15</sup>.

Uno de los expositores de este seminario fue Osvaldo Bahamondes, Jefe de Capacitación, Extensión y Postgrado de la Academia de Ciencias Aeronáuticas de la Universidad Técnica Federico Santa María, el cual dentro de su presentación dio luces de lo que podría ser un curso de operador RPAS, concluyendo que para que ello pueda ser posible se deben dar ciertas condiciones especiales:

- Reglamentación específica (a RPAS y sus operaciones);
- Todos los operadores deben ser habilitados por CIAC;
- Tipo de capacitación específica para el tipo de RPAS a operar;
- RPAS certificados;

---

<sup>14</sup> Ver capítulo III. DESARROLLO: CLASIFICACIÓN RPAS.

<sup>15</sup> (Dirección General de Comunicaciones USM 2014)

- El diseño de los cursos se puede realizar una vez se conozca la reglamentación.

Un punto que no deja de lado el profesor Bahamondes es el destacar que las operaciones de RPAS a cualquier nivel actualmente se encuentran reguladas ya que la OACI en el convenio de Chicago y en la circular 328 de la cual se hizo mención anteriormente las tipifica como aeronaves, por lo que quedan subyugadas a las regulaciones que debe someterse cualquier avión, helicóptero y aeronave en general, por lo que el trabajo al que se apunta para integrarlas al espacio aéreo controlado y al sistema aeronáutico en general es caracterizarlas como aeronaves con distintas capacidades, características y funcionalidades a las tripuladas y amoldar una regulación que comprenda dichas diferencias sin desmedro de la seguridad operacional.

#### *Código Aeronáutico Chile*

Finalmente se debe tener en consideración, para todo trabajo relacionado con aeronaves no tripuladas que se realice en Chile su Código Aeronáutico y específicamente la DAN 151, que como ya se comentó anteriormente regula transitoriamente las *“Operaciones de Aeronaves no tripuladas a Pilotadas a Distancia en asuntos de interés público, que se efectúen sobre áreas pobladas.”*. Sin embargo y a pesar de que sirve como guía y fija un marco regulatorio, el autor del presente trabajo se desmarcará del alcance que propone la DAN 151, debido principalmente a que se enfoca de manera muy específica a ciertos tipos de RPAS los cuales no son el foco de esta investigación (Aeronaves hasta 9 kg de PMD en operaciones de interés público sobre áreas pobladas). Asimismo, se espera que el avance propuesto sea aplicable a aeronaves de mayor masa.

Adicionalmente a esto, otros textos normativos de la actual legislación chilena en los cuales se enmarcará el desarrollo de este trabajo es la DAN 91: “Reglas del Aire”, la DAN 141: “Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil” y la DAR 01: “Licencias al Personal Aeronáutico”.

Con esta serie de guías de la cual se dispone se espera realizar el trabajo propuesto, tomando en cuenta el estado actualizado de la situación país y apuntando a un

desarrollo armónico del Sistema Aeronáutico Nacional, procurando mantener los estándares de calidad y seguridad para su correcto funcionamiento.

### III. DESARROLLO

#### *CLASIFICACIÓN RPAS*

Para preparar operadores de RPAS calificados se necesita una clasificación que distinga las capacidades y *performances* que cumplen en general estas aeronaves, la cual permita distinguir las aptitudes necesarias para operar cada tipo existente, que entregue información alineada bajo ciertos parámetros transversales de forma de estandarizar cada dato y que no deje lugar a cualquier interpretación fuera de su sentido original para evitar errores.

Debido a ello, como la evolución de los UAS y sus operaciones tiene una raíz militar, la que ha sido una de sus principales impulsores y desarrolladores y como se explicó en el Marco Teórico, la clasificación de los distintos tipos de RPAS que se utilizará para llevar a cabo este trabajo viene de la base propuesta por la OTAN, en donde se distinguen tres clases de aeronaves diferenciadas por un rango de masa<sup>16</sup>.

A consecuencia del sentido civil que reviste el alcance de este trabajo, se unificarán conceptos de la clasificación original presentada por el organismo internacional. Tanto los términos y acepciones militares que se pueden encontrar, como también los ejemplos especificados para cada subcategoría serán reemplazados y (en el caso particular de los ejemplos) acompañados por ejemplares de uso civil y general, de manera de hacer extensiva dicha propuesta de categorización a todo ámbito.

El principal criterio que se tendrá en cuenta para realizar la propuesta de clasificación de sistemas de aeronaves no tripuladas será su PMD, en desmedro de su altitud de operación y otros parámetros, los cuales servirán como referencia pero no serán decisivos. Esto debido a que dicha característica (peso) define en parte la energía cinética<sup>17</sup> que puede generar el dron y con ello su capacidad de dañar a terceros en un eventual impacto producto de un incidente o accidente. No obstante lo anterior, se deberá tener en cuenta caso a caso para aeronaves de poca masa si es que el equipo a

---

<sup>16</sup> Ver Anexo: Clasificación RPAS OTAN.

<sup>17</sup> Energía Cinética:  $E_c = 1/2 * m * v^2$

volar tiene la capacidad de sobrepasar el límite de 400 ft y llegar a la zona de espacio aéreo no segregado.

Por otro lado, es necesario saber qué tipo de categorización posee el Estado de Chile para las aeronaves “tradicionales” o tripuladas. En el DAR-06 de la DGAC “Operaciones de Aeronaves” se distinguen dos tipos:

- Pequeño: cuyo PMD es igual o menor a 5700 kg.
- Grande: cuyo PMD es mayor a 5700 kg.

De manera de propiciar la integración y el entendimiento de los RPAS en el Sistema Aeronáutico Nacional, se propone tener en cuenta como barrera los 5700 kg que sugiere la actual regulación nacional y con esto modificar la especificación de la CLASE III (más de 600 kg) a un intermedio que incluya las anotaciones recién mencionadas, disponiendo de un nuevo rango entre 600-5700 kg.

Para tener un espectro más amplio en cuanto a las categorías que se conocen frecuentemente en otras latitudes del mundo, se elabora una tabla resumen que presenta cómo los distintos Estados que poseen alguna legislación y normas aplicables a los sistemas de aeronaves no tripulados los tratan legalmente. De este modo al encontrar clasificaciones parecidas o comunes se puede alcanzar un mayor entendimiento y en cierta manera alinear los criterios en busca de uno que sea utilizado de forma más masiva y que represente mejor las funcionalidades de los RPAS.

MÉXICO	COLOMBIA	AUSTRALIA	UK	SUDÁFRICA	ESPAÑA	IRLANDA	CHILE
<2 kg	<=25 kg	<2 kg	<20 kg	<=7 kg	<25 kg	<20 kg	<=9 kg
2-25 kg	25 kg<	2-25 kg	20-150 kg	<=20 kg	25 kg<	20 kg<	
25 kg<		25-150 kg 150 kg<	150 kg<				

*Tabla 1: Clasificación de RPAS de distintos Estados.*

Tomando en cuenta que en los ejemplos expuestos en la *Tabla 1* (exceptuando Chile) la mayoría de los Estados define al menos como una frontera de categoría los 20-25 kg, y asimismo la OTAN en su categorización define la CLASE I, categoría SMALL/MINI con una frontera de 20 kg, esta última se mantendrá en la propuesta.

Se aprecia que la CLASE III no se encuentra homologada en varios de los Estados que se exponen en la *tabla 1* debido a que sólo se conciben aeronaves no tripuladas inferiores a 20-25 kg (México, Colombia, Sudáfrica, España, Irlanda). Por consiguiente la utilización de esta CLASE en la organización de los RPAS a los cuales se avoca este trabajo se apega al orden que exponen Estados como Australia y el Reino Unido, los cuales fijan la última categoría (de mayor masa) a partir desde los 150 kg. No obstante, sin tomar en cuenta la altitud normal de operación de aeronaves, es probable que existan aeronaves de una masa superior a 150 kg y que operen dentro de los márgenes establecidos para la aviación civil en los convenios firmados en la OACI.

Considerando los datos anteriores, a continuación se presenta una propuesta de clasificación para RPAS, la cual toma en cuenta características físicas y de *performance* del aparato, como su relación con la actual regulación que rige para las aeronaves tripuladas.

	CLASE	CATEGORÍA	RADIO OPERACIÓN	EJEMPLOS
Aeronaves pequeñas	I	A (<2 kg)	5 km (LOS)	Raven B, SPY ARROW, Ejemplos descritos en CLASE I C OTAN
		B (2-20 kg)	25 km (LOS)	Bramor C4EYE, MD4-1000, Stardust II R13, ECHAR 20b, Ejemplos descritos en CLASE I B OTAN
		C (>20 kg)	50 km (LOS)	ELIMCO C500, Alpha Unmanned Atlantic, Ejemplos descritos en CLASE I A OTAN
	II	150-600 kg	200 km (LOS)	BAE Systems Herti 1C, Sagem Sperwer, Ejemplos descritos en CLASE II OTAN
	III	600-5700 kg	sin límite	AirMule, Aeronautics Dominator II
Aeronaves grandes	IV	>5700 kg	sin límite	Global Hawk

*Tabla 2: propuesta de clasificación de RPAS.*

Con la tabla presentada se espera cubrir los aspectos más esenciales a tener en cuenta para la clasificación adecuada de los RPAS y con ello poder determinar de manera certera y correcta las capacidades básicas que cada operador de UAS debe saber para hacer que las operaciones sean seguras y eficientes dependiendo del material de vuelo que quiera utilizar dentro del espacio aéreo controlado.

Debido a las características tipo de las aeronaves no tripuladas que se exponen en la *tabla 2* este trabajo se enfocará básicamente en las siguientes clasificaciones: CLASE I (A, B y C), CLASE II y CLASE III puesto que en general son dichos tipos de UAS los que están contruidos para poder superar la barrera de 400 ft y utilizar el espacio aéreo no segregado de manera comercial. Como se mencionó anteriormente, si existe un aparato de CLASE I A que pudiera eventualmente volar en espacio aéreo no segregado debiera ser la autoridad aeronáutica la que dictamine luego de analizar el caso particular si se aprueba su operación en dicho lugar.

Finalmente, debido a que la clasificación propuesta recoge aspectos tanto civiles como militares para su construcción, dicha tabla puede utilizarse a lo largo y ancho del alcance de la aviación, no importando el tipo de uso que se quiera dar al RPAS y fijando una categorización universal y transversal, pudiéndose aplicar tanto como los convenios de la OACI dictan como también para actividades del Estado y militares.

## *ANÁLISIS REGULACIÓN CHILENA*

Como medida primordial para proponer los contenidos de un curso de operador RPAS una vez clasificados estos últimos, es conocer las regulaciones actuales (y/o) futuras que aplican en el Estado en el cual se desea trabajar. A continuación se analiza la normativa del Estado de Chile respecto a las aeronaves no tripuladas pilotadas remotamente.

### *DAN 151*

La legislación aeronáutica en Chile, a través de la norma DAN 151 en su segunda (y última) edición establece actualmente los requisitos que debe poseer una persona para obtener una credencial de operador de RPAS y así poder cubrir “asuntos de interés público que se efectúen sobre áreas pobladas” mediante estos aparatos. Dichos requisitos se presentan a continuación:

- a) Haber cumplido 18 años de edad.
- b) Presentar una declaración jurada ante notario de haber recibido instrucción teórica y práctica respecto al modelo de RPA a volar.
- c) Aprobar un examen escrito sobre la norma DAN 151, DAN 91 “Reglas del Aire”, Meteorología y Aerodinámica. La calificación mínima para aprobar será de un 75%.

El operador está capacitado para volar sólo en condiciones de línea de vista (VLOS) en el (los) modelo(s) registrado(s) en su credencial.

Como referencia para la preparación del examen escrito necesario para obtener la credencial de operador RPAS, la DGAC señala en su página web una serie de insumos bibliográficos. A continuación se presentan:

### **Meteorología**

- Manual de Meteorología Aeronáutica, DGAC
  - Capítulos de referencia: III, IV, V, IX, XII, ANEXO A.
  - Páginas de referencia: 31, 32, 37, 38, 48, 52, 56, 97, 138, 139, 211, 230.

A modo general, dichas referencias corresponden principalmente a:

- Presión Atmosférica y Altimetría
- El Viento
- Humedad, formación de nubes y precipitación
- Turbulencia
- Originadores de procedimientos IFR
- Glosario de términos meteorológicos

### **Aerodinámica**

- Aerodinámica y Actuaciones del Avión, Carmona, Aníbal Isidoro
  - Capítulos de referencia: 2 y 3.
  - Páginas de referencia: 46, 80, 85, 104, 105, 106, 107.

Las referencias expuestas corresponden a:

- Conceptos elementales de dinámica de fluidos
- Origen de las fuerzas aerodinámicas

La propia DGAC pone a disposición el material referencial de apoyo tanto para aerodinámica como para meteorología expuesto anteriormente, resumido sólo en los capítulos y páginas que serán preguntadas en el test.

Además de ello, están disponibles cuestionarios con preguntas frecuentes que aparecen en el examen final, separado por su tema principal (meteorología, aerodinámica, DAN 91 y DAN 151), con lo que se espera hacer que el postulante pueda preparar de la mejor manera la prueba.

Por otra parte, la DAN 151 presenta una serie de definiciones y terminología aeronáutica donde entre otras cosas se establecen las operaciones que son consideradas como “asunto de interés público” y se define el concepto de “áreas pobladas”:

### ***ÁREAS POBLADAS***

Zonas en las que existan centros urbanos, asentamiento de personas con fines habitacionales o laborales, o en las que se desarrollen actividades que convoquen la aglomeración de personas al aire libre.

## ***ASUNTOS DE INTERÉS PÚBLICO***

- a) Obtención de imágenes o información sobre hechos de connotación pública con la finalidad de difundirlas a través de medios de comunicación.
- b) Ejecución de actividades de apoyo en relación con desastres o emergencias provocadas por la naturaleza o por la acción del ser humano.
- c) Cumplimiento de las funciones legales de algún organismo de la Administración del Estado.
- d) Otras situaciones de similar naturaleza en cuanto al interés público involucrado, que la DGAC califique sobre la base de la seguridad de la operación.

Desprendiendo de dichas disposiciones, se puede entender que esta norma (DAN 151) está solamente destinada a quienes quieran hacer uso de la explotación (comercial o no) de un equipo RPAS para las situaciones detalladas como *interés público*, quedando fuera de ellas cualquier vuelo de carácter privado y particular y aquellas aeronaves que no cumplan con las siguientes especificaciones técnicas:

## ***REQUISITOS TÉCNICOS DEL RPA***

- a) El peso máximo de despegue del RPA debe ser de hasta nueve (9) kilos incluyendo accesorios, pero sin considerar el peso del paracaídas de emergencia.
- b) El RPA debe haber sido construido o armado desde un kit de fábrica y contar con instructivos técnicos, de operación.
- c) El RPA debe contar con el N° de serie del fabricante o en caso de no contar con este N°, el propietario deberá grabar en el RPA el N° de registro otorgado por la DGAC.
- d) El RPA debe contar con paracaídas de emergencia durante su operación.
- e) El RPA debe tener la capacidad de ser controlado manualmente.

Por consiguiente, cualquier UAS mayor a los 9 kg de PMD no está sujeta a la DAN 151, teniendo que registrarse por la norma general establecida en la DAN 91 (“Reglas del Aire”), donde se especifica que se deberá solicitar autorización especial a la DGAC para cada caso (operación) que se deba o quiera efectuar dentro de los límites del territorio nacional y su espacio aéreo.

Según lo especificado en la DAN 91, los UAS menores o iguales a 750 g no necesitan de disposiciones especiales para operar en zonas pobladas, siempre y cuando no vuelen arriba de los 50 m de altura sobre el obstáculo de mayor altura de la zona recorrida. En dicha situación, el operador debe responder por cualquier daño a tercero que pueda generar u ocasionar durante la maniobra del RPAS.

Como bien estipula el preámbulo de la DAN 151, esta normativa tiene carácter de transitoria, por ello su rango de acción es tan limitado, y en cierta manera al restringir el uso de aeronaves de hasta 9 kg de PMD las exigencias para el operador y sus habilidades también es baja. La fiscalización de centros que entreguen instrucción aeronáutica sobre la operación de RPAS en Chile queda fuera de la norma debido principalmente a que la OACI aún no oficializa la normativa para este tipo de CIAC, debiendo el interesado presentar una declaración que certifique el haber recibido clases sobre cómo pilotar la aeronave, lo cual puede suponer un riesgo en cuanto a la seguridad operacional de los vuelos que pueda efectuar dicho propietario de la credencial de operador. Debido a que una declaración jurada ante notario no presume que se tengan las competencias prácticas para volar un UAS, ni certifica la calidad e idoneidad del instructor o escuela, encontrándose aquí un aspecto a reforzar de cara a mejorar la norma en próximas enmiendas.

#### *Clases de operación de RPAS en Chile*

Actualmente en Chile existen lugares donde se preparan pilotos remotos tal cual una escuela de instrucción aeronáutica convencional. Dichos centros entregan conocimientos base para obtener la credencial de operador de RPAS que dispone la DGAC mediante su normativa aeronáutica.

PRECADET es un Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil (CIAC) que ofrece el curso aéreo “Operación responsable de drones”. En él se dictan un total de 25 horas de clases, divididas en 24 teóricas y 1 práctica. La fase práctica se realiza en un *DJI F450*, el cual es un UAS multirroto básico de origen chino, destinado especialmente para personas *amateur* en la operación de drones lo cual lo hace especial para la instrucción. Con un PMD que no supera los 1600 g este UAS entraría en la clasificación propuesta CLASE I C.

La especificación del programa del curso es la siguiente:

<b>Fechas</b>	<b>Horarios</b>	<b>Materias</b>
Día 1	09:00 a 13:00 hrs. 14:00 a 18:00 hrs.	Reglamentación Aerodinámica
Día 2	09:00 a 13:00 hrs. 14:00 a 18:00 hrs.	Meteorología Actuación del RPAS
Día 3	entre 10:00 y 13:00 hrs.	Vuelo real

*Tabla 3: Ramos y horarios del curso de PRECADET.*

Como se puede apreciar en la *tabla 3* las materias básicas que dispone el curso son Reglamentación, Aerodinámica, Meteorología y Actuación del RPAS. Esto va alineado con los requerimientos que dispone la autoridad aeronáutica para obtener la credencial de operador RPAS de acuerdo a lo que dicta la DAN 151. En este aspecto el curso parece ser adecuado a las exigencias y conocimientos básicos requeridos para utilizar UAS bajo las condiciones de la norma.

## ANÁLISIS REGULACIÓN OTROS ESTADOS

Dentro del panorama internacional, se puede ver que los Estados adscritos a la Organización Internacional de Aviación Civil han tratado de regularizar de alguna u otra manera el uso de RPAS en sus espacios aéreos tal y como el organismo dependiente de la ONU propone hasta que estén publicados y puedan ser empleados los SARP's en los cuales trabaja actualmente.

### *Caso Australia*

Dentro de las naciones más avanzadas respecto al tema de los UAS se encuentra Australia, país pionero en el desarrollo de regulaciones que contemplen aeronaves no tripuladas pilotadas a distancia. El año 2000 se comenzó a trabajar en los puntos fundamentales para hacer que dichas operaciones fueran seguras y el año 2001 se implementó la primera normativa aeronáutica especial para RPAS en el mundo denominada CASR 101, la cual se basa principalmente en la explotación comercial de UAS. Actualmente muchos de los puntos originales incluidos en la CASR 101 se encuentran obsoletos, debido principalmente al mejor entendimiento de este tipo de aeronaves y la evolución de su tecnología. Asimismo Australia espera implementar las nuevas enmiendas de su regulación el 29 de septiembre de 2016, las cuales presentan novedades como la nueva clasificación de UAS, además de cambiar su terminología (del actual Unmanned Aerial Vehicle (UAV) a RPA), lo que supone acogerse al concepto utilizado alrededor del mundo.

<b>Categoría</b>	<b>Peso (kg)</b>
Very Small	<2
Small	2-25
Medium	25-150
Large	150<

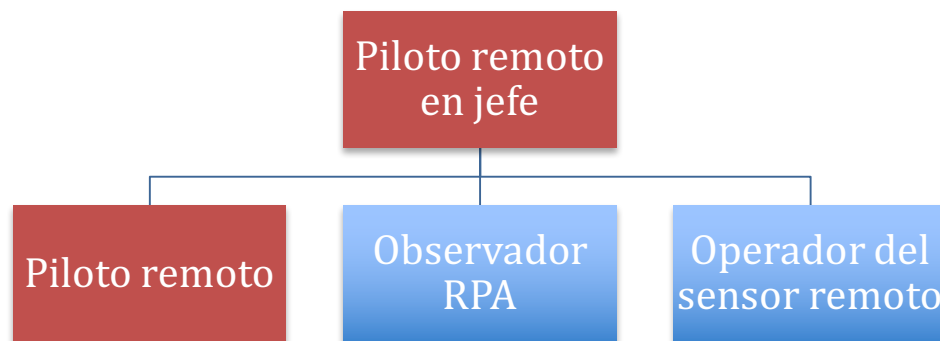
*Tabla 4: Clasificaciones de RPAS de Australia.*

Particularmente en el ámbito de licencias y entrenamiento, la CASR 101 estipula en el borrador de su circular AC101-4 de mayo de 2014 que los operadores de la categoría *Small* señalada en la *tabla 4* no requieren de certificado ni licencia especial

para operar sus aeronaves, sin embargo deben de regirse por las condiciones estándar de operación de RPAS, esto es:

- Línea visual directa de visión (VLOS)
- Techo máximo de operación de 400 ft
- Volar en áreas no pobladas y al menos a 30 m horizontales de cualquier persona involucrada en la operación
- Condiciones meteorológicas de visión
- Operar fuera del espacio aéreo controlado
- Operar fuera de zonas prohibidas o peligrosas
- Operar al menos a 3 millas náuticas de algún aeródromo

Dentro de lo que es la obtención de licencia de operador de RPAS primero se identifica el equipo o tripulación remota que lleva a cabo la operación en una empresa que realiza servicios y trabajos aéreos mediante aeronaves no tripuladas certificada con un UOC (UAS Operator's Certificate), ordenado jerárquicamente de la siguiente manera:



*Ilustración 5: Ejemplo de tripulación remota de RPAS requerida en Australia.*

Dentro de lo estipulado en la *ilustración 5*, se destaca que sólo los pilotos remotos (destacados en naranja) deben tener licencia, pues son los únicos que pueden manipular los controles de la aeronave. Los demás miembros de la tripulación remota son entrenados por la empresa operadora según los estándares de calidad y seguridad especificados al momento de haber obtenido su UOC.

Los requisitos mínimos para obtención de la licencia de Piloto Remoto son las siguientes:

- a) Competencia para obtener certificado de operador de radio; y
- b) Haber pasado algún examen de aviación teórica (a parte de operador de radio); y
- c) Haber pasado algún examen de operación de instrumentos teórico; y
- d) Haber completado el curso de entrenamiento en el aparato (UAS) que se desea operar; y
- e) Tener al menos 5 horas de experiencia en la operación del UAS fuera del espacio aéreo controlado.

De otra manera, se pueden convalidar los requisitos expuestos en el punto a), b) y c) si cumple con:

- a) Tener una licencia de tripulación de vuelo con instrumentos; o
- b) Una licencia militar de tripulación de vuelo con instrumentos; o
- c) Una licencia de controlador de tráfico aéreo o una licencia militar con similares características.

Para obtener la licencia de Piloto Remoto es necesario tener instrucción tanto teórica como práctica que cubran conocimientos aeronáuticos como de control y *performance* de la aeronave.

Si bien el documento no especifica un temario particular para los conocimientos teóricos que se deben poseer para ser propietario de la licencia, hace entender que el examen es una variación del que se necesita rendir para obtener una licencia de piloto, poniendo énfasis en que se ajustan los temarios a la naturaleza única y particular de los RPAS.

El texto especifica que la licencia de Piloto Remoto se entrega sólo y únicamente a personas naturales, sin embargo para poder postular y rendir los exámenes necesarios para su obtención es requisito asistir bajo el alero de alguna empresa operadora de UAV (término que como se mencionó será cambiado por RPA), la cual debe poseer un Certificado de Operador No Tripulado (UOC por sus siglas en inglés), que es similar a un Certificado de Operador Aéreo (AOC por sus siglas en inglés).

Debido al desarrollo temprano de la actividad en Australia en relación al resto del planeta, existen numerosas empresas de instrucción que apoyan con cursos prácticos y teóricos a quienes desean aprender a operar RPAS. A continuación se presentan ejemplos de algunas de dichas entidades y el contenido base de los mencionados cursos, a manera de poder entender y relacionar su realidad en comparación con lo que ocurre en Chile.

### *Caso RPAS Training & Solutions*

En RPAS Training & Solutions se distinguen varias modalidades para rendir el curso de operador de sistemas de aeronaves no tripuladas. Dentro de dichas modalidades existe una preparación 100% presencial, que consta de 5 días de entrenamiento y una remota que entrega los conocimientos teóricos *online* más dos días de vuelo presencial para cumplir con los requisitos prácticos. Ambos están orientados principalmente a personas que deseen volar aeronaves que no superen los 7 kg de PMD (bajo la actual norma).

Al completar el curso el alumno recibe:

- Entrenamiento teórico para el Certificado de Operador Remoto (RPC)
- Certificado de Operador de Radio (AROC)
- Evaluación teórica de RPC
- Evaluación de vuelo (práctica)

A grandes rasgos, los contenidos que incluye el curso son los siguientes:

- Aerodinámica de RPA
- Navegación
- Gestión de energía de las baterías
- Ley RPA
- Multirroto bajo 7 kg
- Operación de Radio
- Meteorología

- Factores Humanos
- Evaluación de riesgo
- Evaluación de vuelo

### *Caso Total RPA*

Total RPA es otra academia de entrenamiento RPAS de Australia. Tal y como el caso de *RPAS Training & Solutions* esta empresa ofrece el curso para aprender a pilotar remotamente una aeronave no tripulada, y entrega los conocimientos para poder realizarlo de manera operacionalmente segura. Los tópicos que cubre son casi los mismos que los destacados en el ejemplo anterior, su duración también es de 5 días presenciales y consta tanto de clases teóricas como prácticas. El temario general del curso es el siguiente:

- Sistemas y funcionalidades de RPAS
- Aerodinámica
- Planeación y preparación de misiones
- Meteorología
- Navegación
- Mantenimiento de RPAS
- Factores Humanos

El curso entero en ambos ejemplos considera tanto las clases como la rendición de los exámenes necesarios para obtener la licencia, además de sus trámites por lo que el contratante del servicio sólo debe preocuparse de asistir a las clases y aprobar los test para obtener su certificación.

Ambos casos descritos de centros de instrucción para RPAS en Australia responden a su manera a las exigencias que dispone la autoridad aeronáutica de dicha nación (CASA) para preparar a pilotos remotos de aeronaves no tripuladas. Si bien los títulos de cada tema pueden variar de una academia a otra, básicamente cada una entrega los mismos conocimientos. A continuación se presenta una tabla comparativa de las materias que dictan estos centros australianos con el caso chileno expuesto anteriormente:

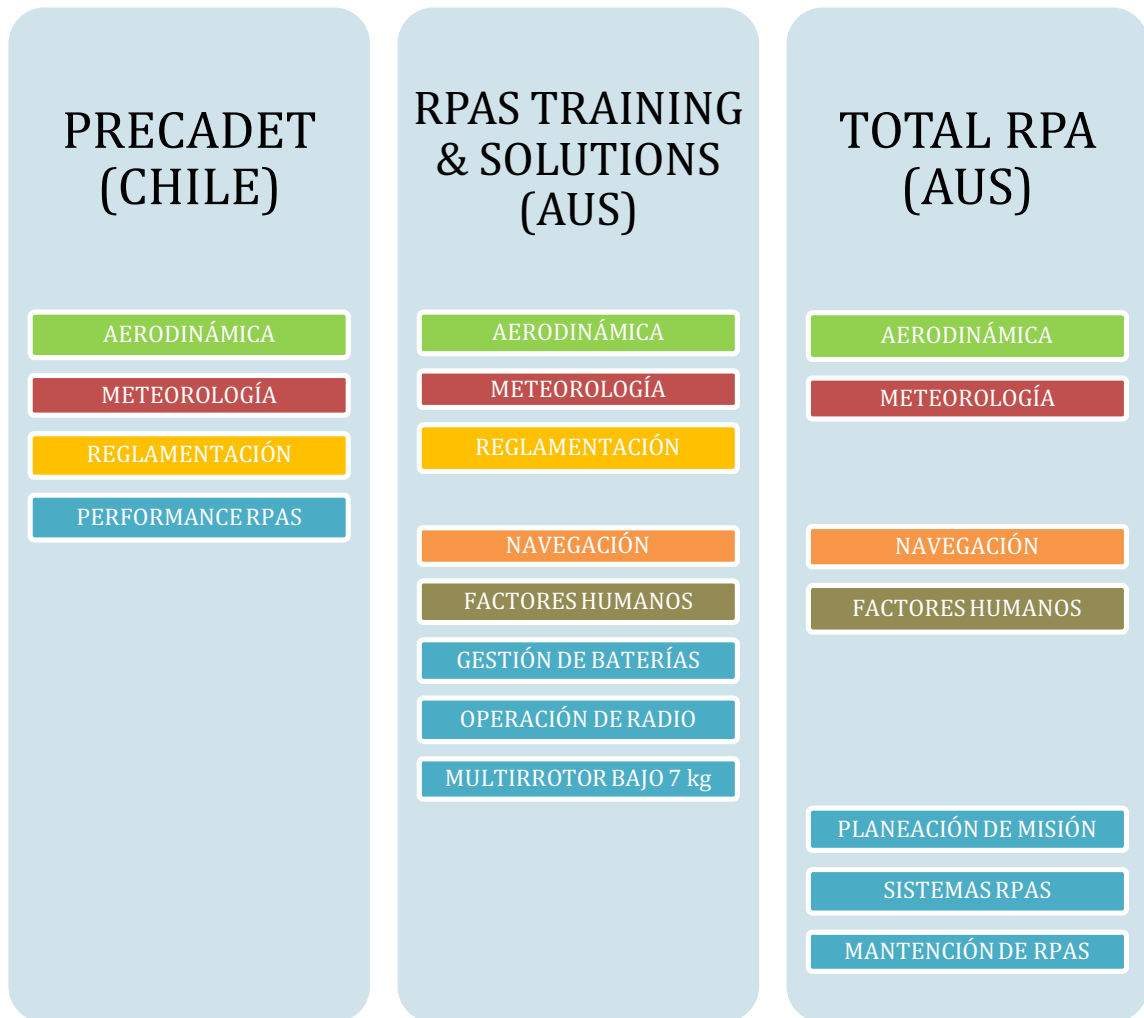


Tabla 5: Comparación cursos en Chile y Australia.

En la *tabla 5* se hace un resumen de las materias que abarca el curso de operador de aeronaves no tripuladas para cada país y centro de instrucción señalado, destacando con el mismo color los conocimientos similares que se imparten entre uno y otro. Cabe destacar de este cuadro que los distintos tópicos se encuentran clasificados dentro de la misma fila y color, por ejemplo tanto Aerodinámica y Meteorología se encuentran transversalmente en cada curso con la misma denominación. Por otro lado, donde existen lugares vacíos dentro de cada línea significa que no hay una materia que se pueda convalidar o igual a otra de los cursos con los que se está comparando.

Englobando todo lo que se ha expuesto de la realidad australiana respecto al entrenamiento y la licencia de Piloto Remoto, se puede hacer un paralelo con lo que acontece en este aspecto en Chile.

Tal y como se pudo ver, en la legislación nacional actual uno de los puntos débiles de la regulación para obtener el certificado de Operador RPAS es el de las horas de vuelo prácticas y la validación para probar que efectivamente fueron realizadas. Haciendo un rápido recuento, la DAN 151 estipula que cada postulante a Operador RPAS debe llevar una declaración notarial sobre el haber recibido alguna instrucción práctica de la aeronave a volar. Por su parte la regulación de Australia a través de la certificación de los Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil les entrega la facultad de ser ellos quienes velen por el eficaz entrenamiento en la operación, lo cual tiene cierta lógica si se analiza desde el punto de vista que básicamente es lo que hace cada escuela de vuelo “tradicional” (aeronaves tripuladas) certificada. Por lo anterior, y dado que la regulación australiana posee una mayor variedad de clasificaciones de aeronaves no tripuladas y un mayor desarrollo en cuanto al entendimiento de este tipo de aeronaves es que dicho Estado puede ser tomado como un ejemplo a seguir para configurar de manera eficiente el marco regulatorio que norme la aviación no tripulada con pilotos remotos.

A grandes rasgos, analizando la malla curricular de cada curso de operador de RPAS utilizados como ejemplo se puede apreciar que no existe mayor diferencia, por lo que es posible inferir que en sí los requisitos teóricos que exige cada norma (CASR 101 y DAN 151) son similares. Sin embargo no se puede aseverar de manera categórica dicha afirmación debido a que existen tópicos (en los cursos) que no están aclarados, tal y como se explica con el análisis de la *tabla 5*.

Del análisis completo, se desprende la necesidad transversal de tener conocimientos básicos de Aerodinámica y Meteorología para operar de manera segura un RPAS, además de la reglamentación propia del Estado donde se explotará la aeronave, como el entendimiento específico del modelo que el operador volará, de manera que sepa cómo responder a las distintas contingencias a las que puede estar expuesto.

Finalmente, tomando en cuenta la regulación de Australia, la cual en su examen teórico para obtener la licencia de Piloto Remoto adapta especialmente para RPAS el examen teórico que deben rendir los postulantes a una licencia de Piloto Privado (PPL por sus siglas en inglés), el autor sugiere revisar la realidad en Chile de dicho examen

teórico, de manera de analizar la posibilidad de realizar ajustes a sus contenidos para que sea dicho examen adaptado el que se implemente para obtener la licencia de Operador de RPAS, principalmente porque el curso de Piloto Privado contiene las nociones básicas en cuanto a las disposiciones legales, físicas y formativas que permiten estar capacitado para efectuar vuelos y operaciones seguras a nivel de aeronaves tripuladas, por lo cual una aproximación de dicho curso aplicable a RPAS se ve como una alternativa viable teniendo en mente el desarrollo futuro de la actividad y las capacidades y aplicaciones potenciales que la aviación no tripulada puede entregar.

## *DAN 141 Y SUS DISPOSICIONES*

Actualmente en el Estado de Chile los Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil se rigen bajo el alero de la normativa DAN 141. En dicho documento se estipulan (entre otras cosas) los conocimientos básicos que debieran de entregar estos centros de instrucción para la adecuada formación de pilotos, tanto a nivel privado como comercial.

Tomando en cuenta lo anterior, y llevándolo al plano en el cual se encuentra situado este trabajo de investigación se analizará la norma, tratando de encontrar entre el contenido del curso de piloto privado los conocimientos transversales que deben exigirse para la realización de un curso de Operador RPAS.

Según lo que demarca claramente la normativa se encuentra un listado de tópicos que recaen en la formación teórica de un piloto de aeronave tripulada<sup>18</sup>. A continuación se presentará dicho listado, editado y modificado de manera de llevarlo a la realidad de las operaciones de RPAS. Cabe destacar que las modificaciones al texto original son sutiles y no cambian el sentido de la normativa y principalmente agrega especificaciones para RPAS en desmedro de las utilizadas para aviones, helicópteros, etc., y elimina ciertas acepciones que pueden limitar o confundir la comprensión además de quitar tópicos que no se consideran necesarios por la naturaleza de las aeronaves pilotadas a distancia.

Las frases o palabras eliminadas para la adaptación de la normativa se encuentran destacadas en amarillo y tachadas por la mitad, mientras que las que se agregan figuran destacadas en verde.

### **CONOCIMIENTOS TEÓRICOS**

#### **1. Legislación y Reglamentación Aeronáutica.**

Conocimientos de Legislación y Reglamentación Aeronáutica, nacional e internacional.

a) Internacional. Conocimientos generales:

---

<sup>18</sup> (Dirección General de Aeronáutica Civil 2015)

- Convenio de Aviación Civil Internacional.
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
- Normas y Métodos recomendados de OACI (ANEXOS).

b) Nacional. Conocimientos generales:

- Código Aeronáutico.
- Ley 16.752, Orgánica de la DGAC.
- Ley 20.000, Control Drogas (Artículo 14).
- Estructura de la Reglamentación y Normas Aeronáuticas Chilenas: DAR, DAN, DAP y Circulares de Asesoramiento (CA).

c) Código Aeronáutico y Reglamentación Aeronáutica.

I. Código Aeronáutico.

- Título II, Capítulo IV De la Aeronavegabilidad.
- Título III Del Personal Aeronáutico.
- Título IV De la Circulación Aérea.
- Título V De la Aeronáutica no Comercial.
- Título X De la Búsqueda, Asistencia y Salvamento de Aeronaves.
- Título XI De la Investigación de Accidentes e Incidentes.
- Título XII De las Infracciones a la Ley y Reglamentos Aeronáuticos.
- Título XIII De los Delitos contra la Seguridad de la Aviación.

II. Reglamentación Aeronáutica.

- DAR - 01, Licencias al Personal Aeronáutico y su normativa pertinente.
- DAN 91, Reglas del Aire.
- ~~DAN 92 Volumen I, Regla de operación para operaciones No comerciales Aeronaves con motores convencionales y hasta 19 asientos de pasajeros~~
- ~~DAN 92 Volumen II, Regla de operación para operaciones No comerciales Aeronaves grandes, aeronaves propulsadas por motor turbina y operación de la aviación corporativa~~
- ~~DAN 92 Volumen III Regla de operación para operaciones No comerciales~~

Helicópteros (si corresponde).

- DAN 92: Disposiciones generales.
- DAN 151 Operaciones de RPAS en asuntos de interés público que se efectúen sobre áreas pobladas
- Métodos y procedimientos apropiados de los servicios de tránsito aéreo DAR - 11 y su normativa pertinente.
- Requisitos aplicables al reporte de un accidente y/o incidente de aviación DAR - 13 y su normativa pertinente.
- Rol regulador del Estado en aviación, Ley 16.752, Orgánica de la DGAC, Título II.

## 2. Conocimiento general de las aeronaves.

- a) Conocimiento general de la categoría de aeronave respecto de la cual se aspira a habilitar: avión, helicóptero, dirigible o aeronaves deportivas livianas (LSA - avión): RPAS y su categoría.
- b) Principios relativos al manejo de los grupos motores, transmisión (tren de engranaje de reducción), sistemas e instrumentos de las aeronaves.
- c) Limitaciones generales de las aeronaves y de los grupos motores.
- d) Información operacional pertinente del manual de vuelo o de otro documento apropiado, tales como manual del propietario, lista de equipos mínimos (MEL), si corresponde.

## 3. Performance y planificación de vuelo.

- a) Conceptos fundamentales de peso y balance de aeronaves, influencia de la carga y la distribución del peso en el manejo de la aeronave y en las características y performances de vuelo, cálculos de carga y estiba y determinación del Centro de Gravedad (CG).
- b) Uso y aplicación práctica de los datos de performance de despegue, ascenso, crucero, descenso, aterrizaje y de otras operaciones. Concepto de aproximación estabilizada.

- c) Planificación previa al vuelo y en ruta, correspondiente a los vuelos VFR. Cálculo y administración de combustible o baterías.
- d) Preparación y presentación de los planes de vuelo requeridos por los servicios de tránsito aéreo.
- e) Procedimientos apropiados de los servicios de tránsito aéreo, incluyendo los procedimientos de notificación de posición, los procedimientos de reglaje de altímetro; las operaciones en zonas de gran densidad de tránsito.

#### **4. Actuación Humana.**

- a) Fisiología de vuelo.
- b) Conocimiento del factor humano, rendimiento, limitaciones humanas y conciencia situacional.
- c) Habilidades sociales, del punto de vista de las actitudes y comportamiento.
- d) Factores que afectan el rendimiento.
- e) Entorno físico.
- f) Trabajo en equipo.
- g) Comunicación.
- h) Situación de riesgo.
- i) Error humano.
- j) Reportes e investigación del error humano, documentación apropiada.
- k) Principios de gestión de amenazas y errores.

#### **5. Meteorología.**

- a) La atmósfera terrestre.
- b) Presión atmosférica y densidad.
- c) Temperatura.
- d) Humedad.
- e) Viento.
- f) Masas de aire y frentes.
- g) Fenómenos meteorológicos que revisten peligrosidad para el vuelo.
- h) Cartas meteorológicas.

- i) La aplicación de la meteorología aeronáutica elemental.
- j) Los procedimientos para obtener información meteorológica (METAR, TAF, GAMET) y uso de la misma, antes y durante el vuelo.
- k) Altimetría, reconocimiento de condiciones meteorológicas adversas, tanto en tierra como en vuelo y la forma de prevenirlas.

## **6. Navegación.**

- a) Aspectos prácticos de la navegación aérea y las técnicas de navegación a estima.
- b) Utilización de documentos aeronáuticos tales como las AIP, NOTAM, códigos y abreviaturas aeronáuticas.
- c) Utilización de cartas aeronáuticas.
- d) Uso de radioayudas y otros sistemas de navegación (GPS, GNSS y otros); ~~en vuelos VFR.~~

## **7. Procedimientos operacionales.**

- a) Procedimientos de reglaje de altímetro; los procedimientos preventivos y de emergencia apropiados, incluso las medidas que deben adoptarse para evitar zonas de condiciones meteorológicas peligrosas, de estela turbulenta, efecto suelo, y otros riesgos operacionales.
- b) En el caso del helicóptero, el descenso vertical lento con motor; pérdida (stall) por retroceso de pala; volcamiento dinámico, resonancia en tierra y otros riesgos operacionales; medidas de seguridad relativas a los vuelos en VMC.
- ~~e) Técnicas de supervivencia en selva, mar, desierto, montaña y zonas frías.~~
- d) La aplicación de gestión de amenazas y errores a las performances operacionales.
- e) Procedimiento de vuelo nocturno y operaciones a gran altura, si corresponde.

## **8. Aerodinámica y principios de vuelo.**

- a) Aerodinámica básica y los principios de vuelo.
- b) Reconocimiento de la pérdida (stall), entrada en barrena (spin) y técnicas de recuperación.

## **9. Comunicaciones aeronáuticas y Radiotelefonía.**

- a) Equipos de radio y su utilización.
- b) Los procedimientos y fraseología radiotelefónicos ~~aplicables a los vuelos VFR.~~
- c) Las medidas que deben tomarse en caso de falla de comunicaciones.

## *CONVERSACIÓN CON EXPERTOS Y PLAN DE PILOTO PRIVADO*

### *Conversación con Roberto Valdebenito*

Como parte del proceso investigativo de este trabajo y en busca de la opinión y planteamientos que se pueden tener desde distintos sectores de la industria aeronáutica, se conversó tanto con un exponente de los actuales operadores de RPAS y miembro de una empresa de trabajos aéreos con drones como también con un funcionario de la Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile, de manera de tratar de recoger diversos aportes para conformar y construir la propuesta de contenidos para un curso de operador de RPAS lo más completa posible.

En conversación con Roberto Valdebenito, funcionario del Departamento de Seguridad Operacional sección normas de la DGAC, este explica que una de las principales razones del nacimiento de la norma DAN 151 que actualmente rige para asuntos de interés público sobre áreas pobladas fue una seguidilla de catástrofes ocurridas en el territorio nacional a partir del terremoto del 27 de febrero de 2010, las cuales generaron la necesidad de poder monitorear de forma directa y rápida el desarrollo de futuros eventos naturales (o no). Sin embargo y a pesar de ello, Valdebenito hace hincapié en que las regulaciones y normativas sobre la aviación no tripulada no son nuevas, debido a que los distintos convenios internacionales sobre aeronáutica han ido de alguna u otra manera incorporando entre sus elementos de control aeronaves sin piloto a bordo desde la década de 1930 aproximadamente. Y para el entrevistado, es precisamente dicha condición de aeronave que poseen los RPAS lo que complejiza de cierta manera su regulación debido a que, definidas como aeronaves por la OACI, estos aparatos deben cumplir todas y cada una de las exigencias que las normas internacionales precisan para aviones, helicópteros, etc.

Si bien la DAN 151 nace como una norma transitoria, a título personal, Valdebenito no descarta que en los próximos años exista alguna enmienda que modifique o mejore ciertos aspectos de dicha normativa, sin embargo es enfático en que dicho proceso se llevará a cabo con el tiempo, cuando la misma autoridad aeronáutica y la industria nacional en si haya adquirido más experiencia y conocimientos específicos

respecto al tema. En ese aspecto, el entrevistado es claro en decir que lo ideal es que el entrenamiento y preparación tanto teórica como práctica sea llevada a cabo por un Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil (CIAC), sin embargo para ello es necesario que se modifique el reglamento que habla sobre licencias al personal, y con ello, cambiar el concepto actual que se tiene de credencial de operador de RPAS a licencia de operador de RPAS, permitiendo con esto que las exigencias para su obtención aumenten y sean necesarios (entre otras cosas) exámenes y condiciones médicas mínimas. Dentro de lo anterior, se remarca la necesidad de una evaluación psicológica debido a que se debe contar con una conciencia situacional diametralmente distinta a los pilotos de aeronaves tripuladas, pues en ese caso específico cada operación reviste un peligro para su propia integridad física al estar involucrado directamente, no así con los RPAS y un operador que pilotea remotamente.

Finalmente, Roberto Valdebenito asegura que un Operador de RPAS al menos debe tener conocimientos equivalentes a los que posee una persona con licencia de piloto privado, pues cumpliendo con los requisitos que la normativa de licencias estipula para esos casos se asegura al menos un entendimiento tanto en lo aeronáutico como reglamentario y todo lo que envuelve a las operaciones aéreas.

#### *Conocimientos Piloto Privado y RPAS*

Como bien describe la OACI y el Estado de Chile en su normativa, un RPAS es básicamente una aeronave como cualquier otra con la diferencia de que es pilotada desde una estación remota. Debido a ello, las mismas fuerzas aerodinámicas que afectan a las aeronaves tripuladas interactúan en un UAS, los mismos principios físicos que hacen posible su vuelo, las mismas leyes universales, el mismo entorno en el que se desempeñan son puntos en común entre la aviación “tradicional” y la no tripulada. Lo anterior quiere decir que hay una serie de conocimientos que el piloto debe saber que son transversales para ambas ramas de la aviación, tal y cual se pudo apreciar anteriormente en la opinión de Roberto Valdebenito.

Por consiguiente se pueden relacionar los tópicos que hacen de un piloto un profesional capacitado para llevar a cabo su trabajo con los necesarios que formen

eficientemente a un operador de RPAS. Para aquella tarea se revisará un curso de piloto, de manera de encontrar los temas comunes y extrapolarlos a la operación de una aeronave no tripulada.

Sin embargo es necesario hacer énfasis en ciertas materias y puntos relevantes de la malla curricular que posee un alumno de Piloto, debido principalmente a las notorias diferencias tanto de tamaño y complejidad entre una aeronave tripulada y una pilotada remotamente.

Precisamente, para definir qué áreas y tópicos son más relevantes, el tiempo promedio de duración de un curso y analizar las diferencias o semejanzas que puede tener un curso de Piloto Privado con uno de Operador de RPAS, se realizan consultas específicas sobre este tema a distintos actores de esta actividad y creciente mercado aéreo, tanto de parte de la autoridad aeronáutica como empresarios que ofrecen trabajos aéreos mediante UAS.

#### *Conversación con Ariel Marinkovic*

De manera de entender el panorama actual que se vive en Chile luego de la entrada en rigor de la DAN 151 y las enmiendas que se le realizaron a la DAN 91 en cuanto a aeronaves no tripuladas, se conversó con Ariel Marinkovic, Periodista y Comunicador Social titulado de la Universidad Arcis, fotógrafo, Operador de RPAS con más de 4000 despegues desde hace 5 años y Director de X-Cam, empresa chilena dedicada a realizar trabajos aéreos audiovisuales e industriales con RPAS.

Dentro de lo conversado con Ariel, destaca que las aeronaves no tripuladas pilotadas a distancia llegaron para quedarse y que en un futuro, mucho más temprano que tarde, esta tecnología será capaz de operar en el espacio aéreo controlado.

Actualmente junto a su compañía Ariel trabaja en la realización de un curso de operador de RPAS validado ante la DGAC, el cual pueda llevar a la obtención de la licencia requerida, puesto que estima que para estar apto para poder operar este tipo de aeronaves se requiere un mínimo de 5 horas de práctica y la declaración jurada que

establece la DAN 151 como requisito no necesariamente garantiza que el postulante tenga las capacidades mínimas para realizar las operaciones de manera segura.

Y la práctica lo es todo. Ariel declara que es indispensable que un operador de RPAS sepa maniobrar manualmente su aeronave, entendiendo los fundamentos aerodinámicos y cómo se comporta en determinados escenarios, de la misma manera en que un piloto comercial de un Airbus A320 debe aprender a volar primero en un Cessna 172. Para dicho entrenamiento Ariel recomienda utilizar juguetes, helicópteros a control remoto que pueden entregar las nociones aeronáuticas básicas de pilotar con viento en contra, viento de cola, saber girar a la derecha o la izquierda independiente de la posición relativa que se tenga con la aeronave. Luego de ello, Marinkovic afirma que es indispensable comprender cómo varían las distancias en las tres dimensiones y por sobre todo la profundidad de campo para poder resguardar la seguridad de la operación, entendiendo que las limitantes en el espacio aéreo son mayores a las que la gente comúnmente piensa, donde 10 metros de diferencia pueden ser determinantes para desencadenar una emergencia.

La legislación aeronáutica es otro punto que Ariel considera importante a la hora de formar operadores de RPAS, debido a la masividad que supone esta actividad y que no toda la gente que se ve involucrada necesariamente sabe de aeronáutica y su reglamentación, lo cual supone un peligro potencial al momento de maniobrar cerca de zonas que la autoridad haya declarado como peligrosa o prohibida. Por otro lado entiende que la privacidad es un tema muy sensible y la ética de trabajo no puede quedar fuera de un curso de preparación, tanto por un tema de respeto a terceros como de seguridad, pues él mismo ya ha sido víctima de intervención ilícita a sus aeronaves.

#### *Curso de Piloto Privado*

Debido a los insumos que se han recopilado, tanto en lo que respecta los ejemplos de cursos para operadores de RPAS alrededor del mundo y específicamente analizada la realidad australiana en la materia, además de la opinión de personas pertenecientes al mundo de la aeronáutica ligada directamente con la aviación no tripulada y según lo que el autor de este trabajo puede deducir principalmente con el

estudio realizado, el siguiente paso para la construcción del curso de Operador de RPAS consiste en analizar en profundidad un curso de preparación de pilotos.

Como la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) dicta la carrera de Piloto Comercial, acreditada por la agencia Acredita CI ante la Comisión Nacional de Acreditación de Chile y además cumple con los requisitos estipulados en los reglamentos y normativas que estipula la autoridad aeronáutica nacional, se utilizará dicha malla académica para su revisión, de manera de analizarla y poder dilucidar cuál (cuáles) materia(s) son clave y necesarias para su utilización en un curso de operador de RPAS.

A continuación se presenta de modo general la malla académica de la carrera de Piloto Comercial de la UTFSM:

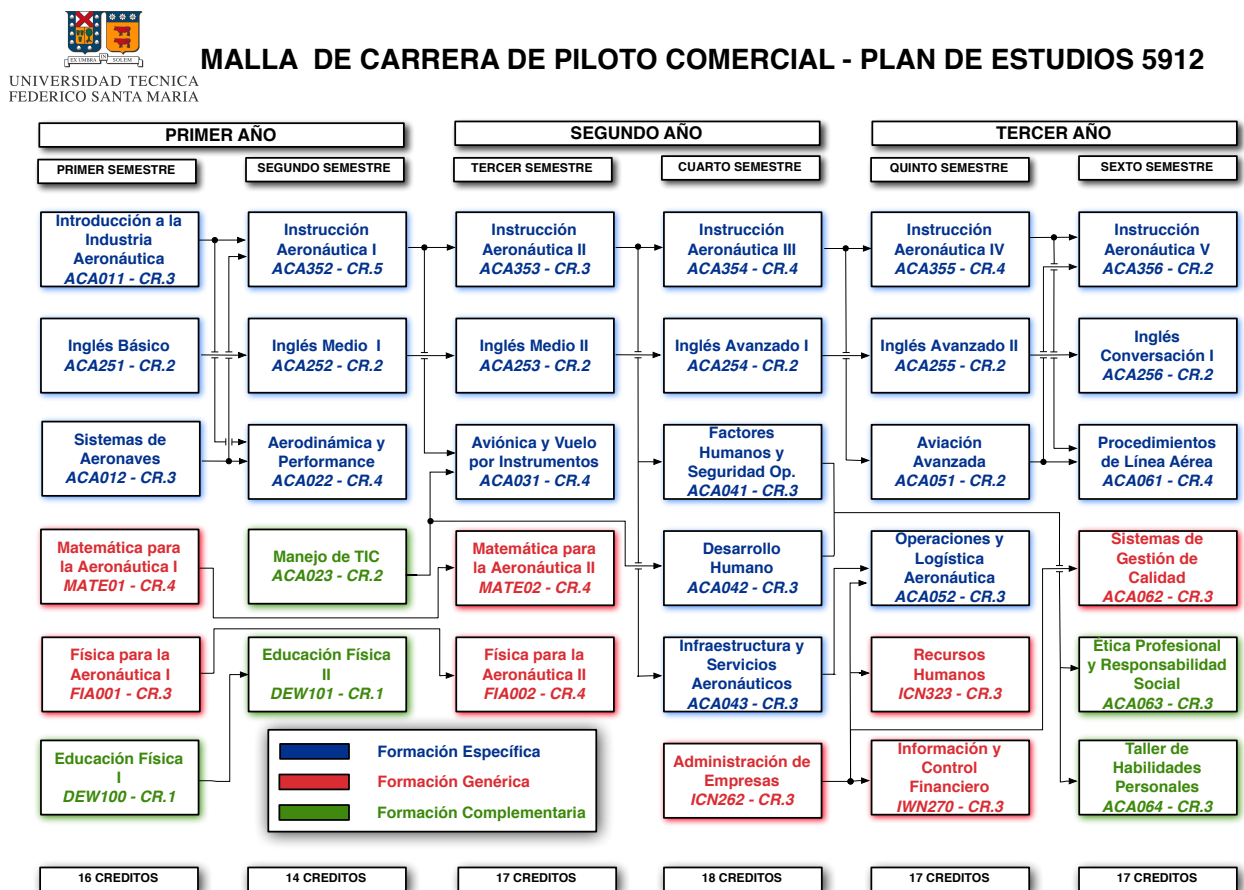


Ilustración 6: Malla curricular carrera Piloto Comercial

Debido a la masividad potencial que posee la operación de RPAS, el público objetivo al cual se apunta el curso no necesariamente tiene conocimientos básicos de aeronáutica y su industria y evolución a lo largo del tiempo. Temas como su importancia en el desarrollo económico nacional, seguridad, aplicaciones, etc., forman parte importante del contexto situacional que debe entenderse al momento de realizar o estar en presencia de operaciones aéreas, de manera de dejar de lado el “juego” que puede representar un aparato que llegó en sus primeras versiones a Chile como un artefacto de juguete y centrarse en su actividad aérea como una herramienta tanto social como económica.

Es por lo anterior que de la lista de materias que se exponen en la malla curricular de la carrera de Piloto Comercial de la Academia de Ciencias Aeronáuticas de la Universidad Federico Santa María, primeramente se propone tomar en cuenta el curso de *Introducción a la Industria Aeronáutica* (ver anexo) con una variación en su enfoque, con objeto de adaptarlo a la realidad que se pueda exponer en cuanto a las aeronaves no tripuladas pilotadas a distancia, pero entregando una visión amplia de lo que es la industria en general y dónde se posiciona dentro de ella la operación de UAS. Dentro de este ramo se incluyen entre otros, los contenidos básicos de meteorología y reglamentación.

Otra de las materias que se pueden aplicar desde la malla curricular expuesta en la *ilustración 6* a la realización de un curso de Operador de RPAS viene dado por *Aerodinámica y Performance*, la cual es parte fundamental del examen que actualmente conduce a la obtención de la credencial de Operador de RPAS que fija la DGAC en su normativa DAN 151, y que como se ha podido revisar a lo largo del desarrollo que se ha expuesto y el análisis de cursos tanto nacionales como extranjeros, es indispensable pues muestra las fuerzas básicas que intervienen en el actuar de la aeronave. Debido a aquello el autor de este trabajo sigue manteniendo dentro de los conocimientos mínimos para poder operar de manera segura una aeronave pilotada a distancia dicha materia, la que por su composición se enmarca dentro de lo que son las ciencias básicas de la aviación. Entender cómo se ve afectada la operación misma a causa de variaciones en la presión del aire o posición de las alas, la injerencia que la potencia y velocidad tienen sobre el

vuelo mismo, entre otros tópicos, facilitan la toma de decisiones al momento de operar ya sea en condiciones favorables o ante una contingencia.

Como cualquier otra actividad humana, la operación de aeronaves ya sean tripuladas o no engloba una serie de interacciones interpersonales en todo su proceso, desde la planificación de un vuelo hasta que el trabajo ya está completamente realizado. Es por ello que el ramo de *Factores Humanos y Seguridad Operacional* que se expone en la malla curricular de Piloto Comercial se torna necesario no tan sólo para dicho curso sino que también se debe considerar el curso de Operador de RPAS. Actualmente el Factor Humano que define la OACI: “*personas en sus situaciones de vida diaria y trabajo, a su relación con las máquinas, con los procedimientos y con el ambiente que les rodean*” es causante de cerca del 80%<sup>19</sup> del total de accidentes e incidentes en la aviación, lo cual recalca la importancia de saber manejar e interactuar no tan sólo con el entorno humano que rodea la actividad aeronáutica sino que también con las máquinas y la tecnología que esta actividad representa. Es así como la Seguridad Operacional encierra la naturaleza de las operaciones uniando tanto el vínculo persona a persona como con el entorno y las máquinas (y las relaciones entre sí), lo cual le da sentido a todas las ciencias básicas que forman parte de la realización de un vuelo. En este aspecto es fundamental entender que al igual lo estipula Newton en su tercera Ley Universal: cada acción desencadena una reacción.

Tomando en cuenta de los tres ramos que se expusieron dentro de lo que es la malla curricular de la carrera de Piloto Comercial, se dictan 5 de los 9 tópicos que presenta la DAN 141 y su versión modificada en este trabajo, lo que lleva a la propuesta de crear 3 ramos específicos que puedan entregar los conocimientos requeridos de una forma más directa, separado de los elementos ya escogidos de la malla curricular de Piloto Comercial, dichos ramos son: *Conocimiento del RPAS, Planificación de vuelo y Performance, Navegación y Comunicaciones*, cuyos contenidos temáticos serían específicamente los que se desprenden del listado modificado de la normativa.

---

<sup>19</sup> (Amézcuca [no date])

Adicionalmente a los ramos que ya se han comentado, se propone la creación de otro, pues tener la capacidad de poder operar aeronaves a distancia donde las “tradicionales” no podrían por temas de espacio, performance y seguridad conlleva a tomar en cuenta situaciones y dilemas éticos a los que un operador se puede ver afectado al momento de realizar un vuelo ya sea estacionario o de paso sobre sectores tanto públicos como privados, ya sean residenciales o comerciales. La facilidad que poseen las aeronaves no tripuladas a ser utilizadas de mala manera genera la necesidad latente de contar con un marco ético que regule las operaciones, tanto por seguridad y tranquilidad de terceros como para quien realiza el vuelo mismo y sus componentes relacionados. En este aspecto se destaca del curso de Piloto Comercial de la UTFSM el ramo de *Ética profesional y Responsabilidad Social*, el cual busca aclarar y entregarle al futuro operador una normativa que no aparece necesariamente de manera explícita en la ley y distintas regulaciones aeronáuticas pero que si son de ayuda para evitar tanto malos entendidos como situaciones que puedan afectar de cierta manera la privacidad de las personas y la seguridad operacional.

## *PROPUESTA FINAL*

Los análisis desarrollados a lo largo de este trabajo de investigación finalmente se conjugan en la importancia que recae sobre la formación de pilotos remotos capaces de maniobrar aeronaves pilotadas a distancia con la misma seriedad y seguridad que las operaciones de aeronaves tripuladas. Tomando en cuenta dicha necesidad, el autor se dispone a presentar la creación final de la propuesta del Curso de Operador de RPAS, el cual se estructura para entregarle al alumno las herramientas necesarias para operar manteniendo la seguridad con niveles aceptables y sabiendo reconocer su entorno y cómo el RPAS interactúa en él.

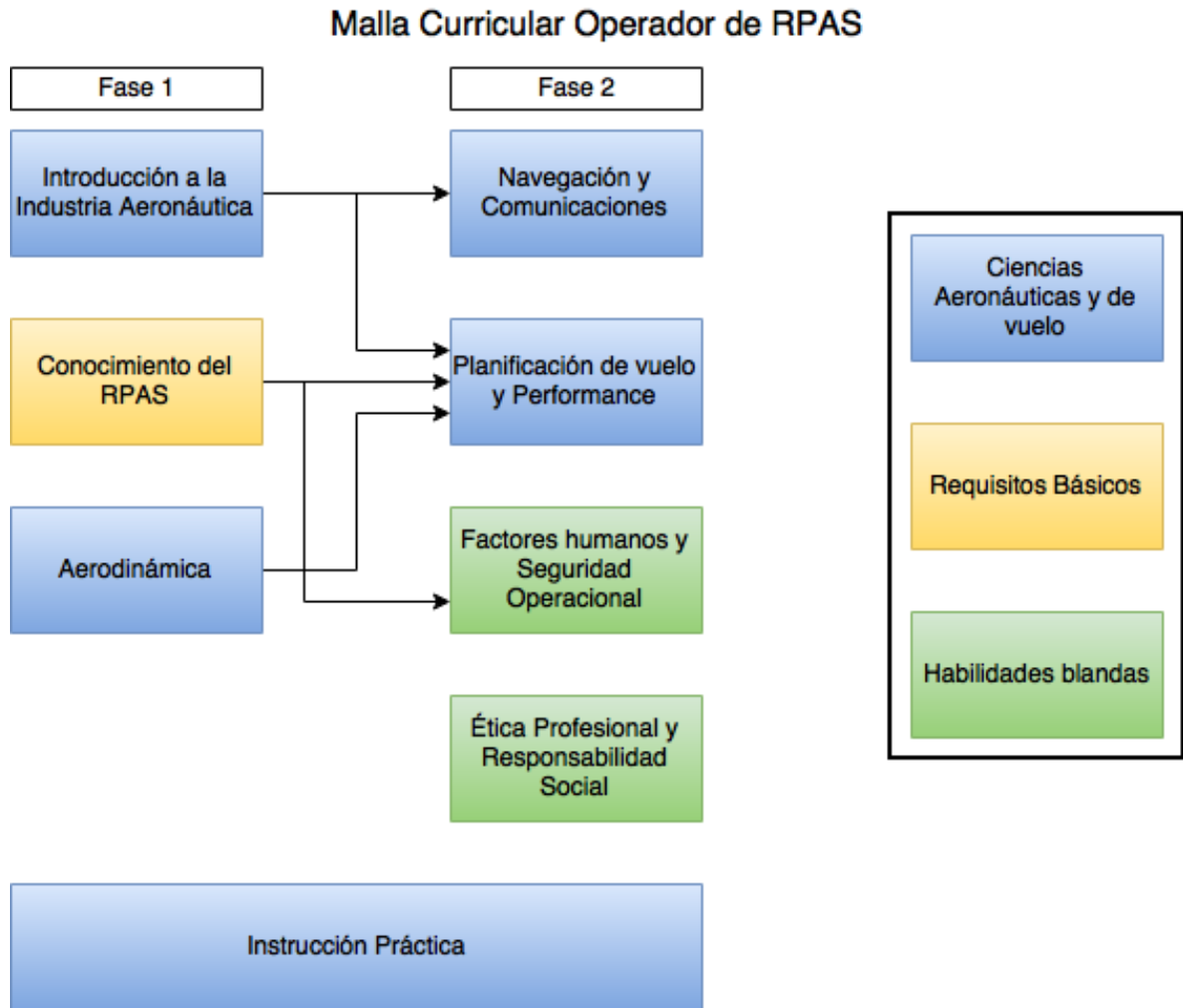
A continuación se presenta la propuesta:

### *Formación*

El Operador de RPAS es un piloto remoto, especializado en la operación y maniobrabilidad de Sistemas de Aeronave Pilotadas a Distancia, capacitado para volar tanto aeronaves que realicen trabajos comerciales como de manera privada y en el espacio aéreo segregado como no segregado. Su formación integral le permite elaborar planes de vuelo y mantenerse en contacto con radioayudas y el resto del tráfico adyacente a su posición, utilizando y comprendiendo un lenguaje técnico al mismo tiempo que es capaz de mantener la seguridad operacional en su desempeño.

*Plan de estudios*

El plan de estudios contempla una sólida formación aeronáutica en conjunto con habilidades blandas y el conocimiento de su material de vuelo.



*Ilustración 7: Propuesta de malla curricular Operador de RPAS*

Dicha malla curricular constará de la siguiente distribución de horas pedagógicas:

Ramo	Cantidad horas pedagógicas
Introducción a la Industria Aeronáutica	30
Aerodinámica	20
Factores Humanos y Seguridad Operacional	10
Ética profesional y responsabilidad social	8
Conocimiento del RPAS	10
Planificación de vuelo y performance	14
Navegación y comunicaciones	12
Instrucción práctica	16
EXÁMENES	16
Trabajo Administrativo	16
<b>Total</b>	<b>152</b>

Tabla 6: Distribución de horas pedagógicas del curso de Operador de RPAS

La distribución de horas pedagógicas que presenta la *Tabla 6* para la realización del curso se encuentra estructurada de tal manera de poder abarcar la totalidad de los contenidos, centrándose en aquellos que son indispensables específicamente para RPAS. Se aprecia que las mayores cargas horarias se encuentran en aquellos ramos que, según la especificación que se realizó en el análisis del curso de piloto<sup>20</sup>, son las más básicas debido a que se componen tanto de las distintas legislaciones que se deben cumplir en las operaciones como las fuerzas a las que está expuesta la aeronave. Además de lo mencionado, se presenta en dicha tabla el tiempo requerido para la realización de los distintos exámenes de los ramos anteriormente presentados y además el correspondiente trabajo administrativo que deben realizar los profesores fuera del aula, tanto como para preparación de las clases, exámenes, atención a alumnos, etc.

Con el total de horas especificadas en la *tabla 6* se estima factible en realizar un curso que pueda entregar el perfil de egreso que se describió al inicio de esta propuesta.

<sup>20</sup> Ver capítulo: III. DESARROLLO, *Curso de Piloto Privado*.

Debido a la cantidad de horas descritas, se propone que el curso se lleve a cabo en dos semanas, de lunes a sábado idealmente en horarios de “jornada completa”, o en otras palabras abarcando desde la mañana, un *break* de almuerzo y parte de la tarde. Para mayor detalle se adjunta la propuesta de horario del curso (la cual puede variar según la disponibilidad de los profesores, salas y distintos recursos necesarios):

Ramo	Designador
Introducción a la Industria Aeronáutica	A
Aerodinámica	B
Factores Humanos y Seguridad Operacional	C
Ética profesional y responsabilidad social	D
Conocimiento del RPAS	E
Planificación de vuelo y performance	F
Navegación y comunicaciones	G
Instrucción práctica	H

Tabla 7: Designadores de cada asignatura del curso de Operador de RPAS

SEMANA 1						
Bloque	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
1	A	A	A	A	A	EXAMEN A
2				E	E	EXAMEN B
3				E	E	EXAMEN E
4	E	E	E	A	A	H
5	B	B	B	B	B	
6						

SEMANA 2						
Bloque	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
1	C	C	C	C	C	EXAMEN C
2	G	G	G	G	F	EXAMEN G
3	F	F		F	G	EXAMEN F
4	H	H	H	H	H	EXAMEN H
5	D	D	D	D	EXAMEN D	
6						

Ilustración 8: Propuesta de horario para el curso de Operador de RPAS

### *Instrucción práctica*

Lo que se refiere netamente a la instrucción práctica que se desarrolla a lo largo del curso, la cual consta de 16 horas pedagógicas más un examen, su aplicación al ser destinada para personas que vienen con conocimiento nulo en lo que son los RPAS, comienza desde lo más básico que viene dado por controlar un helicóptero radiocontrolado de juguete. Dicho ejercicio pretende ser un acercamiento a lo que es el control de la aeronave, desde el llamado “perilleo” (manipulación de las perillas de control), hasta desarrollar la sensibilidad necesaria para dirigir de manera suave y segura el aparato.

La fase 2 del entrenamiento empírico se lleva a cabo con un helicóptero de mayor complejidad que el juguete de la etapa anterior y tiene por finalidad aumentar paulatinamente la exigencia y dificultad de la operación. Así mismo, luego se tienen dos opciones de tercera etapa, en donde se puede maniobrar un RPAS un poco más “profesional” de un PMD de 1,6 kg con el modelo DJI F450, o uno más grande y pesado como el DJI S900 de hasta 8,2 kg de PMD. En dicha etapa a parte de maniobrar la aeronave también se aprende a utilizar y monitorear la cámara incluida, de manera de poder estar atento a los distintos parámetros tanto aeronáuticos como anexos que posee el drone.

Cabe señalar que tanto el entrenamiento con los modelos F450 y S900 son excluyentes entre sí, debiendo el alumno elegir al final de la fase 2 especificada anteriormente en cuál continuar el curso, debido a que cada uno corresponde a categorías distintas de la clase I (categoría IA y IB respectivamente).

Por su parte son estos dos modelos de la marca DJI los propuestos para llevar a cabo el curso por su versatilidad y uso recurrente dentro de lo que son las empresas que prestan servicios de trabajos aéreos con este tipo de aparatos, además la marca de los RPAS (DJI) tiene una amplia cobertura en Chile, lo cual hace más fácil su uso en términos de encontrar repuestos y servicios de postventa que puede prestar.

A continuación se presenta la distribución de horas de entrenamiento práctico del curso:

Fase	Horas
Vuelo Helicóptero principiante	8
Vuelo Helicóptero nivel 2	4
Vuelo DJI F450	4
Vuelo DJI S900	4

Básico
Electivo

Tabla 8: Distribución de horas de entrenamiento práctico curso Operador de RPAS

A consecuencia de las distintas opiniones recogidas de personas insertas en la operación de RPAS desde lo comercial hasta lo regulatorio, y según el aprendizaje que el autor ha experimentado a lo largo del desarrollo de este trabajo de título, se estimaron la cantidad de horas pedagógicas idóneas para realizar el entrenamiento práctico de la operación de aeronaves no tripuladas presentadas en la *Tabla 8*.

Para términos de esta propuesta se presentan solamente aeronaves de Clase I de la clasificación que se propuso anteriormente en este trabajo principalmente por la disponibilidad y el alcance económico que tienen los RPAS de las clases superiores. Además se grafican las etapas de entrenamiento con vuelos en helicópteros y/o multirrotores de manera estándar, lo cual no significa que se cierre solamente a ese tipo de aeronaves, pudiendo ser reemplazado por RPAS de ala fija u otro tipo. La muestra es sólo referencial debido a su uso extendido en los trabajos aéreos en Chile.

#### *Perfil de ingreso*

Los alumnos que quieran realizar el curso de Operador RPAS propuesto en este trabajo pueden ser indistintamente personas desde los 17 años de edad, siguiendo lo establecido para los alumnos de Piloto de aeronaves tripuladas que se puede encontrar en el Reglamento de Licencias al Personal Aeronáutico<sup>21</sup>. En el caso de que el postulante sea menor de 17 años, se deberá contar con una autorización y consentimiento de su representante legal además de solicitar una excepción dependiendo del tipo de actividad que desee realizar al aprobar el curso. Como la legislación chilena exige un mínimo de 18 años de edad para poder realizar trabajos remunerados, entre 14 y 18 años de edad se pueden admitir personas que cumplan con el plan básico de entrenamiento, esto es

<sup>21</sup> (Dirección General de Aeronáutica Civil 2015)

obviando las 4 horas de práctica específica o electiva. Para el caso de ser mayor de 60 años se solicitarán exámenes médicos que respalden condiciones básicas para poder manipular RPAS y recibir la instrucción.

Por otra parte, si el alumno postulante posee alguna de las licencias expuestas en la *Tabla 9* vigente en cualquiera de las aeronaves estipuladas en el reglamento DAR 01 (Licencias al Personal Aeronáutico) que publica de DGAC, se podrán convalidar ciertos ramos de instrucción aeronáutica teórica posterior a un examen de convalidación. El plan específico para los profesionales de la aviación se muestra en la *tabla 10*.

<b>Licencias</b>
Piloto Privado
Piloto Comercial
Piloto de Transporte de Línea Aérea

*Tabla 9: Licencias que convalidan contenidos en el curso Operador de RPAS*

<b>Ramo</b>	<b>Cantidad horas pedagógicas</b>
Conocimiento del RPAS	10
Planificación de vuelo y performance	6
Navegación y comunicaciones	4
Instrucción práctica	16
EXÁMENES	16
Trabajo Administrativo	16
<b>Total</b>	<b>68</b>

*Tabla 10: Distribución de horas por asignatura para convalidaciones*

Tanto los ramos de Introducción a la Industria Aeronáutica como Aerodinámica, Factores Humanos y Seguridad Operacional y Ética Profesional y Responsabilidad Social serán los que se someterán a exámenes de convalidación, pues se entiende que al tener las licencias especificadas deben tener algún tipo de formación en las áreas especificadas. Si alguno de dichos ramos no es aprobado se deberá cursar el ramo completo.

Por otro lado se aprecia en la *tabla 10* que las horas pedagógicas de Planificación de vuelo y performance y de Navegación y Comunicaciones sufren en este plan especial una rebaja, entendiendo que los profesionales de la aviación tienen conocimiento de

dichos tópicos, sin embargo dentro del plan especial se le da un enfoque especializado en lo que son los RPAS entendiendo las diferencias que pueden existir entre estas últimas y las aeronaves tripuladas.

*Evaluación económica de implementación*

Propuesta general			
Ramo	Cantidad horas pedagógicas	Precio profesor por hora	Total
Introducción a la Industria Aeronáutica	30	\$20.000	\$600.000
Aerodinámica	20	\$20.000	\$400.000
Factores Humanos y Seguridad Operacional	10	\$20.000	\$200.000
Ética profesional y responsabilidad social	8	\$20.000	\$160.000
Conocimiento del RPAS	10	\$20.000	\$200.000
Planificación de vuelo y performance	14	\$20.000	\$280.000
Navegación y comunicaciones	12	\$20.000	\$240.000
Instrucción práctica	16	\$20.000	\$320.000
EXÁMENES	16	\$20.000	\$320.000
Trabajo Administrativo	16	\$20.000	\$320.000
<b>Total</b>	<b>152</b>		<b>\$3.040.000</b>

*Tabla 11: Costo de profesores para la implementación del curso Operador de RPAS*

A su vez, especificado el plan de desarrollo del curso y sus fundamentos se adjunta una preevaluación económica del valor de la inversión en insumos básicos que se requiere para llevar a cabo la propuesta.

INSUMOS	Cantidad	Precio por unidad	Total
Helicóptero principiante	12	\$40.700	\$488.400
Helicóptero Nivel 2	4	\$194.990	\$779.960
DJI F450	2	\$1.189.000	\$2.378.000
DJI S900	2	\$1.199.000	\$2.398.000
<b>Total</b>			<b>\$6.044.360</b>

*Tabla 12: Valores de los insumos básicos para implementar el curso Operador de RPAS*

Cabe destacar que las estimaciones en cuanto a al valor por hora pedagógica del profesor a cargo de dictar el ramo se llevó a cabo tomando en cuenta el costo de un

profesor de cátedra part-time promedio sin postítulos, información que fluctúa en el mercado debido a distintas razones como el tipo de establecimiento educacional, facultad o departamento al cual pertenece, etc., para efectos de la estimación presentada en este trabajo se utiliza un valor de \$20.000 por hora (cronológica). Dicho dato sin embargo es clave para estimar los costos de implementación del curso, lo que hace que la sensibilidad ante este dato sea crítica por lo que variarlo modificaría sustancialmente la estructura de costos y es en dicho punto donde el inversor o entidad que decida acogerse a la propuesta debe analizar según su realidad el aumentar, disminuir o mantener los valores presentados. La estimación expuesta en la *tabla 11* corresponde a la duración del curso (2 semanas, 12 días).

En cuanto a los insumos, estos tienen incluido un servicio de postventa y una serie de repuestos básicos de las partes que más pueden presentar averías por uso del mismo, sin embargo no se incluyen en la cotización los repuestos con los que debiera contar el centro de instrucción a largo plazo. Los precios publicados son promedio del mercado, por lo que se pueden encontrar mayores y menores dependiendo del lugar donde se coticen<sup>2223</sup>.

Finalmente esta propuesta de curso va enfocado principalmente a centros de instrucción aeronáutica u otro tipo de instituciones ya funcionando, por lo que la estimación de costos e inversión presentada no incluye ni el arriendo o construcción de un lugar donde impartir las clases ni los costos de administración (entre otros).

Ítem	Costo
Profesores	\$3.040.000
Insumos	\$6.044.360
<b>Total</b>	<b>\$9.084.360</b>

*Tabla 13: Costo final de la implementación básica de la propuesta del curso Operador de RPAS*

<sup>22</sup> Modelos [F450](#) y [S900](#) de DJI cotizados en DroneStore [Acceso: 25 agosto 2016].

<sup>23</sup> Helicóptero principiante cotizado en [mmhobbies](#), helicóptero nivel 2 cotizado en [XRCHobbies](#) [Acceso: 25 agosto 2016].

## IV. CONCLUSIONES

Luego del desarrollo de este trabajo y la construcción de la propuesta para el curso de Operador de RPAS se puede concluir que para pensar en la integración total de este tipo de aparatos dentro del Sistema Aeronáutico es necesario primero hacer entender a la comunidad en general que los comúnmente conocidos drones son efectivamente aeronaves, tal y cual lo define la OACI, y con ello tener en claro todas las obligaciones y deberes pero también derechos que su operación reviste, que más allá de que puedan (o no) parecer juguetes al estar en uso pueden generar como cualquier otro aparato móvil accidentes e incidentes que pongan en riesgo no sólo la actividad económica sino que también las vidas e integridad física de las personas. Dicho entendimiento y conceptualización de los RPAS no es antojadizo, puesto que es el insumo principal para la elaboración de una regulación y normativa robusta que defina claramente las reglas para mantener los niveles de seguridad en cada operación y con ello la importancia de formar y entrenar adecuadamente a quienes son responsables de llevarla a cabo.

Una formación y capacitación formal de los futuros operadores y pilotos remotos de RPAS es necesaria para el correcto funcionamiento de la actividad aeronáutica de las aeronaves no tripuladas, ya sea esta general o comercial y debe mantener la misma importancia y seriedad que la formación de pilotos de aeronaves tripuladas, por lo que deben ser preparados por entidades certificadas por la autoridad aeronáutica del Estado. Dicho trabajo es una labor conjunta, no sólo de la autoridad aeronáutica sino que de todos los actores de la industria, los cuales deben aportar desde sus respectivas tribunas los insumos necesarios para este desarrollo, desde universidades y centros de investigación hasta las empresas comerciales, todo en pos de generar una sinergia que propicie, tal y cual se puede observar regularmente en la aviación, una gestión proactiva y preventiva. Sin embargo, es el Estado el que debe liderar dicho proceso mediante los organismos competentes, de manera cumplir con su rol de velar por la seguridad de sus habitantes.

Dentro de lo que es específicamente el desarrollo de la normativa que regule las operaciones de RPAS, esta debiera definir los requisitos físicos y etarios para poder obtener una licencia para maniobrar drones, tanto de manera privada como comercial. Por otro lado, particularmente en lo que es el entrenamiento y pericia mínima para obtener una licencia, es urgente que se certifiquen centros de instrucción de aeronáutica civil para validar estas aptitudes, puesto que el actual sistema de contar con una declaración jurada ante notario no es garantía de saber operar de manera segura una aeronave no tripulada.

Es preciso que la comunidad aeronáutica internacional defina los parámetros y características generales de clasificación de aeronaves no tripuladas y elaborar un estándar que permita agruparlas en categorías explícitas y claras, y con ello ayudar a la creación de las regulaciones específicas para RPAS.

En lo que concierne a los costos de la propuesta de este trabajo de título, se puede (y debe) realizar una evaluación económica general (primero) de prefactibilidad para su implementación, destinado al surgimiento de empresas que quieran desarrollar este negocio desde “cero”, lo cual incluya entre otras cosas una evaluación total del proyecto en si.

Finalmente se entiende que los estudios e investigaciones en cuanto a la aviación no tripulada tienen una larga vida por delante mientras siga creciendo el interés de la comunidad aeronáutica y más aún de la gente en general, por lo que esta memoria de título abre en cierta manera una arista de trabajo a futuro y desarrollo de otras tesis y memorias.

## BIBLIOGRAFÍA

- 24/7 Staff, Supply Chain 24/7, 2015, Amazon's Top Prime Air Executive Outlines Plans for Delivery Drones to Navigate Skies - Supply Chain 24/7. *Supplychain247.com* [online]. 2015. [Acceso: 25 Julio 2016]. Disponible en: [[http://www.supplychain247.com/article/amazon\\_outlines\\_plans\\_for\\_delivery\\_drones\\_to\\_navigate\\_skies](http://www.supplychain247.com/article/amazon_outlines_plans_for_delivery_drones_to_navigate_skies)]
- AAIF REVIEW OF DRAFT CASA ADVISORY MATERIALS, 2012. *SUASNEWS* [online],
- Aidplane - A Lifesaving Solution, 2016. *Delft University of Technology* [online],
- Amézcuca, Octavio, [no date], Factores humanos en aviación. *Sociedad Española de Medicina Aeroespacial* [online]. [Acceso: 25 Julio 2016]. Disponible en: [<http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/Factores-Humanos.pdf>]
- Border, Peter and Washbourne, Carla, 2014, Research Briefings - Civilian Drones. *Researchbriefings.parliament.uk* [online]. 2014. [Acceso: 25 Julio 2016]. Disponible en: [<http://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/POST-PN-479#fullreport>]
- Calvo, Carlos, Herranz, Francisco and Calvo, Pedro, 2014, De los UAV a los RPAS. *perfiles IDS* [online]. 2014. [Acceso 10 Mayo 2016]. Disponible en: [<http://www.infodefensa.com/wp-content/uploads/Af-Uavs-10-03.pdf>]
- Carey, Bill, 2015, UK Conducts First Large Drone Flight in Unrestricted Airspace. *Aviation International News* [online]. 2015. [Acceso 25 Julio 2016]. Disponible en: [<http://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2015-10-15/uk-conducts-first-large-drone-flight-unrestricted-airspace>]
- Chester, Darren, 2016, Civil Aviation Legislation Amendment (Part 101) Regulation 2016. *Legislation.gov.au* [online]. 2016. [Acceso 25 Julio 2016]. Disponible en: [<https://www.legislation.gov.au/Details/F2016L00400>]
- Coyne, Jim, 2015, CASA UAS Regulatory Development. . Presentation. 2015.
- Davidor, Benny, 2015, *JARUS FCL Recommendation* [online]. 1. [Acceso 25 Julio 2016]. Disponible en: [[79](http://jarus-rpas.org/sites/jarus-</a></li></ul></div><div data-bbox=)

rpas.org/files/jar\_03\_doc\_fcl\_0.pdf]

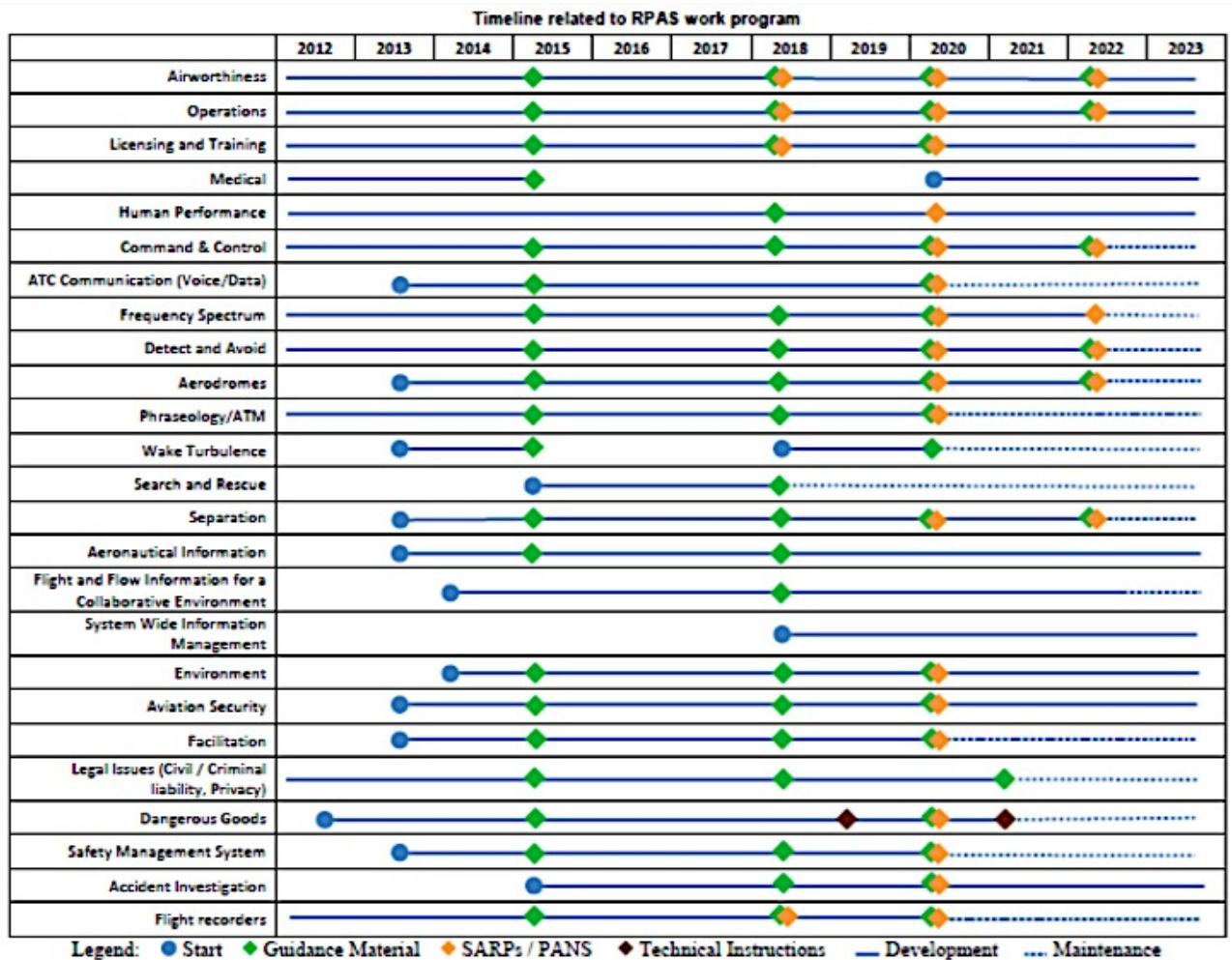
- Dirección General de Aeronáutica Civil, 2015, *DAN 151*. Santiago : DGAC.
- Dirección General de Aeronáutica Civil, 2015, *DAN 141*. Santiago : DGAC.
- Dirección General de Aeronáutica Civil, 2015, *DAN 91*. Santiago : DGAC.
- Dirección General de Aeronáutica Civil, 2015, *DAR 01*. Santiago : DGAC.
- Dirección General de Aeronáutica Civil, 2000, *Manual de Meteorología Aeronáutica*. Santiago.
- Dirección General de Comunicaciones USM, 2014, En la USM se conversa sobre regulación para drones · USM Noticias · Universidad Técnica Federico Santa María. *En la USM se conversa sobre regulación para drones · USM Noticias · Universidad Técnica Federico Santa María* [online]. 2014. [Acceso 25 Julio 2016]. Disponible en: [<http://www.noticias.usm.cl/2014/12/16/en-la-usm-se-conversa-sobre-regulacion-para-drones/>]
- Drone infographics: A look into the aviation of the future - Transport, 2016. *Ec.europa.eu* [online],
- Ehredt, Dave, 2010, *UAS Yearbook - UAS: The Global Perspective* [online]. 8. Blyenburgh & Co. [Acceso 25 Julio 2016]. Disponible en: [[http://uvs-info.com/phocadownload/05\\_3b\\_2010/P061-062\\_NATO\\_Dave-Ehredt.pdf](http://uvs-info.com/phocadownload/05_3b_2010/P061-062_NATO_Dave-Ehredt.pdf)]
- European RPAS Steering Group, 2013, *Roadmap for the integration of Remotely-Piloted Aircraft Systems into the European Aviation System* [online]. 1. [Acceso 25 Julio 2016]. Disponible en: [[http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/news/European-RPAS-Roadmap\\_130620.pdf?issuusl=ignore](http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/news/European-RPAS-Roadmap_130620.pdf?issuusl=ignore)]
- Finnegan, Phil, 2015, PRESS RELEASE: UAV Production Will Total \$93 Billion - Teal Group Corporation: Aerospace and Defense Market Intelligence | Analysis and Forecasts. *Tealgroup.com* [online]. 2015. [Acceso 25 Julio 2016]. Disponible en: [<http://www.tealgroup.com/index.php/teal-group-news-media/item/press-release-uav-production-will-total-93-billion>]
- Grose, Thomas, 2014, The Next Chapter of Flight: Planes Without Pilots. *Newsweek* [online]. 2014. [Acceso 25 July 2016]. Disponible en: [<http://www.newsweek.com/2014/07/25/next-chapter-flight-cargo-planes-without->

pilots-259717.html]

- Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos and Baptista Lucio, Pilar, 2006, *Metodología de la investigación*. México : McGraw Hill.
- International Civil Aviation Organization, 2011, *Unmanned aircraft systems (UAS)*. Montréal : International Civil Aviation Organization.
- Isidoro Carmona, A, 1999, *Aerodinámica y actuaciones del avión*. Madrid : Paraninfo.
- Radu, Catalin, 2015, ICAO vision. . Presentation. 2015.
- Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) course - NATS, 2016. *NATS* [online]
- The Platform for Unmanned Cargo Aircraft (PUCA) - Platform Unmanned Cargo Aircraft, 2016. *Platform Unmanned Cargo Aircraft* [online],
- Tomasello, Filippo, 2012, Rulemaking for RPAS underway: EC, EASA and ICAO. . Presentation. 2012.
- UAV / RPAS Training Center | esc Aerospace, 2016. *Esc-aerospace.com* [online]
- Ureña, Marcelo, 2012, Aeronaves Pilotadas a Distancia. . Presentation. 2012.
- van Blyenburgh, Peter, 2012, RPAS: Status, needs and challenges. . Presentation. 2012.

## ANEXOS

- ROADMAP OACI para desarrollo del programa RPAS:



- **Clasificación para RPAS (UAV) de la OTAN:**

Class	Category	Normal employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Primary Supported Commander	Example platform
CLASS I (less than 150 kg)	SMALL >20 KG	Tactical Unit (employs launch system)	Up to 5K ft AGL	50 km (LOS)	BN/Regt, BG	Hermes 90 Luna
	MINI 2-20 kg	Tactical Sub-unit (manual launch)	Up to 3K ft AGL	25 km (LOS)	Coy/Sqn	Aladin DH3 DRAC Eagle Raven Scan Skylark Strix T-Hawk
	MICRO <2 kg	Tactical PI, Sect, Individual operator (single)	Up to 200 ft AGL	5 km (LOS)	PI, Sect	Black Widow
CLASS II (150 kg to 600 kg)	TACTICAL	Tactical Formation	Up to 10,000 ft AGL	200 km (LOS)	Bde Comd	Aerostar Hermes 450 iView 250 Ranger Sperwer
CLASS III (more than 600 kg)	Strike/ Combat	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theater COM	
	HALE	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theater COM	Global Hawk
	MALE	Operational/theater	Up to 45,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	JTF COM	Predator B Predator A Harfang Heron Heron TP Hermes 900

Table 1 - NATO UAS Classification Guide. September 2009 JCGUAV meeting

- **Información general de ramos de la carrera de Piloto Comercial utilizados en la propuesta.**

## Introducción a la Industria Aeronáutica

### I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA.

Asignatura: <b>INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA AERONÁUTICA.</b>		Sigla: <b>ACA011</b>				
Créditos UTFSM : <b>3</b>	Prerrequisitos: <b>No Tiene.</b>	Examen: <b>Sí</b>	Unidad Académica que la imparte.			
Créditos SCT : <b>5</b>			<b>ACA</b>			
Horas Cátedra Semanal : <b>4,5</b>	Horas Ayudantía Semanal : <b>0</b>	Horas Laboratorio Semanal : <b>0</b>	Semestre en que se dicta			
			Impar	Par	Ambos	
			<b>X</b>			
Eje formativo : <b>Formación Específica.</b>						
Tiempo total de dedicación a la asignatura: <b>150 horas Cronológicas.</b>						

#### Descripción de la Asignatura

Esta asignatura caracteriza el entorno en que se desenvuelve la aviación comercial, identificando aspectos históricos y básicos del sistema aeronáutico, de la normativa e infraestructura aeronáutica, meteorología aeronáutica y de navegación aérea, en el nivel operacional del piloto privado de avión.

Se distinguen los aspectos fundamentales que conforman el ambiente en que se desenvuelven las operaciones aéreas, sus componentes estructurales, principales organizaciones aeronáuticas y factores que influyen en la operación aérea de la aviación general.

Con esta asignatura el estudiante, dispondrá de conocimientos mínimos suficientes para iniciar, una vez aprobada, su curso práctico de vuelo para obtener Licencia de Piloto Privado.

#### Requisitos de entrada

**No tiene requisitos.**

#### Contribución al perfil de egreso

Las actividades curriculares que se desarrollarán en esta asignatura modular contribuirán a que el alumno integre las siguientes competencias, en la instrucción práctica de vuelo:

##### **ESPECÍFICAS**, en el nivel de competencia **“Pericias Básicas de Pilotaje (PBP)”**

1. Aplicar principios de manejo de amenazas y errores en el avión.
2. Ejecutar operaciones en tierra, antes y después del despegue, del vuelo y del aterrizaje.
3. Operar el avión en condiciones meteorológicas de vuelo visual.
4. Navegar el avión.

##### **TRANSVERSALES**, en un nivel inicial:

1. De escrupulosidad y rigurosidad en el actuar profesional.
2. De confianza en sí mismo, con capacidad de crítica y autocrítica.
3. Orientación a la búsqueda permanente de nuevos conocimientos y capacidades, a través de la investigación, el autoaprendizaje y la actualización en materias técnicas y aeronáuticas, facilitando su continuación de estudios
4. De compromiso ético, con responsabilidad social y compromiso ciudadano.
5. Manejar el computador y las tecnologías de información y comunicación (TIC), en forma competente.

#### Resultados de Aprendizaje que se espera lograr en esta asignatura.

- RA1.** Describe las funciones generales y técnicas de los principales componentes aeronáuticos, de acuerdo a las condiciones de realización y necesidades de apoyo de las operaciones aéreas comerciales, a nivel internacional, regional y nacional.
- RA2.** Caracteriza las propiedades y condicionantes terrestres, atmosféricas, meteorológicas que influyen en la navegación y operaciones aéreas de la aviación general.
- RA3.** Describe los elementos y características generales de aeródromos, comunicaciones y ayudas a la navegación aérea que facilitan el desarrollo de las operaciones aéreas, bajo las reglas VFR.
- RA4.** Relaciona procedimientos operacionales con la reglamentación aeronáutica y actuación humana, pertinente al piloto privado.

**I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA**

Asignatura: <b>Aerodinámica y Performance</b>		Sigla: <b>ACA-022</b>	Fecha de aprobación 21/04/2015 (Acuerdo CC.DD. 06/2015)		
Créditos UTFSM: <b>4</b>	Prerrequisitos: <b>ACA-011;</b> <b>ACA-012</b>	Examen: <b>No tiene</b>	Unidad Académica que la imparte.		
Créditos SCT : <b>5</b>			<b>Academia de Ciencias Aeronáuticas (ACA)</b>		
Horas Cátedra Semanal : <b>4,5</b>	Horas Ayudantía Semanal: 0	Horas Laboratorio Semanal: 0	Semestre en que se dicta		
			Impar	Par <b>X</b>	Ambos
Eje formativo : <b>Formación Específica Profesional</b>					
Tiempo total de dedicación a la asignatura: <b>154 horas cronológicas</b>					

**Descripción de la Asignatura.**

Esta asignatura presenta al estudiante la teoría y mecánica del vuelo, así como los fundamentos del rendimiento operacional de las aeronaves (Performance). Los resultados de aprendizaje, contenidos y actividades curriculares de esta asignatura conducirán a que el alumno interiorice habilidades y actividades de aprendizaje relativas a la aerodinámica subsónica y de alta velocidad e identifique los factores que determinan el comportamiento del avión en vuelo. El aprendizaje logrado por el alumno al aprobar esta asignatura, es una base conceptual y metodológica para analizar y fundamentar la correcta y segura ejecución de los procedimientos y maniobras de vuelo, que el piloto habrá de realizar durante su formación y en su ejercicio profesional.

**Requisitos de entrada.**

- Identifica los distintos sistemas y estructuras de la aeronave.
- Utiliza los principios de vuelo.
- Identifica y aplica normativas vigentes para operaciones de vuelo.

**Contribución al perfil de egreso.**

**Competencias Específicas**, en “Pericias Básicas de Pilotaje (PBP)”, “Básico”, “Intermedio” y “Avanzado”:

- Aplicar principios de manejo de amenazas y errores en el avión.
- Ejecutar operaciones en tierra, antes y después del despegue, del vuelo y del aterrizaje.
- Operar el avión en condiciones meteorológicas de vuelo visual.
- Navegar el avión.
- Operar el avión en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos.

**Competencias Transversales**, en un nivel medio inicial:

- Escrupulosidad y rigurosidad en el actuar profesional.
- Confianza en sí mismo, con capacidad de crítica y autocrítica.
- Investigar, identificar y definir problemas, posibles soluciones y la forma de llevarlas a cabo.
- Emitir juicios fundados, con aplicación, creativa y crítica, del saber, la experiencia y el razonamiento.
- Buscar consistentemente nuevos conocimientos y capacidades, a través del auto aprendizaje y la actualización constante, facilitando su continuación de estudios.
- De comunicación efectiva, en español e inglés profesional.
- De abstracción, análisis, síntesis y toma de decisiones bajo presión.
- Utilizar con propiedad tecnologías de información y comunicación (TIC).

## Factores Humanos y Seguridad Operacional

### I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA.

Asignatura: <b>FACTORES HUMANOS Y SEGURIDAD OPERACIONAL</b>		Sigla: <b>ACA041</b>	Fecha de aprobación		
Créditos UTFSM: 3	Prerrequisitos: <b>ACA-353</b>	Examen: Si	Unidad Académica que la imparte.		
Créditos SCT : 3			<b>ACA</b>		
Horas Cátedra Semanal : 3	Horas Ayudantía Semanal:	Horas Laboratorio Semanal:	Semestre en que se dicta		
			Impar	Par: X	Ambos
Eje formativo : FORMACIÓN ESPECÍFICA					
Tiempo total de dedicación a la asignatura: 94 horas cronológicas					

#### Descripción de la Asignatura

El estudiante relaciona los fundamentos y principios del comportamiento humano en la operación aérea, elementos del trabajo en equipo en el medio aeronáutico y su incidencia en la seguridad operacional. Los logrando aprender conceptos, modelos y aplicaciones de prevención de accidentes aeronáuticos, para aplicarlos como un soporte conceptual, procedimental y actitudinal, desarrollando las competencias específicas y genéricas del Piloto Comercial. El estudiante identifica los fundamentos básicos, los beneficios y la metodología de implementación de un Modelo de Gestión de Seguridad Operacional (SMS) en la industria aeronáutica.

#### Requisitos de entrada

- Aplicar la planificación y ejecución de la navegación aérea.
- Aplicar los procedimientos de seguridad y emergencia en la operación aérea.

#### Contribución al perfil de egreso

##### Competencias Específicas

- Aplicar principios de manejo de amenazas y errores en el avión.

##### Competencias genéricas

- Ejercer Influencia enmarcada en la ética profesional y moral personal.
- Ejercer Liderazgo.
- Actuar con Orientación a la Conducta Responsable.
- Gestionar Operaciones Aéreas y Terrestres.
- Gestionar Seguridad Operacional, Calidad y Medioambiente en el sistema aeronáutico.

#### Resultados de Aprendizaje que se esperan lograr en esta asignatura.

Al aprobar la asignatura, el estudiante será capaz de:

- **Identifica** las características psicológicas y sus limitaciones fisiológicas del ser humano para el vuelo, **interactuando** con otros individuos, con el equipamiento en uso en aeronáutica, con el medio ambiente en que se desarrollan actividades aéreas en la industria aeronáutica.
- **Interpreta** principios y acciones de prevención de incidentes/accidentes aeronáuticos, **permitiendo** entregar soporte a las operaciones aéreas y terrestres en la mantención de la seguridad operacional y protección del medio ambiente.
- **Identifica** de amenazas y errores en aviación, **aplicando** metodología Threat and Error Management (gestión de la amenaza y error)
- **Analiza** situaciones simuladas de manejo de amenazas y administración de errores, en tierra y en vuelo, **aplicando** el método DECIDE de resolución de problemas en aviación.

- **Desarrolla** habilidades en el manejo de recursos, trabajo en equipo y de interrelación con personal de vuelo y de tierra, **aplicando** en un nivel inicial, técnicas y procedimientos Threat and Error Management (TEM).
- Distingue elementos de un Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) en un nivel elemental, según la norma de la DGAC, **aplicándolos** en procesos de una organización aeronáutica.

## Ética Profesional y Responsabilidad Social

### I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA.

Asignatura: <b>ÉTICA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD SOCIAL</b>		Sigla: <b>ACA 063</b>	Fecha de aprobación		
Créditos UTFSM: 3	Prerrequisitos: ACA041 - ACA042	Examen: No	Unidad Académica que la imparte.		
Créditos SCT: 4			ACA		
Horas Cátedra Semanal: 3	Horas Ayudantía Semanal:	Horas Laboratorio Semanal: 0	Semestre en que se dicta		
			Impar	Par: X	Ambos
Eje formativo: FORMACIÓN COMPLEMENTARIA					
Tiempo total de dedicación a la asignatura: 111 Horas cronológicas.					

#### Descripción de la Asignatura

El estudiante valora y desarrolla actitudes y comportamientos éticos propios de la industria aeronáutica, en particular en áreas de operaciones de vuelo y seguridad operacional, en el plano profesional y personal.

#### Requisitos de entrada

- Conocimiento de seguridad operacional.
- Conocimiento sobre factores humanos.

#### Contribución al perfil de egreso

Las actividades curriculares que se desarrollarán en este módulo contribuirán a que el alumno desarrolle, en un nivel básico, las siguientes actitudes, capacidades y habilidades generales:

1. *De trabajo en equipo, de interacción personal y social, en contextos multicultural y multidisciplinar, estableciendo vínculos, colaboración y cooperación, respetando la diversidad.*
2. *De compromiso ético, con responsabilidad social y compromiso ciudadano.*
3. *De valoración del medio socio cultural y artístico, en formas y contextos diversos.*
4. *Comprensión de las implicancias éticas de la profesión de Piloto Comercial, con el propósito de vivir personalmente y ejercer Influencia enmarcada en la ética profesional y moral personal.*
5. *Asumir personalmente y proponer responsablemente los propios puntos de vista, comportándose coherentemente de acuerdo a una orientación ética de conducta profesional.*
6. *Expresar una conducta acorde al ejercicio profesional, respetando los escenarios éticos y normativos propios de la industria aeronáutica.*
7. *Respetar a las personas, a la legislación vigente y al medio ambiente.*

La aprobación de este módulo implicará que el alumno ha logrado dominio de elementos de las siguientes competencias genéricas del egresado:

1. *Ejercer Liderazgo*
2. *Actuar con Orientación a la Conducta Responsable.*
3. *Ejercer Influencia enmarcada en la ética profesional y moral personal.*

#### Resultados de Aprendizaje que se espera lograr en esta asignatura.

- **Resuelve** problemas de carácter ético que involucren aspectos de responsabilidad profesional, calidad del servicio, trabajo en equipo y orientación a las necesidades de los clientes, **utilizando** los conceptos relacionados con la ética y el profesionalismo en la industria aeronáutica.

#### Contenidos temáticos

- Conceptos y contenidos de ética, ética profesional y ética social.
- Forma y características de un dilema ético-profesional.
- Taller de problemas sociomoraes.
- Los casos de conciencia situacional.
- El discernimiento moral: clarificación de conceptos.
- El discernimiento moral: clarificación de valores.
- Valores éticos y morales de la profesión de Piloto Comercial y su relación con la seguridad operacional y el servicio de transporte aéreo comercial.