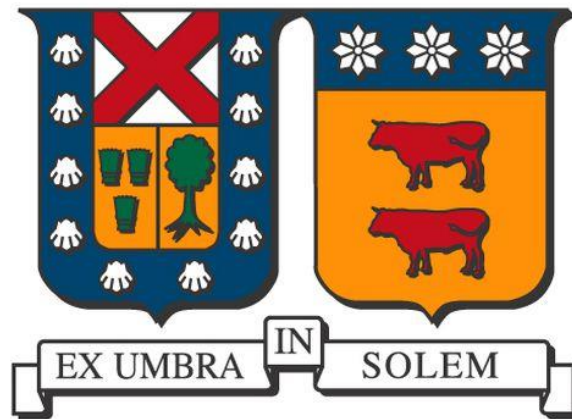


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

ACADEMIA DE LAS CIENCIAS AERONÁUTICAS

SANTIAGO - CHILE



PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE DIPLOMADO EN  
AERONAVES NO TRIPULADAS APLICADA A ECODRONES

THOMAS ADRIAN SAN MARTIN CALTAGIRONE

MEMORIA PARA OPTAR A TÍTULO DE INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA : SR. CRISTIAN CARVALLO GONZÁLEZ

PROFESOR CORREFERENTE : SRTA. CAMILA CID MATURANA

NOVIEMBRE 2019



***“Ohana significa familia  
y la familia nunca te abandona...”***



## RESUMEN

El siguiente estudio busca proporcionar a Ecodrones una guía para que, en conjunto a un centro de educación superior, logre implementar un diplomado de operadores de RPAS.

En el primer capítulo del estudio se exponen los antecedentes generales. La industria aérea no tripulada está en sus inicios, efectivamente hoy en día las empresas que integran este tipo de tecnología son pioneras en sus rubros respectivos. La formación de los operadores de drones en Chile no está certificada: no existen cursos o programas reconocidos por la autoridad y es uno de los mayores problemas de Ecodrones. Para hacer frente a esto, se decidió diseñar el programa de un diplomado identificando las competencias que necesita fortalecer un profesional de la aviación no tripulada, se determinó junto a que colaboradores se implementará el programa y se estudiaron los beneficios de la propuesta.

Las industrias que están integrando drones y las soluciones que estos entregan son variadas. Es por esto que se estableció un diplomado con cinco módulos (normativas, aeronáutica, operaciones, fotogrametría y termografía), todos prácticos y teóricos, que brindasen a sus alumnos egresados una herramienta importante y diferenciadora.

Para desarrollar un programa de esta magnitud y asegurar el éxito de este, se decidió analizar la opción de celebrar un convenio de colaboración con una institución de educación superior. Dado el perfil técnico de los operadores de drones, se optó por seleccionar a INACAP. Esta institución se alineaba positivamente con la estrategia de Ecodrones y su trayectoria en el mundo académico técnico confirmaban la elección.

Si bien en una tercera sección se desglosan los 4.800.000 CLP correspondientes a la inversión inicial y los 1.162.000 CLP que cuesta implementar una versión nueva del diplomado cada 4 meses para 20 alumnos, no se esperan ganancias monetarias para la empresa. La participación en la formación de los futuros operadores de este diplomado le entrega a Ecodrones la potestad de transmitir su filosofía y cultura organizacional, siendo esta la mayor retribución del diplomado.

Palabras clave: RPAS, dron, diplomado, Ecodrones, INACAP.



## ABSTRACT

The following study seeks to provide Ecodrones with a guide so that, together with a higher education center, it can implement a diploma of RPAS operators.

The general background is set out in the first chapter of the study. The unmanned aircraft industry is in its beginnings, indeed today the companies that integrate this type of technology are pioneers in their respective field. The training of drone operators in Chile is not certified: there are no courses or programs recognized by the authority and it is one of the biggest problems of Ecodrones. To cope with this, it was decided to design a diploma program identifying the competencies needed to strengthen an unmanned aviation professional, it was also determined with which collaborators the program will be implemented and the benefits of the proposal were studied too.

The industries that are integrating drones and the solutions they provide are varied. That's why the diploma was established with five modules (regulations, aeronautics, operations, photogrammetry and thermography), all practical and theoretical, that provide their graduated students with an important and differentiating tool.

To develop a program of this magnitude and ensure its success, it was decided to analyze the option of entering into a collaboration agreement with a higher education institution. Given the technical profile of the drone operators, it was decided to select INACAP. This institution aligned itself positively with Ecodrones's strategy and its trajectory in the technical educational world confirmed the choice.

Although the third section of the analysis breaks down the initial investment of 4.800.000 CLP and the 1.162.000 CLP that each version of the diploma costs every 4 months for 20 students, no monetary gains are expected for the company. The participation in the training of the future operators of this diploma gives Ecodrones the power to transmit its philosophy and organizational culture, this being its greatest profit.

**Key words:** RPAS, drone, diploma, Ecodrones, INACAP.



# ÍNDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| <b>ÍNDICE GENERAL</b> .....                                 | 5  |
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....                        | 7  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                   | 8  |
| <b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES</b> .....             | 9  |
| <b>Justificación del tema</b> .....                         | 9  |
| <b>Objetivo general</b> .....                               | 13 |
| <b>Objetivos específicos</b> .....                          | 13 |
| <b>Metodología</b> .....                                    | 14 |
| <b>Alcance</b> .....  | 15 |
| <b>CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE</b> .....                    | 17 |
| <b>Antecedentes</b> .....                                   | 17 |
| <i>Drones, Industrias y Soluciones</i> .....                | 17 |
| <i>Fabricantes</i> .....                                    | 23 |
| <i>Escuelas</i> .....                                       | 26 |
| <b>Marco teórico</b> .....                                  | 30 |
| <i>Dick &amp; Carey</i> .....                               | 32 |
| <i>SAM</i> .....  | 33 |
| <i>Robert Gagné</i> .....                                   | 33 |
| <i>ADDIE</i> .....  | 34 |
| <b>Propuesta metodológica</b> .....                         | 35 |
| <b>CAPÍTULO 3: DESARROLLO</b> .....                         | 37 |
| <b>Programa académico</b> .....                             | 37 |
| <i>Módulo I: Introducción y Normas</i> .....                | 40 |
| <i>Módulo II: Aeronáutica</i> .....                         | 41 |
| <i>Módulo III: Operaciones</i> .....                        | 42 |
| <i>Módulo IV &amp; V: Fotogrametría y Termografía</i> ..... | 43 |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| <i>Parte práctica</i> .....           | 44 |
| <b>Institución Colaboradora</b> ..... | 46 |
| <b>Beneficios de la alianza</b> ..... | 50 |
| <i>Estratégicos</i> .....             | 50 |
| <i>Económicos</i> .....               | 52 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....             | 56 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....             | 58 |
| <b>ANEXOS</b> .....                   | 61 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1: Ciclo de la innovación de Everett Rogers. ....   | 9  |
| Ilustración 2: Pronóstico del valor de los drones por industria en miles de millones de dólares.<br>.....                         | 11 |
| Ilustración 3: Valor percibido de los drones.....   | 17 |
| Ilustración 4: Distribución de fuerzas en un cuadricóptero en sus ejes longitudinal, lateral y<br>vertical (vista superior). .... | 19 |
| Ilustración 5: Clasificación de las aplicaciones civiles con drones. ....   | 21 |
| Ilustración 6. Participación de mercado en porcentaje. Otros = GoPro, Xiami y 3D<br>Robotics.....                                 | 26 |
| Ilustración 7: Programa inicial del diplomado.....  | 38 |
| Ilustración 8: Reorganización del programa del diplomado.....   | 40 |
| Ilustración 9: Repartición de instituciones de educación superior hasta el primer semestre del<br>año 2019. ....                  | 46 |
| Ilustración 10: Centros educacionales técnicos con mayor puntuación. ....   | 48 |
| Ilustración 11: Hanhe CE-20 Mercury. ....   | 61 |
| Ilustración 12: DJI AGRAS MG-1.....   | 61 |
| Ilustración 13: Stormbee S20.....   | 61 |
| Ilustración 14: Top 10 fabricantes de drones.....   | 61 |
| Ilustración 15: Los 25 drones para uso profesional más registrados en Estados Unidos en el<br>año 2017.. ....                     | 62 |
| Ilustración 16: Especificaciones del sistema de pulverización del dron DJI AGRAS MG-<br>1P.....                                   | 62 |
| Ilustración 17: Estudio por puntuación de centros educacionales técnicos.....   | 71 |



## INTRODUCCIÓN

En el año 2003 nace Ecopter, una empresa privada que presta servicios aéreos de alta complejidad en helicópteros, para realizar trabajos de transporte de pasajeros, transporte de carga, off-shore, combate de incendios forestales y traslados aeromédicos. Hoy en día la empresa cuenta con 17 helicópteros, 15 de ellos Airbus y 2 Erickson Air-Crane, y además con un centro de mantenimiento propio.

Con el propósito de innovar y diversificar Ecopter, toma forma en 2016 Ecodrones, una unidad para operar y prestar servicios a través de aeronaves no tripuladas. En sus inicios, la nueva línea de negocio se enfocó en servicios agroforestales, aplicando principalmente herbicidas en predios complejos, aprovechando la ventaja que sus dos drones (Hanhe CE-20 Mercury<sup>1</sup> y el DJI Agras MG-1<sup>2</sup>) le proporcionaban frente a la bomba espalada y el tractor. Luego, probando la eficacia y eficiencia de los drones, la firma conquistó nuevos horizontes en hortalizas y arbustos de pequeño tamaño hasta llegar a una flota de cinco drones dedicados exclusivamente al mundo agroforestal. Actualmente, además de las aplicaciones que se nombraron previamente, Ecodrones participa en proyectos de construcción previniendo accidentes con imágenes capturadas por un dron Stormbee S20<sup>3</sup>.

Su rápido crecimiento de flota (2 drones a 6), de personal (2 operadores a 4 operadores y 4 expertos agrícolas) e incursión en industrias diversas (agroforestal y construcción) en menos de dos años, no ha sido fácil de manejar para Ecodrones. A medida que se gana conocimiento, se presentan nuevos desafíos y la habilidad de cada uno de los integrantes del equipo es fundamental para lograr los nuevos objetivos cada vez más ambiciosos. El diplomado nace precisamente de esta reflexión: se necesita personal preparado a afrontar lo desconocido con profesionalismo en todos los niveles de la organización y, especialmente en los niveles operativos, hay lagunas en las capacitaciones.

---

<sup>1</sup> Ver ilustración 22 en anexos para fotografía.

<sup>2</sup> Ver ilustración 23 en anexos para fotografía.

<sup>3</sup> Ver ilustración 24 en anexos para fotografía.

## CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

En este capítulo quedará evidenciada la razón por la que se decidió abordar el tema, seguido del objetivo general de la memoria además de los tres objetivos específicos que lo complementan. Más adelante se presentará la metodología a seguir para responder a los objetivos planteados y se demarcará el alcance del estudio.

### Justificación del tema

Desde la irrupción de esta tecnología en el mundo civil, su adopción en las distintas industrias ha ido aumentando gradualmente. Según el ciclo de adopción de la innovación de Everett Rogers, existen cinco fases para integrar tecnología: innovadores, primeros adoptantes, la mayoría temprana, la mayoría tardía y finalmente los rezagados. Hasta el año 2018, como lo estipula el reporte de la industria hecho por Skyward, las firmas que incorporan drones a sus actividades están en la categoría de primeros adoptantes, convirtiendo a los RPAS en una ventaja competitiva en los respectivos negocios.

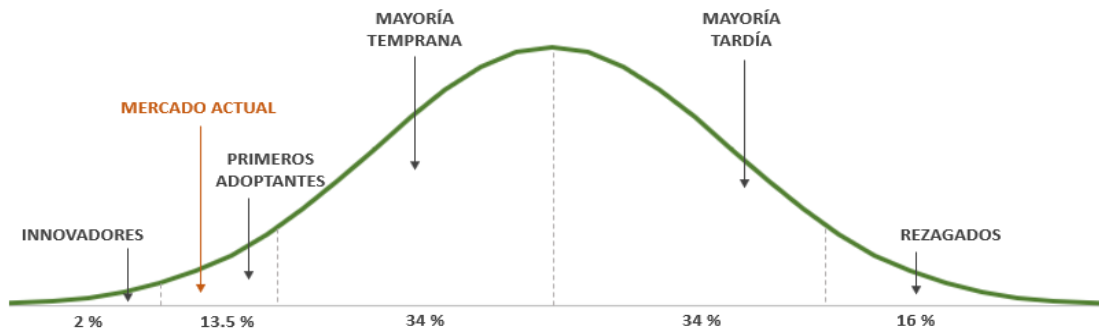


Ilustración 1: Ciclo de la innovación de Everett Rogers. FUENTE: State of drones in Big Business, Skyward.

No obstante, las corporaciones que hacen uso de RPAS sólo pueden obtener beneficios de éstos si son administrados correctamente, tarea que suele ser subestimada. Para lograr finalmente retorno sobre la inversión, los dos caminos que suelen elegir las empresas son: i)



tercerizar las tareas que necesiten drones; o, ii) crear una unidad/área especialmente dedicada a la gestión de estos activos.

Es precisamente lo que hizo Ecocopter en 2016 cuando crea Ecodrones, para operar y prestar servicios a través de aeronaves no tripuladas. Desde aquel hito, las circunstancias han cambiado y la aparición de nuevos drones y nuevas empresas en el rubro han logrado llamar la atención de empresas y corporaciones importantes como BHP Billiton, Mutual de Seguridad y Celulosa Arauco. La inversión de estas grandes firmas en este tipo de tecnología ha obligado a quienes prestan estos servicios a mejorar y superarse constantemente, profesionalizando de esta manera la actividad.

Pese a la introducción que está viviendo la aviación no tripulada en negocios como el minero o el agrícola, hay lagunas entre la normativa y la capacitación de los operadores que no permiten a las firmas prestadoras de servicios replicar sus modelos de operación. En otras palabras, no existen centros de instrucción reconocidos por la autoridad y, a juicio de Ecodrones, tampoco cursos que cumplan con las reales exigencias que tiene el mercado. Es cierto que esta empresa es pionera en aviación no tripulada en Chile, sin embargo, las firmas rivales no están exentas de las exigencias que presenta día a día esta industria y es cuestión de tiempo para que adopten, ellas también, medidas para formar a sus operadores.

Como se adelantaba en las últimas líneas, el crecimiento de la industria ha sido significativo en los últimos años. Algunos como el medio financiero Business Insider postulan que hasta el 2021, el volumen de los drones considerados profesionales o de uso corporativo crecerá 51% todos los años alcanzando así la cifra aproximada de 805.000 unidades repartidas en todo el mundo. Evidentemente, no todas las actividades tienen la misma facilidad de integrar este tipo de tecnología y su adhesión depende principalmente del impacto generado en ellas. Business Insider también sostiene que el valor de los servicios profesionales en 2021 será el siguiente:

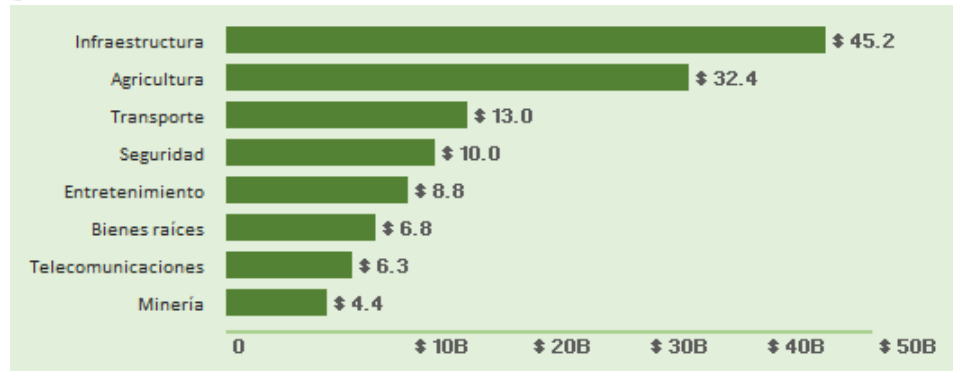


Ilustración 2: Pronóstico de la inversión en drones por industria en millones de dólares. FUENTE: Business Insider.

Cabe mencionar que las cifras presentadas en la ilustración anterior corresponden a tendencias mundiales y que en Chile, dado su modelo económico sustentado en la minería<sup>4</sup>, esta industria será protagonista y potenciadora de los drones. Además, al mirar el impacto de los RPAS en el transporte, se debe tener en cuenta que esta aplicación depende de las normativas locales y que sigue siendo un concepto más que una realidad.

El grupo privado Goldman Sachs, a través de su filial de investigación, augura también óptimas cifras para el mercado de drones. Hasta el año 2020, la inversión en este tipo de tecnología alcanzará los 100 billones de dólares concentrándose principalmente en construcción y agricultura.

La industria agrícola aparece como una de las principales a requerir el uso de este tipo de tecnología según las predicciones de la firma Drone Deploy y es precisamente el negocio que Ecodrones quiere cubrir en primera instancia. Hasta el año 2016 el agro representaba, según la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y el Banco Central de Chile, un 3% del PIB nacional, lo que equivale aproximadamente a 4.447 miles de millones de pesos. Si bien es común que en este rubro se trabaje por temporadas, la versatilidad del dron permite incorporarlo en todas las estaciones del año. En efecto, los drones son aptos para realizar las siguientes funciones:

<sup>4</sup> <http://www.minmineria.gob.cl/>



- ✓ Primavera: aplicar fertilizantes, aplicar herbicidas, analizar el estado inicial de los suelos, la labranza y el drenaje.
- ✓ Verano: gestión del riego, observar la variabilidad del crecimiento, evaluar las necesidades de nitrógeno, monitoreo de la etapa del cultivo.
- ✓ Otoño: observación del secado y la consistencia de la tierra, análisis topográfico.
- ✓ Invierno: determinar daños de vientos, granizos o inundaciones.

Para asegurar el correcto desempeño durante las cuatro estaciones del año en el mundo agrícola, sin dejar de lado otras industrias, los conocimientos son variados y evidencian la necesidad de contar con profesionales. Claro está que para ofrecer servicios de calidad un operador debe dominar a la perfección la aeronave, pero para entregar soluciones no basta con pilotear de manera segura y reglamentaria. El dron es una herramienta conveniente, pero no será fructífera sin los conocimientos que complementan su vuelo.

En la actualidad, no existen en Chile centros de estudios, reconocidos por la autoridad, que impartan cursos para obtener un título de operador de RPAS. Es más, la normativa no impone a quienes aspiran a ser pilotos a distancia a seguir una formación estándar, sino que deja a su libre elección el camino para obtener la credencial. Por lo tanto, de los más de 2.000 operadores registrados en las estadísticas de la DGAC, el abanico de formaciones es amplio y heterogéneo. Además, no existe todavía en Chile un sistema de bitácoras de vuelo tipo en los que se pueda tener certeza del tipo de aeronave, las horas de vuelo y las condiciones en las que ha operado algún piloto a distancia en particular.

¿Cómo discrimina Ecodrones al momento de contratar un operador?

Para asegurar la pertinencia de los nuevos talentos incorporados al equipo, se valora principalmente que los nuevos operadores tengan familiaridad con las aeronaves DJI o Parrot y que tengan experiencia o nociones de las industrias en las cuales desenvuelve la empresa.

Por el lado agroforestal de las operaciones, se utiliza la familia AGRAS<sup>5</sup> producida por DJI y se da una breve capacitación a los operadores que incluye vuelos de entrenamiento e instrucción mecánica acerca del dron. Cabe destacar que dicha capacitación es efectuada por

---

<sup>5</sup> Ver ilustración 23 en anexos.



operadores pertenecientes a la empresa y no cumple un programa establecido. Junto con esta breve inducción, se envía a los nuevos integrantes al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) a capacitarse sobre el uso y manejo de plaguicidas agrícolas con el fin de obtener la credencial de aplicador de plaguicida.

En cambio, por el lado de la infraestructura, se utiliza un Stormbee S20<sup>6</sup> para prevenir emergencias en faenas de construcción que no necesitan capacitación alguna en términos de manejo de la aeronave. Sin embargo, los vuelos de precisión son determinantes al momento de obtener imágenes útiles para ser procesadas por lo que esta arista es la que se trabaja constantemente.

## **Objetivo general**

El objetivo general de este trabajo de título es diseñar un programa de diplomado de operadores de RPAS para ser implementado en conjunto a un centro de educación y que será aplicado por Ecodrones.

## **Objetivos específicos**

Para lograr el objetivo general, se definen los siguientes objetivos específicos que complementan la intención principal del proyecto:

- ✓ Describir el contexto nacional e internacional de la aviación civil no tripulada: industrias, aplicaciones, fabricantes y cursos o escuelas ya existentes.
- ✓ Identificar las competencias que se necesitan para profesionalizar el uso de aeronaves no tripuladas.
- ✓ Diseñar un programa tentativo con los tópicos que se abordarán en cada módulo.
- ✓ Identificar las características del centro de educación superior con el que se deberá celebrar un acuerdo de colaboración para implementar el diplomado.

---

<sup>6</sup> Ver ilustración 24 en anexos.



- ✓ Evaluar los beneficios económicos y estratégicos de la propuesta.

## Metodología

Con el fin de alcanzar lo propuesto y cumplir cabalmente con todos los puntos mencionados en la sección precedente, se determinó abordar el proyecto en distintas etapas. Todas estas, apuntadas a satisfacer los objetivos específicos y complementar el objetivo general de la memoria de manera íntegra. En primera instancia, se procederá a investigar el mundo de los RPAS con la finalidad de entender qué necesidades y desafíos tiene un operador de drones hoy en día. Es crucial, para formar a un operador profesional, transmitir y preparar a los alumnos del diplomado para lo que enfrentarán a su salida de este. De manera complementaria a la investigación, se estudiarán casos de países de la región y del mundo para entender hacia qué está evolucionando la formación de pilotos de RPAS.

Una vez realizado el levantamiento de información de la industria aérea no tripulada civil, se determinarán las competencias teóricas y prácticas que debiese tener un “operador ideal” según la normativa y la opinión de expertos del rubro. Junto a esto, el análisis de cursos y otros grados académicos (postgrados) de países de la región y del mundo será considerando para elaborar la propuesta.

El uso de los drones es múltiple y cada vez tiene más participación en industrias como la construcción, la minería y la agricultura, por lo que quienes cursen este diplomado debiesen poder aplicar este tipo de tecnología correctamente, por muy distintos que sean los sectores de trabajo. Se levantará toda la información acerca de los tópicos que debiesen ser estudiados en este diplomado, en un programa con módulos claros y justificados que harán del diplomado una salida laboral importante para quienes lo cursen<sup>7</sup>.

Implementar una obra como esta no es del todo sencillo, menos para una firma que no está inmersa en el mundo de la educación. El éxito de este diplomado para Ecodrones es poder transmitir su filosofía participando activamente en la docencia, sin embargo, no cuenta con

---

<sup>7</sup> Según [www.mifuturo.cl/buscador-de-empleabilidad-e-ingresos/](http://www.mifuturo.cl/buscador-de-empleabilidad-e-ingresos/) los ingresos de un profesional técnico rondan los 600.000 – 850.000 CLP al 5<sup>to</sup> año de egreso. Un operador de drones en Ecodrones recibe cerca de 1 millón de pesos bruto al mes.



los recursos para impartir completamente por su cuenta los cursos. Es por esto que se decidirá con quién y de qué manera se implementará el diplomado, permitiendo a ambas entidades ofrecer sus respectivos conocimientos en virtud de un acuerdo de colaboración entre las dos. Junto a esta labor, se determinarán las fuentes de ingreso y los costos de llevar a cabo el diplomado de modo a discernir la viabilidad de este.

## **Alcance**

La aviación no tripulada sigue siendo un tema nuevo en materia aeronáutica. La tecnología cambia día a día y la normativa no logra seguir sus pasos, por lo que el estudio que se llevará a cabo es de carácter exploratorio. Además, Ecodrones está siendo el precursor de esta nueva línea de negocio en el mundo aeronáutico, por lo que no se tiene conciencia cierta sobre los desafíos que se presentarán.

Si bien no se tienen precedentes de esta intención en Chile, en otros países de la región y del mundo ya existen distintos grados académicos para operadores profesionales de drones, en especial programas de postgrados sobre la aplicación de estos<sup>8</sup>. Es por esto que la investigación de aquellas experiencias permitirá confrontar la gestión de los RPAS chilena a la de otros países, entendiéndose un alcance correlacional. Cabe destacar que la información reunida en este trabajo data de la década 2010, es por esta razón que la fecha óptima para poner en marcha el diplomado es durante esta decena de años también.

Con respecto al alcance geográfico, éste será exclusivamente delimitado por el espacio aéreo chileno, dado que en la actualidad cada nación cuenta con sus propias normativas y que las diferencias en éstas dan origen a un espacio aéreo dividido y no siempre segregado en pos de la seguridad.

Por último, el diplomado apunta especialmente al personal operativo de Ecodrones. Es por esto, que se priorizará trabajar las debilidades de los operadores, de los expertos agrícolas, y de los demás sujetos que estime conveniente la institución colaboradora. La institución colaboradora decidirá quienes pueden cursar el diplomado además del personal de

---

<sup>8</sup> Universidad Politécnica de Valencia y Universidad Politécnica de Cataluña.



Ecodrones, dado que el programa será parte de su oferta académica y será impartido por ella en sus aulas.

## CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presentarán los antecedentes necesarios para contextualizar el estudio en las distintas aristas pertinentes. Acto seguido, se hará mención al marco teórico que encuadrará la propuesta metodológica indicada al final de este capítulo.

### Antecedentes

#### *Drones, Industrias y Soluciones*

La aviación no tripulada tiene sus inicios en el mundo militar. Al igual que otras ramas de la aviación, el desarrollo de nuevas tecnologías ha siempre sido impulsado por necesidades y estrategias militares. Los primeros registros de aeronaves no tripuladas datan de la primera guerra mundial (1916) y según archivos históricos de la cronología aeronáutica y astronáutica de la NASA, el *Ruston Proctor Aerial Target* podría considerarse como el primer dron de la historia. Este aparato consistía básicamente en un artefacto explosivo operado a distancia con ayuda de radio controles rudimentarios, cuya finalidad era atacar al enemigo (similar a los misiles teledirigidos de hoy en día).

Desde aquel hito, numerosos han sido los cambios en la industria de los RPAS y su participación en el mundo civil ha crecido sostenidamente. Hoy en día los drones representan una herramienta eficiente y eficaz en numerosas industrias, debido principalmente por su versatilidad. Dentro de las razones más valoradas por las empresas al incorporar este tipo de tecnología se encuentra:

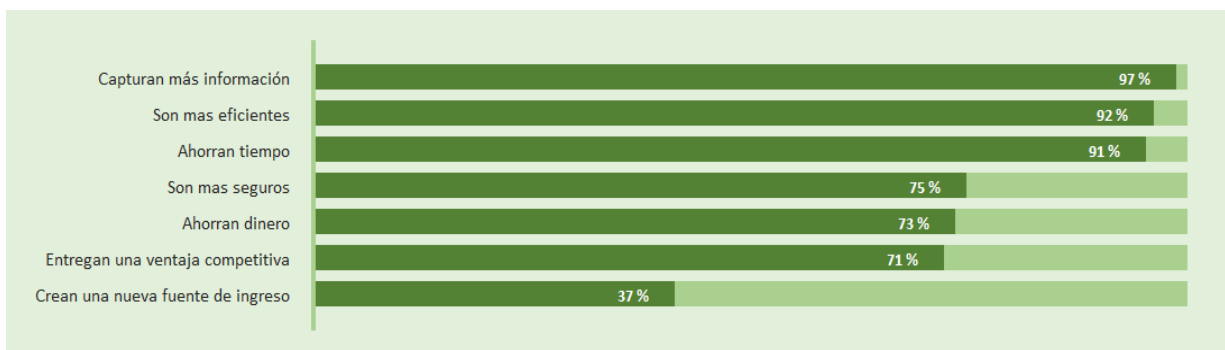


Ilustración 3: Valor percibido de los drones. FUENTE: State drones in Big Business (2018), Skyward.

En efecto, la tecnología dron se adapta a las industrias según los requerimientos de estas, de ahí la variedad de estos en el mercado. Los RPAS pueden ser clasificados en dos grandes familias: ala fija o ala rotatoria.

Los drones de ala fija consisten en una estructura central semejante al fuselaje de un avión, donde se monta el dispositivo que capturará la información, y un ala rígida generadora de sustentación. Esta ala permite el vuelo de la aeronave tal como en los aviones: la superficie sustentadora es predeterminada y la sustentación generada dependerá de la velocidad del aire relativa al RPAS. El control de la aeronave depende de las superficies de control incorporadas en el ala, permitiendo a la aeronave de moverse libremente en los tres ejes (lateral, longitudinal y vertical). Este tipo de RPAS supone una estructura mucho más simple que el ala rotatoria, su mantenimiento y procesos de reparación son menos complicados lo que se traduce en mayor tiempo disponible de operación a un costo menor. Además, esta estructura más simple asegura un desempeño aerodinámico más eficiente lo que provee al operador mayores velocidades y autonomía, permitiendo finalmente de capturar más información por ciclo de vuelo. Sin embargo, las aeronaves de ala fija tienen dos grandes desventajas con respecto a las aeronaves de ala rotatoria: necesitan estar constantemente en movimiento para generar sustentación por lo que el vuelo estacionario no es posible y además necesitan de pistas o dispositivos lanzadores para despegar.



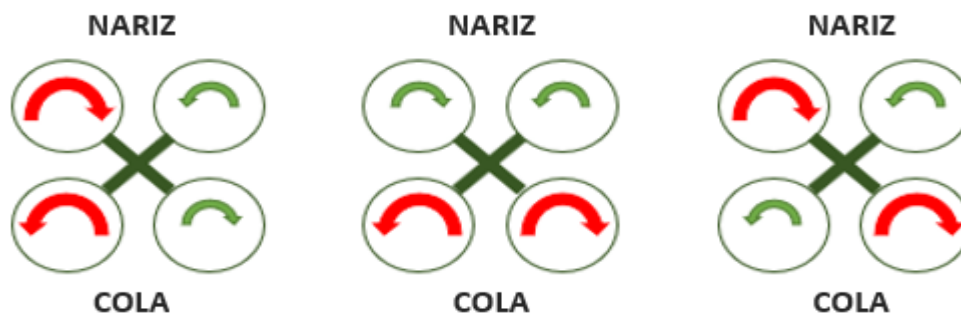
*Ilustración 4: Dron ala fija Sensefly Ebee. FUENTE: [www.sensefly.com](http://www.sensefly.com)*

En lo que respecta los drones de ala rotatoria, hay múltiples tipos de estos dependiendo del número de rotores con los que cuenta la aeronave. Dentro de los más comunes se encuentran:

- ✓ Dos rotores: helicóptero

- ✓ Cuatro rotores: cuadricóptero
- ✓ Seis rotores: hexacóptero
- ✓ Ocho rotores: octocóptero

El principio de sustentación de este tipo de aeronave es idéntico al de los drones de ala fija con una sola peculiaridad: si bien el ala necesita flujo constante de aire para generar sustentación, la aeronave no requiere estar persistentemente en movimiento, sino que sus aspas lo están. El movimiento y actitud de los RPAS de ala rotatoria son controlados por variaciones de empuje y torque de sus rotores, como ilustra la imagen siguiente:



*Ilustración 5: Distribución de fuerzas en un cuadricóptero en sus ejes longitudinal, lateral y vertical (vista superior).*

*FUENTE: Elaboración propia.*

Como se puede deducir de la imagen anterior, distribuyendo el empuje de manera homogénea en todos los rotores y asegurando que el valor de la fuerza de sustentación se mantenga igual al peso de la aeronave, esta logra mantenerse inmóvil en el aire. El vuelo estacionario faculta a este tipo de dron a ejecutar maniobras ágiles, lo que los hace idóneos para inspecciones o otras aplicaciones en las que el vuelo debe ser preciso y donde se requiere mantener línea visual con objetivos específico durante extensos periodos de tiempo.

Como ya se adelantaba en el párrafo anterior, la capacidad de volar verticalmente permite al usuario operar en zonas reducidas sin necesidad de rampas o pistas de despegue, siendo esta la gran ventaja de este tipo de dron. Sin embargo, su estructura tanto física como electrónica más compleja implica mantenimiento del mismo nivel, incurriendo en más costos al usuario y menos tiempo operacional disponible. La segunda desventaja que presenta este tipo de

aeronave es debida a su eficiencia aeronáutica. En efecto, los drones de ala rotatoria no son capaces de alcanzar las velocidades y autonomías que sus símiles de ala fija, convirtiéndolos en la segunda opción al momento de cubrir zonas extensas.



*Ilustración 6: Dron de ala rotatoria DJI Phantom 4. FUENTE: [www.dji.com](http://www.dji.com)*

Las distintas ventajas y desventajas de ambos tipos de dron descritos en los párrafos anteriores suponen distintas aplicaciones e industrias en las cuales estos se desenvuelven. Efectivamente, dependiendo de la solución que se necesite, incluso dentro de una misma industria pueden existir labores que impliquen el uso de un tipo de RPAS por sobre el otro. No obstante, de acuerdo con lo que plantea McKinsey & Company, todas las aplicaciones con aeronaves no tripuladas pueden clasificarse en cinco categorías transversales a todas las industrias:

|   |                            | Usos                            | Descripción del uso   | Impacto | Años esperados para alcanzar la madurez |
|---|----------------------------|---------------------------------|---|---------|---|
| 1 | Observación                | 1a Observación de corto alcance | Observar a corta distancia, capturar imágenes y analizarlas | ■ Alto  | Ya maduro                               |
|   |                            | 1b Observación de largo alcance | Observar a larga distancia, capturar imágenes y analizarlas | ■ Alto  | 2-5                                     |
|   |                            | 1c Foto/Video                   | Usar aplicaciones de foto y video sin analizar              | □ Bajo  | Ya maduro                               |
| 2 | Operaciones                |                                 | Facilitar labores intensivas o complejas                    | ■ Medio | Ya maduro                               |
| 3 | Entretenimiento/Publicidad |                                 | Aprovechar de los drones para entretener o anunciar         | □ Bajo  | Ya maduro                               |
| 4 | Emisión de señales         |                                 | Proporcionar multimedia emitiendo señal/video/sonido        | □ Bajo  | 1-3                                     |
| 5 | Movimiento                 | 5a Transporte                   | Mover personas  | ■ Alto  | 10-15                                   |
|   |                            | 5b Envío                        | Mover cosas   | ■ Alto  | 5-10                                    |

Ilustración 7: Clasificación de las aplicaciones civiles con drones. FUENTE: McKinsey & Company.

Como se puede observar en la imagen, el dron es una herramienta versátil. Dadas sus cualidades, los usos que se le pueden dar a este tipo de tecnología son numerosos. Hoy en día, de todos los usos descritos en la ilustración anterior, solo cuatro efectivamente se utilizan: captura y análisis de imágenes a corto alcance (*Visual Line of Sight*, VLOS), fotografía aérea, operación y entretenimiento.

El impacto económico que tiene este tipo de aeronave en las distintas industrias que las adoptan no es homogéneo. Como se describe en la cuarta columna de la ilustración anterior, los RPAS tienen fuerte impacto en los negocios cuando son usados para observar o para desplazar. Efectivamente, la observación mediante RPAS es sin duda el uso más común de estas herramientas. En la industria de la construcción, de la minería o de la agricultura, es frecuente equipar drones con cámaras LiDAR<sup>9</sup>, térmicas o multiespectrales para capturar información y analizarla en búsqueda de mejores desempeños.

<sup>9</sup> Dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando pulsaciones.



En cuanto al uso operativo de las aeronaves no tripuladas, Ecodrones es el mejor ejemplo al utilizar drones para aplicar agroquímicos en zonas complejas. Cabe mencionar que las aeronaves utilizadas con fines operativos son diseñadas exclusivamente para una labor y difícilmente se puede alterar su arquitectura para adaptarlas a otras, caso contrario a los drones para observar, que en la gran mayoría de los casos permiten cambios de cámaras y dispositivos incorporados en la aeronave. Un ejemplo de las últimas líneas es la familia AGRAS, fabricada por DJI y empleada por Ecodrones, que su única finalidad es aplicar productos líquidos fitosanitarios gracias a su sistema de pulverización de especificaciones descritas en anexos.

Por último, dentro de los usos actuales que se les da a las aeronaves no tripuladas, se encuentra el entretenimiento. Generalmente, los drones utilizados para entretenimiento son aquellos que no requieren de gran práctica para operarlos y son comúnmente adquiridos como “juguetes” que no representan grandes impactos económicos en esta industria. Sin embargo, dentro de esta categoría de uso, destacan dos sectores que se desarrollan con creces: las carreras y los espectáculos de luces. Las carreras de drones ya son comunes en países como España y Estados Unidos, donde hace aproximadamente 4 años se celebran ligas y competencias que atraen miles de fanáticos e inversionistas. Los pilotos sortean obstáculos a más de 100 km/h con ayuda de lentes de realidad virtual en circuitos cerrados y construidos especialmente para esto, como expresó el diario español El Mundo, “a medio camino de una carrera de MotoGP y los *e-sports*”. Es tanto así su crecimiento que la *World Air Sports Federation (FAI)* ya organiza copas mundiales con más de 600 pilotos participantes, representando más de 40 países. En lo que respecta los espectáculos de luces, desde que Intel® rompió el récord mundial en la categoría de vehículos aéreos no tripulados en el aire simultáneamente (100) a finales de 2015, esta tecnología ha protagonizado cada vez más exhibiciones en eventos masivos y año a año se rompen récords. La mecánica es simple: equipar cientos de drones con luces y operarlos paralelamente. Sin embargo, la coordinación del vuelo de cada aeronave y de las luces provistas a cada una es una tarea compleja que necesita de avanzados softwares de gestión de enjambres. Ejemplos de estos *shows* son la ceremonia de apertura de los Juegos Olímpicos de Invierno de PyeongChang 2018 o el

entretiempo del Super Bowl LIII a inicios de 2019, en los que drones con luces incorporadas formaban imágenes y formas en el aire. Pero este tipo de espectáculo no se limita al mundo del deporte, festivales de música como Coachella Festival e incluso encuentros religiosos como el Kumbh Mela en India han sido testigos de estos.



Ilustración 8: Espectáculo de luces con drones Intel. FUENTE: [www.intel.la/content/www/xl/es/technology-innovation/aerial-technology-light-show.html](http://www.intel.la/content/www/xl/es/technology-innovation/aerial-technology-light-show.html)

La tecnología dron avanza rápidamente, y si bien todavía hay usos que no son comunes, empresas como Alphabet Inc. (Google) o Amazon invierten recursos en los que podrían ser los usos que revolucionarán el futuro. Un caso de esto es *Project Wing* de X Company<sup>10</sup>, Google X antiguamente, que desarrolla e investiga alternativas en el transporte aéreo de bienes usando drones. Por su parte, Amazon al igual que Alphabet Inc. cuenta con concepto bastante similar llamado *Amazon Prime Air*. Esta nueva línea de negocio cumple con conectar los depósitos de bienes de la empresa con los consumidores en áreas remotas gracias a aeronaves no tripuladas.

### *Fabricantes*

El mercado de los fabricantes de aeronaves no tripuladas está dividido en dos grandes áreas: militar y civil. Si bien son dos distinciones de un mismo mercado, las aeronaves manufacturadas son ampliamente distintas. Mientras que en el lado militar su uso principal es la vigilancia en dónde prima una gran autonomía y control de largo alcance (*Beyond Visual*

---

<sup>10</sup> [x.company/projects/wing/](http://x.company/projects/wing/)



*Line of Sight*, BVLOS), por el lado civil el mayor uso sigue siendo la fotografía aérea en donde se busca una aeronave fácil de utilizar y capaz de capturar distintos tipos de imágenes. Las distintas especificaciones de los drones de uso militar y civil suponen distintas cadenas de producción, y dadas las especializaciones necesarias ambos mercados cuentan con firmas distintas.

En esta sección del trabajo de título se presentarán solo los principales fabricantes de aeronaves no tripuladas civiles<sup>11</sup>, dado el rubro de Ecodrones y su alcance comercial. Para mejor ilustrar el mercado de los drones civiles y sus actores, los clasificaremos en rangos de precio que a su vez tienen estricta relación con el peso de la aeronave: entre más liviana la aeronave, más probable es que su precio sea bajo. Cabe mencionar que esta relación tiene excepciones, pero en regla general, mientras mayor sea la autonomía de una aeronave de este tipo, su peso y precio también lo serán.

Skylogic Research, una firma de servicios de investigación, contenido y asesoría en la industria de los drones propone exactamente la clasificación mencionada anteriormente. La separación según los precios de las aeronaves es la siguiente:

- ✓ Menos de 500 USD
- ✓ Entre 500 y 1.000 USD
- ✓ Más de 1.000 USD

El primer tramo de valor corresponde a los drones llamados “de iniciación”, los cuales normalmente son adquiridos por personas primerizas o sin afinidad al mundo aeronáutico. Son aeronaves ligeras, con poca autonomía y limitadas funciones que son adquiridas con fines ociosos principalmente. Este tipo de RPAS representa para muchos la entrada al mundo de la aviación no tripulada y permite, a aquellos que seguirán adentrándose en este mundo, adquirir y mejorar sus habilidades de navegación. En esta sección del mercado, las participaciones de los distintos fabricantes son similares y no hay un claro líder. Dentro de estas firmas se destacan Hubsan, Syma, MJX, Holy Stone, Cheerson y Eachine como las firmas que más participación de mercado tenían hasta el 2017 en Estados Unidos según el estudio realizado por Skylogic Research. La nula participación del gigante chino SZ DJI

---

<sup>11</sup> Para fabricantes militares ver Anexos

Technology Co, más conocido como DJI, se debe a que no contaba con drones que costaran menos de 500 USD para la fecha del estudio.



*Ilustración 9: Hubsan X4 H501C Brushless. FUENTE: [www.hubsanus.com](http://www.hubsanus.com)*



*Ilustración 10: Zyma Z-3. Fuente: [www.symatoys.com](http://www.symatoys.com)*

En cuanto al segundo tramo de la clasificación, sin duda<sup>12</sup> alguna DJI es el principal fabricante. En este rango medio de drones se observan los drones profesionales y corporativos más accesibles, con funciones mejores y más complejas que aquellos de la sección precedente. Este tipo de RPAS es requerido generalmente para fotografía aérea, por lo que su performance como su imagen son altamente valorados por sus compradores. La demanda de este tipo de dron la satisfacen en gran parte las empresas DJI, Parrot y Yuneec, concentrando entre las tres firmas alrededor de 86%<sup>13</sup> de participación de mercado. Sin embargo, otras empresas como GoPro, Xiaomi y 3D Robotics aparecen como fuertes rivales de la dominante firma DJI.

---

<sup>12</sup> [www.dronesglobe.com/news/drone-market-share-analysis-predictions-2018/](http://www.dronesglobe.com/news/drone-market-share-analysis-predictions-2018/)

<sup>13</sup> Estimación de Skylogic Research.



Ilustración 11: Participación de mercado en porcentaje. Otros = GoPro, Xiami y 3D Robotics. FUENTE: Skylogic Research.

Por último, los RPAS que superan los 1.000 USD corresponden a aeronaves diseñadas exclusivamente al uso profesional y corporativo. Nuevamente este segmento de aeronave es dominado por DJI, alcanzando alrededor de 70% de participación de mercado, mientras que su contendor más cercano pareciera ser Parrot. Si bien el mayor número de drones vendidos corresponde al primer segmento de precios (menos de 500 USD) en el que DJI no está presente, el margen que entrega la venta de este tipo de aeronave es mucho menor al que entregan las aeronaves de más de 500 USD. Por lo tanto, aunque DJI no tenga un volumen de venta exorbitante logra dominar el mercado concentrando sus esfuerzos en los drones profesionales y corporativos.

Todas las cifras citadas anteriormente pertenecen al mercado estadounidense hasta el año 2017<sup>14</sup> y cabe mencionar que al tratarse de una industria en crecimiento que madura día a día al igual que la tecnología, el mercado podría estar repartido de diferente manera a la fecha de hoy. Sin embargo, Estados Unidos al ser un mercado libre y competitivo, es justo creer que es representativo y que el caso chileno puede ser estudiado de la misma manera.

### Escuelas

En Chile todavía no es imperativo asistir a un curso para poder pilotear un dron, la ley no exige más que una declaración jurada de haber recibido instrucción teórica y práctica<sup>15</sup>. Sin

<sup>14</sup> [www.dronesglobe.com/news/drone-market-share-analysis-predictions-2018/](http://www.dronesglobe.com/news/drone-market-share-analysis-predictions-2018/)

<sup>15</sup> Artículo ¿Cómo operar un dron en Chile? en [www.dgac.gob.cl](http://www.dgac.gob.cl)



embargo, existen de igual manera organizaciones que ofrecen cursos para quienes deseen instruirse en el manejo de aeronaves no tripuladas para distintos propósitos. Los cursos que estos imparten son variados, van desde aprender a volar un dron hasta como hacer del dron una herramienta de captura de datos avanzada en alguna industria en particular. Las duraciones de estos cursos están, dependiendo de la profundidad del aprendizaje, entre 3 horas y 24 horas. Además, los precios de estos se encuentran entre los 50.000 CLP y 430.000 CLP, dependiendo también del tipo de conocimiento que se entrega al estudiante.

| ORGANIZACIÓN | CURSO                               | PRECIO  | DURACIÓN |
|--------------|-------------------------------------|---------|----------|
| HDrones      | Aprender a volar tu dron            | 50.000  | 3h       |
|              | Credencial DGAC                     | 170.000 | 14h      |
|              | Fotogrametría                       | 270.000 | 14h      |
|              | Agricultura de precisión            | 280.000 | 13h      |
|              | Mantenimiento                       | 150.000 | 14h      |
|              | Dron ala fija                       | 120.000 | 6h       |
|              | Inspección en altura                | 380.000 | 13h      |
|              | Cinematografía                      | 150.000 | 13h      |
| Rentadrone   | Operación Integral                  | 129.990 | 8h       |
|              | Fotogrametría                       | 379.990 | 16h      |
|              | Termografía                         | 429.990 | 16h      |
|              | Taller para proyectos audiovisuales | 219.990 | 16h      |
|              | Inspección de radiobases            | 329.990 | 16h      |
| Prodrone     | Operador + Normativa DGAC           | 105.000 | 8h       |
|              | Aerofotogrametría                   | 350.000 | 16h      |
| Precadet     | Operación responsable               | 275.000 | 24h      |

Ilustración 12: Oferta de cursos en el mercado chileno 2019. FUENTE: Elaboración propia.

Si bien la oferta de cursos es variada, amplia y los precios son accesibles, las duraciones de estos hacen suponer que la profundidad del estudio o la calidad de las competencias entregadas no permiten al alumno egresado realizar un servicio profesional. Josh Kaufman, en uno de sus libros más vendidos, postula que se necesitan solo 20 horas para adquirir una nueva habilidad, por lo que bajo esta teoría los cursos que se ofrecen hoy en el mercado alcanzarían solo para aprender a operar el dron sin ningún complemento. Es más, considerando la duración de los cursos y las exigencias (ninguna) que imponen las



instituciones para adherir a estos, es poco factible que representen realmente una salida laboral, profesional o un complemento para sus alumnos egresados.

Siguiendo esta línea es que se investigó de qué manera se instruyen los pilotos de dron en otros países; en otros continentes, el tema está bastante desarrollado. Para ilustrar la situación de las escuelas de vuelo para operadores de RPAS en el extranjero, se eligieron, de acuerdo con la facilidad de replicar el modelo en Chile<sup>16</sup>, dos países: Colombia y España.

En Colombia, al igual que Chile, es obligatorio contar con una licencia vigente aprobada por la autoridad aeronáutica para uso profesional o comercial de dron. La diferencia radica en que asistir a un curso de instrucción es imperativo en Colombia. En este país existen escuelas para pilotos de dron certificadas por la autoridad aeronáutica y es bastante común que surjan alianzas entre entidades de instrucción aeronáutica certificadas y entidades especialistas en aeronaves no tripuladas. Ejemplos de esto son:

- ✓ Convenio APD y Escuela Aeronáutica de Colombia: La Asociación de Profesionales de Drones (APD) junto con la Escuela de Aeronáutica de Colombia (EAC) imparte cursos de piloto de dron profesional en todo el país. El convenio es ventajoso para ambas partes dado que la EAC aporta con su experiencia formando tripulantes de cabina, despachadores de aeronaves y técnicos en mantenimiento de aviones y helicópteros, mientras que la APD propone la arista práctica del manejo de RPAS. Este curso tiene una duración de 100 horas, de las cuales solo 40 son presenciales, en las que se trabajan tópicos relacionados con la meteorología, aerodinámica, regulación, navegación, seguridad y comunicación. Su principal objetivo es preparar al estudiante para trabajar en diversas industrias y certificar al alumno según la normativa colombiana.
- ✓ Alianza Go-Drone y Escuela de Aviación del Pacífico: El contenido teórico aeronáutico de este curso es aportado por la Escuela de Aviación del Pacífico y por su parte, Go-Drone forma a los estudiantes en su área de negocios. Al igual que la alianza anterior, ambas entidades benefician del acuerdo y ambas aportan su dominio para completar 80 horas, divididas en 60 horas de tierra y 20 de vuelo. Este curso es

---

<sup>16</sup> Camila Cid, comunicación personal, enero 2019



dirigido a las personas que deseen registrarse como operadores certificados de drones, por lo que el objetivo principal es preparar a los estudiantes a obtener su licencia profesional.

En España, el escenario es similar que en Colombia. Existen en este país centros de instrucción certificados por la autoridad aeronáutica que imparten cursos para operadores de drones en dos modalidades: básico y avanzado. La diferencia entre estas dos clases de curso se encuentra en la teoría que es impartida a los alumnos: el curso avanzado de 60 horas teóricas incluye 10 horas destinadas a instruir acerca del vuelo BVLOS que el curso básico de 50 horas no incluye. La normativa exige que, junto a los conocimientos teóricos, ya sea básicos o avanzados, se impartan 4 horas prácticas para asegurar que quienes aspiren a ser operadores profesionales vuelen de manera segura las aeronaves.

Para ser parte de los Approved Training Organization (ATO) que imparten cursos de RPAS se debe contar con un avión y cursos para pilotos de avión<sup>17</sup>, de ahí que la gran mayoría de las entidades que ofrecen cursos para operadores de dron tengan sus inicios como centro de formación aeronáutica. Es precisamente el caso de Dares Aviation, uno de los centros de instrucción más grandes de España, que en sus inicios fue un centro de formación de pilotos privados y de ultraligeros, iniciando su recorrido en las aeronaves no tripuladas recientemente. Además de ofrecer cursos de operador de dron avalados por su trayectoria aeronáutica, cuentan con alianzas con empresas especialistas del rubro. Un ejemplo de esto es Hemav, empresa certificada y líder en tecnología dron en España, cuya alianza con Dares Aviation permite a ambas firmas explotar sus habilidades y rentabilizar ambas actividades.

Otra opción disponible en España son los Másteres universitarios. Como todo postgrado, estos requieren de estudios universitarios anteriores para poder ser admitidos en ellos. La Universidad Politécnica de Catalunya ofrece un máster llamado “Máster Universitario en Aplicaciones y Tecnologías para los Sistemas Aéreos No Tripulados (Drones)”<sup>18</sup> para quienes deseen perfeccionar sus habilidades en este campo de la aviación. El proyecto de máster consiste en desarrollar una aplicación específica con drones aplicando los conocimientos que se entregarán en aula como: carga de pago, normativa y estructura del

---

<sup>17</sup> Trabajador de Hemav por teléfono, comunicación personal, enero 2019.

<sup>18</sup> <https://drones.masters.upc.edu/es>



espacio aéreo, aplicaciones y nuevos modelos. Todo el programa tiene una duración de 28 semanas y un costo de 4.900€ para alumnos no residentes en la Unión Europea.

## Marco teórico

La modalidad de enseñanza será un diplomado. Como lo afirma la Pontificia Universidad Católica de Chile, esta formación tiene la intención de extender, a quienes ya tienen una formación profesional o disciplinaria, su conocimiento hacia áreas complementarias. El diplomado está dirigido a quienes desean mantenerse vigentes en cuanto a las exigencias y habilidades que demanda su actividad<sup>19</sup>. Es más, en uno de los principales portales de trabajo en Chile<sup>20</sup>, los empleadores que solicitan operadores de drones especifican que además cuenten con formaciones técnicas por lo menos.

Para asegurar la correcta integración de los conocimientos, como lo menciona la universidad señalada e inspirado de cursos de otros países expuestos en la sección precedente, la duración mínima de este diplomado será cien horas.

La propuesta final de diplomado se basa especialmente en la teoría expuesta en normativas, principalmente en la reglamentación chilena. El código aeronáutico establece normas como las DAN 151 “Operaciones de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) en asuntos de interés público, que se efectúen sobre áreas pobladas” en la que se establecen todos los límites de las operaciones con drones y además cuáles son las competencias que debiese tener una persona que aspira a ser operador de dron. Las “Reglas del Aire” que estipula la DAN 91 también forma parte del marco teórico que delimita el estudio junto a los extractos de los manuales de aerodinámica y meteorología que la DGAC transmite en su sitio web.

El diseño del programa y su contenido será influenciado por las siguientes normativas internacionales:

- ✓ Circular N° 328 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

---

<sup>19</sup> <https://diseno.uc.cl/educacion-continua/diplomados/>

<sup>20</sup> [www.chiletrabajos.cl](http://www.chiletrabajos.cl) , consultado el 15/10/2019



- ✓ Small Unmanned Aircraft Regulations (Part 107) de la Federal Aviation Administration (FAA)
- ✓ Boletín Oficial del Estado N° 316 de la Agencia Estatal de la Seguridad Aérea (AESA)
- ✓ Circular Reglamentaria N° 5100-082-002 de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC)

Además de la modalidad de enseñanza y de las normativas mencionadas, se tendrá consideración de los distintos modelos y corrientes de diseño instruccional que existen para asegurar la adquisición de conocimientos y habilidades del diplomado de manera eficiente y eficaz por parte de los estudiantes.

El psicólogo Jean Piaget, en su teoría constructivista del desarrollo de habilidades e inteligencia, postula que la interacción entre los individuos y el ambiente es esencial a la hora de generar conocimientos<sup>21</sup>. El constructivismo propone un proceso de enseñanza que se lleva a cabo de manera dinámica, en el que la participación e interacción del estudiante es el principal origen de los conocimientos. Este proceso conduce a generar experiencias y espacios aptos para quienes son parte del proceso, de manera a que los sujetos construyan el aprendizaje a partir de lo que perciben y, por ende, generen su propia y única construcción.

Por otra parte, la teoría conductista, predecesora de la constructivista, se focaliza en la asociación entre los estímulos y su respuesta por parte de los alumnos como base para el diseño instruccional. El aprendizaje se obtiene cuando el estudiante responde adecuadamente a una problemática y todos los esfuerzos se concentran posteriormente en reforzar y mantener el vínculo entre el estímulo y su consecuencia. Peggy A. Ertmer y Timothy J. Newby establecen que esta corriente “caracteriza al estudiante como reactivo a las condiciones del ambiente y no como sucede en otras teorías, donde se considera que asume una posición activa en el descubrimiento del mismo<sup>22</sup>”.

---

<sup>21</sup> [http://www.ub.edu/dppsed/fvillar/principal/pdf/proyecto/cap\\_05\\_piaget.pdf](http://www.ub.edu/dppsed/fvillar/principal/pdf/proyecto/cap_05_piaget.pdf)

<sup>22</sup> Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción, Peggy A. Ertmer y Timothy J. Newby (1993)



Además de estas teorías de aprendizaje, existen distintos modelos que siguen estas corrientes que complementan y dan forma al diseño instruccional presentados a continuación.

### *Dick & Carey*

En 1978, Walter Dick y Lou Carey hicieron su aporte al diseño instruccional al transmitir la idea de la instrucción como un sistema completo en vez de una suma de partes independientes y sin comunicación entre sí. Efectivamente los alumnos, profesores, materiales y el entorno, entre otros, interactúan entre sí para alcanzar el punto máximo de aprendizaje.

Los componentes del sistema son los siguientes:

- ✓ Identificar las metas: puede ser una habilidad, un conocimiento o una actitud que se espera de los alumnos.
- ✓ Realizar análisis instruccionales: identificar lo que el alumno debe recordar y ser capaz de hacer para ejecutar una tarea puntual.
- ✓ Analizar el contexto: las características del público al que se quiere llegar, identificar sus habilidades, su rendimiento y experiencia previa.
- ✓ Escribir objetivos de rendimiento: se deben fijar los comportamientos, condiciones y criterios que se utilizará para evaluar el desempeño del alumno.
- ✓ Desarrollar instrumentos de evaluación: definir cual será y como serán las evaluaciones a las que se someterá el alumno.
- ✓ Desarrollar una estrategia educativa: cómo se presentará el contenido y cuál será la participación del alumno.
- ✓ Desarrollar el material didáctico
- ✓ Diseño y evaluación de la formación: se identifican las mejoras a hacer en los materiales de instrucción.
- ✓ Revisar la instrucción: identificar elementos deficientes en el proceso formativo.
- ✓ Diseño y realización de evaluación sumativa.



## SAM

Este modelo aborda la necesidad de hacer iteraciones, pequeños pasos repetidos en vez de grandes pasos perfectamente ejecutados. Para producir mayor rendimiento, el modelo propone un proceso lineal que aborde los todos los obstáculos que se enfrentan diseñando programas instrucción. Ese proceso de aprendizaje tiene la intención de ser ágil, construido específicamente basado en el rendimiento. Sus fases principales son las siguientes:

- ✓ Preparación: se reúne toda la información y se obtienen los conocimientos básicos que debiesen ser enseñados. Pretende ser una fase rápida en lugar de una larga evaluación del contenido necesario o ya existente.
- ✓ Diseño iterativo: esta fase comienza con una reunión de ideas colaborativas (lluvia de ideas, por ejemplo) que establecen las bases del proyecto. A lo largo de esta fase, el equipo creador rotará a través del diseño, el prototipo y la revisión.
- ✓ Desarrollo iterativo: en esta fase se trabajará el desarrollo, la implementación y la evaluación del proyecto. Se desarrollará en una primera parte una prueba de diseño, que se analizará y evaluará con el fin de evolucionar a la versión final cambiando cada vez que se crea necesario.

### *Robert Gagné*

Se afirma en este modelo que las condiciones internas del alumno y las condiciones externas que producen el estímulo generan capacidades que pueden ser diferenciadas. Junto a las distintas categorías de aprendizaje, el psicólogo postula un modelo de jerarquía en el cual deben ser inmersos los estudiantes para aprender y para utilizar esta técnica: “Gagné supone que el diseñador conoce la estructura de la materia que va a planificar, de manera que pueda identificar cada contenido de aprendizaje y los contenidos de aprendizaje subordinados de los que depende<sup>23</sup>”. Llamar la atención: para fomentar y motivar a los alumnos es necesario plantear un buen problema, una situación nueva o hacer preguntas. Los nueve pasos generales del modelo de instrucción de Gagné son:

---

<sup>23</sup> Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Gagné, R.Gutiérrez (1989)



- ✓ Describir el objetivo: permite a los estudiantes a gestionar mejor la información, se debe indicar a los estudiantes cómo podrán usar el conocimiento.
- ✓ Estimular conocimientos previos: recordar al alumno cuales son los conocimientos previos relevantes para darle un marco de referencia. Esto ayuda a aprender y recordar además de mostrar como se conecta el conocimiento.
- ✓ Presentar el material: evitar sobrecargar al estudiante presentándole texto, gráficos, figuras, simulaciones, imágenes, sonidos, ...
- ✓ Orientar el aprendizaje: mostrar el uso de distintos canales.
- ✓ Practicar: dejar que el alumno utilice el conocimiento o habilidad que adquirió.
- ✓ Retroalimentación: analizar el comportamiento del alumno y corregirlo.
- ✓ Evaluar: prueba de rendimiento para confirmar que la lección ha sido aprendida.
- ✓ Retención y transferencia: informar al alumno sobre otras aplicaciones del conocimiento o habilidad adquirida.

### *ADDIE*

ADDIE es el acrónimo del proceso de diseño instruccional que resulta de Analizar, Diseñar, Desarrollar, Implementar y Evaluar una herramienta de formación. Este modelo es utilizado principalmente para el diseño cursos, sin embargo, es igualmente empleado para diseñar materiales. En sus inicios se desarrolló para el entrenamiento militar y contenía numerosas sub-etapas, con el tiempo, adquirió el dinamismo y flexibilidad que hoy le permite ser la base de otros modelos, como afirma la empresa de consultoría Instructional Design Central (IDC)<sup>24</sup>.

El proceso para desarrollar un curso de instrucción consta de cinco fases:

- ✓ Análisis: en esta fase del modelo se identifica el problema que resuelve el curso. Para esto se identifica el perfil del estudiante, los conocimientos y habilidades existentes, el contexto en el cual estará inmerso y las necesidades formativas.

---

<sup>24</sup> <https://www.instructionaldesigncentral.com/instructionaldesignmodels>





Para llevar a cabo las etapas propuestas, se utilizará información levantada en la sección “antecedentes” de este capítulo: en qué consiste la cultura de los drones, los tipos de drones que existen, sus ventajas, sus aplicaciones, quiénes los fabrican y qué escuelas de drones ya existen en Chile y en el mundo. Como se menciona en el modelo de Dick y Carey, esto servirá de base para diseñar el diplomado evidenciando los desafíos y necesidades del mercado actual y hacia donde está encaminado el cambio en la industria. Además, para complementar la base del proyecto y personalizar el programa de formación, se entrevistará a expertos del área tanto en cargos administrativos como operativos. Ambas visiones expertas y los antecedentes recogidos se integrarán dentro de lo que permite la regulación chilena actual para dar paso al diseño del diplomado.

La etapa de diseño, como se menciona en el modelo SAM, será iterativa. A partir de una lluvia de ideas generada por las bases mencionadas en el párrafo anterior, se modelarán los módulos, objetivos y modalidades del diplomado. La intención es validar cada prototipo con los antecedentes y las entrevistas, dentro del marco legal que determina la DGAC.

Una vez conseguido el diseño final, se propondrá la manera de desarrollar e implementar esta obra académica. Estas dos etapas dependerán de las sinergias estratégicas y económicas que se generarán mediante acuerdo de colaboración con alguna institución de educación superior. Se justificará la elección de la institución colaboradora según su trayectoria en el rubro e impacto que podría generar impulsar el diplomado con esta. Se considerarán además las cualidades de Ecodrones y las amenazas a las cuales está expuesta la firma para concebir la mejor elección.



## CAPÍTULO 3: DESARROLLO

En este capítulo se presenta el diseño del diplomado con los módulos y objetivos de estos claramente expresados. Luego, se propone la manera de desarrollar e implementar el programa, indicando por qué se elige a INACAP como institución colaboradora y cuáles serían los resultados estratégicos y económicos de la elección.

### Programa académico

La investigación del mundo aeronáutico no tripulado arrojó múltiples actores, industrias y conceptos que son necesarios dominar al momento de ofrecer servicios profesionales. Los usos de los drones son variados y suponen conocimientos complementarios en términos de seguridad de la operación, pero también en términos de la calidad de la labor que se está realizando.

Para determinar qué tópicos tendrá que cubrir el diplomado, el primer paso es identificar qué especifica la normativa chilena. La Normativa Aeronáutica (DAN) 151 titulada “Operaciones de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) en asuntos de interés público que se efectúen sobre áreas pobladas” es explícita acerca de los exámenes<sup>25</sup> escritos que deben ser aprobados:

- ✓ Normativa DAN 151
- ✓ Normativa DAN 91 “Reglas del aire”
- ✓ Meteorología
- ✓ Aerodinámica

El primer examen mencionado mide el conocimiento de aquellos que aspiran a ser operadores acerca del mundo de los RPAS, en particular las limitaciones operacionales y técnicas de las aeronaves no tripuladas. El examen correspondiente al DAN 91 “Reglas del Aire” apunta principalmente a las responsabilidades y a los conceptos aeronáuticos básicos que se deben

---

<sup>25</sup> Ver anexos para ejemplos.



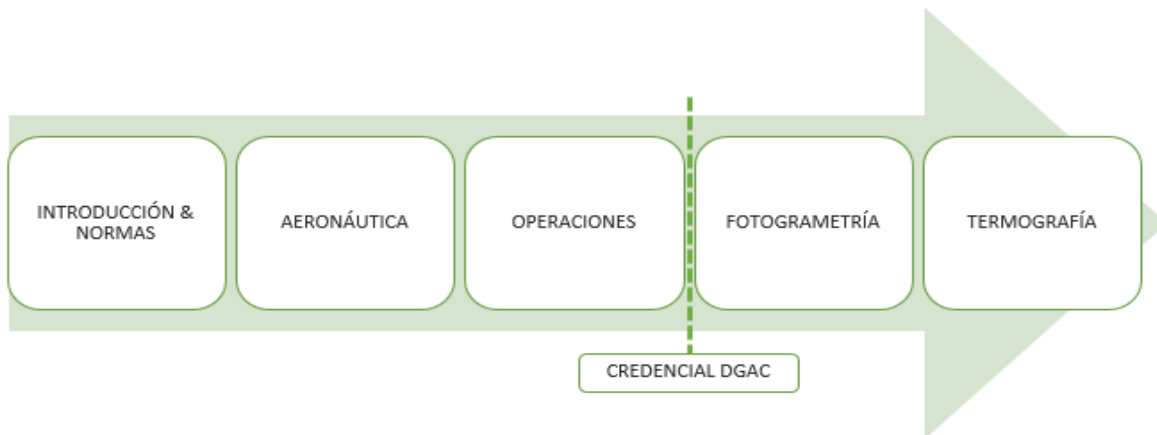


Una vez identificados los módulos generales que estructuran el diplomado, es necesario determinar realmente su pertinencia. Para esta tarea se decidió entrevistar, como se puede apreciar en anexos, a cargos operativos cercanos a la ejecución del trabajo: operadores y colaboradores. Simón Yañez, piloto privado de avión y operador de dron, trabaja en Ecodrones prácticamente desde sus inicios en 2017. Él afirma que hay que destacar el lado aeronáutico de los drones y preparar a los futuros operadores a pensar aeronáuticamente. Si bien al optar por la credencial de operador de RPAS los conocimientos de aerodinámica y meteorología son evaluados, estos difícilmente logran transmitir la cultura aérea que se debiese tener.

Por otra parte, los colaboradores de la operación (agrícolas en el caso de Ecodrones) revelaron en la entrevista la importancia de la logística al momento de brindar servicio. Como manifiesta Sebastián Espinoza, agrónomo de profesión y asistente operativo en Ecodrones desde 2017, cuando se trabaja lejos de la base cualquier pequeño detalle puede arruinar por completo una operación: “olvidar un cable para cargar las baterías o no saber exactamente, por ejemplo, cuánto producto se tendrá que aplicar los siguientes días puede comprometer toda la faena e incluso llevar a perder un cliente”. Gracias a las últimas entrevistas, se demostró que los módulos descritos en la ilustración anterior son bastante acertados. Sin embargo, una reestructuración de los módulos debería ser necesaria para impregnar la cultura aeronáutica y preparar futuros pilotos capaces de llevar a cabo todo tipo de operación.

De esta manera, la incorporación de una parte práctica a cada módulo aparece como el primer cambio al programa inicial que diferenciará este diplomado. A diferencia de otros cursos que se ofrecen en el mercado, la parte práctica de este diplomado no guarda atención solo con el dominio de la aeronave, sino que además cada alumno se enfrentará a distintos escenarios operativos en los que tendrá que aplicar los conocimientos adquiridos en su trayecto por el diplomado. El segundo cambio mayor que se le hará al programa inicialmente presentado es incorporar dos nuevos módulos: fotogrametría y termografía. Si bien estos conceptos representan dos usos puntuales de los drones, son transversales a múltiples industrias y representan gran parte del uso actual de esta tecnología, por lo que su estudio resulta prácticamente imperativo. Tercero y último, para abarcar completamente las ideas previas e

incorporar integralmente los nuevos módulos, se decidió reorganizar los módulos ya existentes dando como resultado la siguiente ilustración:



*Ilustración 15: Reorganización del programa del diplomado. FUENTE: Elaboración propia.*

Cada módulo contará con objetivos prestablecidos que deberán cumplirse para asegurar que el alumno egresado tenga el conocimiento que se requiere para ofrecer todo tipo de servicio profesional con drones. La parte teórica como la parte práctica de cada unidad será descrita a continuación, mencionando sus objetivos, sus razones y los tópicos que serán abordados.

### *Módulo I: Introducción y Normas*

En la primera concepción del programa del diplomado, este módulo contemplaba sólo impartir las normativas que enmarcan la operación con RPAS. Sin embargo, al ser el primer módulo al que se enfrentarán los alumnos, se decidió incluir una breve introducción al mundo aeronáutico y por sobre todo a las aeronaves no tripuladas:

- ✓ Objetivo 1: Inserción en el mundo aeronáutico

Cumplir con este objetivo dará al alumno una noción de lo que es el mundo aeronáutico. Para lograr esto, se deberá abordar en primera instancia la historia de la aviación: primeros vuelos, primeras aeronaves, quiénes fueron los pioneros. A continuación, se deberá presentar al



alumno los principales actores de la industria como: aeropuertos, empresas, fabricantes, reguladores, clientes, aeronaves y negocios.

- ✓ Objetivo 2: Entender el nicho de los drones en el mundo aeronáutico

Si bien el dron es una aeronave, su evolución ha sido muy distinta a la de los aviones o helicópteros. El alumno del diplomado deberá comprender las capacidades de este tipo de aeronave, las ventajas y desventajas, sus limitaciones, los tipos de vuelo, los usos y los tipos que existen. Este objetivo logrará crear conciencia sobre como interactúan las operaciones aeronáuticas, sean tripuladas o no, en el mismo espacio aéreo.

- ✓ Objetivo 3: Conocer la legislación y reglamentación

Para esto se deberá manejar la normativa, principalmente DAN 91 y DAN 151. Además, se deberá trabajar el respeto de la privacidad y transmitir las multas, infracciones y delitos en los que se puede incurrir haciendo un uso equivocado de este tipo de tecnología (tanto código aeronáutico como civil). El alumno deberá saber dónde buscar las normas y quién las redacta en pos de operar siempre conforme a la ley.

- ✓ Objetivo 4: Entender los futuros desafíos de los drones

Se debiese presentar ejemplos de normativa internacional y cuáles son las tendencias a nivel mundial de los drones: BVLOS, transporte de carga y pasajeros, baterías más duraderas. El fin es estimular el pensamiento crítico del estudiante, que sea capaz de discernir las aplicaciones reales con drones y cuales son prototipos, qué modelos son replicables en Chile y porqué. Además, se debiese inculcar al alumno, en esta arista del módulo, la necesidad de estar constantemente actualizándose e informándose del rubro.

## *Módulo II: Aeronáutica*

Los dos grandes protagonistas de este módulo son la aerodinámica y la meteorología. Inicialmente, ambos tópicos estaban pensados para ser abordados separadamente en dos módulos distintos. Sin embargo, dado el fundamento aeronáutico de ambas materias y para facilitar las asociaciones entre las dos se decidió integrarlas:



✓ Objetivo 1: Entender el fenómeno de la sustentación

Para cumplir con este objetivo se deberán impartir los fundamentos aeronáuticos principales, las fuerzas a las que es sometida la aeronave y los distintos perfiles alares que existen junto a sus propiedades. Manejar estos conceptos permitirá asegurar que el alumno entiende como cada tipo de aeronave produce sustentación y qué condiciones o parámetros son favorables en cada etapa del vuelo.

✓ Objetivo 2: Entender el movimiento, la estabilidad y el control de una aeronave

Será clave entender qué son las superficies de control y como se diferencian las de los drones con las aeronaves convencionales. Se deberán dominar los conceptos de actitud de la aeronave, navegación aérea y propulsión. Además, incorporar al pensamiento crítico del estudiante el concepto de peso y balance permitirá predecir el comportamiento de la aeronave en el aire y además determinar posibles riesgos.

✓ Objetivo 3: Asegurar una operación eficaz

La eficacia de toda operación recae en la correcta interpretación de las condiciones de esta. Para esto un operador profesional de drones deberá estudiar la atmosfera y sus fenómenos, vientos, temperaturas, densidades, humedad y saber leer reportes METAR. Cumplir con este objetivo asegurará que los egresados de este diplomado ofrezcan servicios personalizados y reales, dependiendo de los parámetros de operación.

### *Módulo III: Operaciones*

Este módulo representa el sello del diplomado. Si bien hay que controlar la aeronave cuando está en el aire, una operación profesional va mucho más allá del simple manejo del dron. La preparación pre-operativa y el resultado post-operativo son el éxito de esta formación y sin dudas los esfuerzos debiesen ser concentrados en lograr los siguientes objetivos:

✓ Objetivo 1: Elegir la herramienta correcta según la operación

Según la operación y las necesidades que tenga que satisfacer la aeronave no tripulada, hay RPAS más calificadas que otras. La clave de esta parte del módulo es precisamente



identificar estas diferencias, desde la arquitectura del dron, para adelantarse a imprevistos mecánicos o estructurales. Se debiese enseñar acerca del mantenimiento, la mecánica, los componentes y las baterías de dron.

- ✓ Objetivo 2: Preparar una operación *end-to-end*

Más allá del profesionalismo del vuelo, la preparación de la operación, así como la calidad del entregable al final de esta son lo que va a distinguir un operador profesional de RPAS. Para lograr el objetivo se debiese estudiar la logística de una operación con drones, la planificación, el estudio del entorno, la “puesta en escena” y la manera en que se entregarán las soluciones.

- ✓ Objetivo 3: Llevar a cabo operaciones rigurosas y seguras

Como en toda operación aeronáutica, la seguridad es transversal a todas sus etapas. Es indispensable que todo operador de dron sea consciente de esto y que sus decisiones en la operación siempre consideren la seguridad. Se debe enseñar al alumno a gestionar el riesgo y a manejar emergencias como también familiarizarlo con los check list y las bitácoras.

#### *Módulo IV & V: Fotogrametría y Termografía*

Como se adelantaba en los párrafos anteriores, la Fotogrametría y la Termografía representan dos usos puntuales de los drones que entregan soluciones en industrias diferentes. Ambas aplicaciones cuentan con similares líneas de acción, por lo que los objetivos de estos dos módulos se resumen a lo siguiente:

- ✓ Objetivo 1: Entender la Fotogrametría y la Termografía

Es necesario presentar estas dos técnicas a los estudiantes, entregándoles el origen de estas, sus objetivos, sus limitaciones y su eficacia. Además, el alumno deberá ser capaz de identificar cuáles son las industrias que se benefician de estas aplicaciones y que generan una oportunidad para el negocio de las aeronaves no tripuladas.

- ✓ Objetivo 2: Manejo de software



En el mercado abundan las herramientas para el tratamiento de datos fotogramétricos o termográficos. Es esencial que un operador profesional de drones pueda elegir el instrumento que mejor se adapte a la labor que está realizando en términos de personalizar el servicio.

✓ Objetivo 3: Entregar una solución

Finalmente, todo el trabajo con aeronaves no tripuladas es en vano si el operador no es capaz de entregar una solución a su cliente. Este objetivo vela por la interpretación de los datos de un vuelo fotogramétrico o termográfico, siendo esta la principal fuente de decisiones para quienes solicitan este tipo de contribución.

*Parte práctica*

La base de todo servicio profesional con drones radica en el manejo experto de la aeronave. Todos los cursos que se ofrecen en el mercado efectivamente cuentan con una parte práctica en su programa y la normativa nacional hace hincapié en la instrucción práctica que deben recibir quienes aspiren a obtener la credencial de RPAS. Sin embargo, tanto la normativa como las otras opciones de formación velan por desarrollar la habilidad del operador en términos de la seguridad en el vuelo y este diplomado busca ir más allá. La teoría de cada módulo será complementada con actividades prácticas según la siguiente distribución:

✓ Módulo I – Introducción y Normas:

El objetivo principal de la parte práctica de este módulo es acercar la entidad reguladora DGAC a los futuros operadores. Para esto, se considera una salida a las dependencias del organismo en las que participen, mediante charlas y/o reuniones, las diferentes áreas de la DGAC involucradas con la operación de aeronaves no tripuladas.

✓ Módulo II – Aeronáutica:

Para asegurar el dominio práctico de este módulo, los alumnos se verán expuestos a situaciones en las que deberán tomar decisiones según su interpretación de variables aeronáuticas. En otras palabras, se presentarán a los estudiantes pronósticos meteorológicos



y tablas de performance, junto a otros parámetros que influyen en la operación, que les exigirán adaptarse y evaluar la capacidad técnica de sus instrumentos.

✓ Módulo III – Operaciones:

La parte práctica de este módulo se resume a enfrentar los alumnos con simulaciones/casos reales. Estas situaciones tendrán que ser lo más real posible y tienen la finalidad de transmitir al estudiante procedimientos y tecnicismos de las principales industrias que están integrando drones. El futuro operador de dron deberá ser capaz de realizar correctamente y de manera segura circuitos, despegues, ascensos, aproximaciones y aterrizajes, además de controlar la aeronave no tripulada en caso de vuelo no estabilizado. Junto a las capacidades de control del RPAS, esta parte del diplomado apunta a que un operador profesional de dron pueda prevenir y reparar fallas en su aeronave, por lo que se enseñará acerca de sistemas, electrónica, rotores y multirrotores, softwares y baterías.

✓ Módulo IV & V – Fotogrametría y Termografía:

Para ambos módulos se prevé una parte práctica dividida en tres instancias. Primero, se practicarán vuelos de precisión, siguiendo las directrices que imponen la fotogrametría y la termografía (distancias, velocidades, ...). Luego, se trabajará la captura de datos para ambas disciplinas, principalmente en la elección correcta de sensores y cámaras según la finalidad del vuelo. Finalmente, los vuelos de precisión y la elección eficaz de las herramientas de apoyo permitirán integrar los datos fotogramétricos y termográficos para entregar soluciones a los clientes. Cabe destacar, que al igual que la parte práctica del módulo anterior, estas tres instancias convergen en estudio de casos aplicados a la industria, de modo a ilustrar verídicamente las situaciones a las que se enfrentarán los futuros operadores profesionales de drones.

La proporción entre horas teóricas y prácticas de cada módulo la determinarán los equipos de trabajo que se detallan en el siguiente fragmento de este capítulo. Con el conocimiento del mundo académico de la institución colaboradora y el dominio aéreo no tripulado que puede aportar Ecodrones, se distribuirán las horas de cada módulo de manera a respetar la extensión de un diplomado que se expone en el marco teórico y, por sobre todo, velando por el aprendizaje y la integración de los conocimientos transmitidos a los alumnos.

## Institución Colaboradora

Implementar un diplomado, como toda obra académica, no es tarea simple. No se requiere solamente infraestructura y docentes, sino que además se necesitan habilidades en el mundo académico para desarrollar e implementar un programa atractivo y rentable. Dada la cercanía de Ecodrones a Ecocopter y su procedencia del mundo aeronáutico, sería prácticamente imposible implementar un diplomado de esta categoría considerando la actividad principal de las firmas. Por las razones anteriormente mencionadas, se recomienda implementar el diplomado junto a algún centro educacional aprovechando los recursos que cada institución tendría para ofrecer.

Hasta mediados del año 2019, existen en Chile tres tipos de centros de educación superior: universidades, Institutos profesionales y Centro de Formación Técnica. Estas instituciones están repartidas de la siguiente manera:



|                              |  |
|------------------------------|--|
| UNIVERSIDADES                | <ul style="list-style-type: none"><li>• 45 ACREDITADAS</li><li>• 12 NO ACREDITADAS</li></ul> |
| INSTITUTOS PROFESIONALES     | <ul style="list-style-type: none"><li>• 18 ACREDITADOS</li><li>• 14 NO ACREDITADOS</li></ul> |
| CENTROS DE FORMACIÓN TÉCNICA | <ul style="list-style-type: none"><li>• 15 ACREDITADOS</li><li>• 24 NO ACREDITADOS</li></ul> |

*Ilustración 16: Repartición de instituciones de educación superior hasta el primer semestre del año 2019. FUENTE:*

*Elaboración propia con datos de CNA-Chile.*

Provieniendo de una empresa aeronáutica reconocida y líder en su sector, Ecodrones debiese buscar de formar una alianza con alguna institución educacional de su misma categoría, es decir, un organismo formador acreditado y de prestigio.

En primera instancia, las dos entidades que parecían mejores candidatas para celebrar un convenio de colaboración eran la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) y la



Universidad de Santiago de Chile (USACH). Por su parte, la UTFSM cuenta con amplio dominio del área aeronáutica que, a través de la Academia de la Ciencia Aeronáutica, logra transmitir a sus alumnos de las carreras Técnico Universitario en Mantenimiento Aeronáutico e Ingeniería en Aviación Comercial. Además, cuenta con un programa de formación de Piloto Comercial, en donde se imparten cátedras como Meteorología y Aerodinámica (entre otras) que se asemejan a aquellas que el programa del diplomado para operadores de drones pretende impartir. Por otro lado, si bien la USACH no cuenta con carreras afines a la industria aérea, su departamento de Ingeniería Geográfica lanzó a inicios del año 2017 un programa llamado “Uso de drones para captura y procesamiento de información geoespacial”, siendo pioneros al entregar conocimientos sobre el uso de vehículos no tripulados bajo esta modalidad en Chile.

Si bien ambas universidades cumplían con las expectativas de Ecodrones y amplia experiencia en el rubro de la educación, para formar operadores de drones a la medida de las necesidades que tiene el mercado y Ecodrones, la institución académica debiese ofrecer capacitaciones. El operador de dron, al corresponder a un perfil operativo, necesita de fuertes habilidades técnicas complementadas de conocimiento que un Instituto Profesional o un Centro de Formación Técnica le puede brindar. Es por este motivo que se decidió dirigir la búsqueda de la institución colaboradora en el ámbito técnico, manteniendo sin embargo los estándares de calidad y prestigio que debiesen definir esta alianza.

Según datos de la Comisión Nacional de Acreditación, como lo manifiesta la ilustración anterior, existen en Chile solamente 18 Institutos Profesionales acreditados y 15 Centros de Formación Técnica acreditados. Para poder identificar la institución técnica que más se acercaba a lo ideal para Ecodrones, se decidió aplicar el método de puntuación de evaluación de proyectos con los centros de educación superior que contasen con cinco o más años de acreditación. Además, se determinó aplicar el método solo a aquellos establecimientos educacionales con departamentos o áreas que pudiesen aprovechar el diplomado<sup>26</sup>, quedando fuera del ejercicio el Instituto de Estudios Bancarios Guillermo Subercaseaux. La puntuación máxima de cada elemento fue 10 y los factores analizados fueron los siguientes:

---

<sup>26</sup> Según la adopción de este tipo de tecnología que plantea Business Insider.

- ✓ Drones: se analiza la cercanía del centro de educación superior con la tecnología aérea no tripulada. En otras palabras, se buscan cursos, diplomados, publicaciones, proyectos o noticias del establecimiento educacional con relación al mundo dron.
- ✓ Cantidad de alumnos: la aviación no tripulada es un nicho que empieza a desarrollarse, por lo que es fundamental poder abarcar el máximo de público posible. Por lo tanto, entre más alumnos de pregrado, postgrado y titulados tenga la institución de educación superior, su puntuación será más alta.
- ✓ Presencia en el país: como se mencionó anteriormente, las industrias que son más aptas en Chile a integrar drones son la minería, la construcción y la agricultura. De esta manera, será atractivo formar una alianza con una institución que tenga sedes tanto en el norte del país (minería) como en el sur del país (agricultura). No obstante, considerando que más de 7 millones de personas viven en la región metropolitana según el Censo 2017 (40,5% de la población del país), se valorará que la institución elegida esté presente en Santiago también.
- ✓ Áreas de interés: si bien de todos los centros de formación técnica e institutos profesionales, que están acreditados cinco años o más, ya se filtró a los que no tenían áreas que pudiesen beneficiarse de los drones, tendrán alta puntuación aquellos que cuenten con departamentos exclusivos de minería, construcción y agricultura.

Con los parámetros y el listado de las instituciones que cumplían con las restricciones señaladas reunidos, las opciones más atractivas<sup>27</sup> fueron las siguientes:

| FACTORES             | PESO | DUOC UC      |             | AIEP         |             | INACAP       |             |
|----------------------|------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                      |      | Calificación | Ponderación | Calificación | Ponderación | Calificación | Ponderación |
| Drones               | 30%  | 6            | 1.8         | 7            | 2.1         | 7            | 2.1         |
| Cantidad de alumnos  | 25%  | 9            | 2.3         | 8            | 2           | 9            | 2.3         |
| Presencia en el país | 15%  | 8            | 1.2         | 9            | 1.4         | 10           | 1.5         |
| Áreas de interés     | 30%  | 5            | 1.5         | 4            | 1.2         | 6            | 1.8         |
|                      |      | 6.8          |             | 6.7          |             | 7.7          |             |

*Ilustración 17: Centros educacionales técnicos con mayor puntuación. FUENTE: Elaboración propia.*

<sup>27</sup> El estudio completo se encuentra en anexos.



El método de puntuación reveló que el sistema integrado de educación superior constituido por la Universidad Tecnológica de Chile INACAP, el Instituto Profesional INACAP y el Centro de Formación Técnica INACAP es el que más probabilidades de éxito tiene en cuanto a una potencial alianza de colaboración. Sin embargo, para complementar este resultado y corroborar la viabilidad de la asociación se decidió estudiar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de Ecodrones mediante la herramienta FODA, permitiendo de esta manera entender la relevancia de las posibles sinergias entre la empresa e INACAP.

La principal fortaleza de Ecodrones es su experiencia en la tecnología dron. Si bien es una industria emergente en Chile, la empresa ha concentrado recursos en estudiar y preparar su incursión en industrias como la agrícola o constructora participando de ferias internacionales e integrando personal multidisciplinario. Junto a esto, la cercanía de la organización con Ecocopter y el apoyo que esta le brinda, principalmente en términos de gestión e información, confirma su posición como empresa aeronáutica y experta en el rubro. De esta manera, Ecodrones manifiesta ser un sólido socio aeronáutico, con experiencia y sostén de un gigante de la industria aérea chilena.

El mercado de la aviación no tripulada es joven en el país y el mundo. Como se menciona en el primer capítulo de este trabajo, las industrias que están adoptando este tipo de técnicas están siendo pioneras y el abanico de clientes en los años próximos es prometedor<sup>28</sup> y las oportunidades abundan. Por otra parte, las opciones de formación para un candidato a operador de dron profesional en Chile son acotadas: no existen instituciones tradicionales que hayan oficializado cursos o diplomados afines. Es más, la poca oferta de instrucción para operadores de aeronaves no tripuladas no cumple con los estándares de las empresas competitivas que desean integrar este tipo de tecnología y, por su lado, la autoridad aeronáutica no valida ninguno de estos centros de formación.

Pese a las oportunidades que traduce el mercado aéreo no tripulado en expansión, Ecodrones debe adquirir conocimiento y *expertise* del rubro. La tecnología está constantemente madurando y según el ciclo de vida de la tecnología que postula Richard N. Foster, todavía

---

<sup>28</sup> Según Business Insider.



se están realizando mejoras de las características de estas nuevas aeronaves que debilitan a la empresa. Como toda organización reciente (menos de 3 años desde su fundación) Ecodrones se ven enfrentado a tareas que todavía no domina del todo y además a situaciones imprevistas que desgastan su frágil estructura. Además de las debilidades directamente relacionadas con la juventud de la empresa, su tamaño también la debilita en cuanto a la negociación de los términos del acuerdo de colaboración con INACAP, ofreciendo pocas alternativas al momento de velar por sus intereses.

En cuanto a las amenazas a las que Ecodrones está expuesto, estas se pueden separar en dos: amenazas del mercado y amenazas regulatorias. Si bien ya existen en el mercado firmas que entregan soluciones similares y que no impiden a la empresa desenvolver sus funciones de manera corriente, las bajas barreras de entrada al mercado admiten la aparición de nuevas firmas competitivas en todo momento. Por otro lado, la regulación chilena de las aeronaves no tripuladas en Chile está evolucionando y no se tiene claridad cuáles podrían ser los cambios más drásticos en la actual DAN 151. Observando el caso de países iberoamericanos, las actualizaciones de las regulaciones que rigen las operaciones de drones suelen ser cada vez más estrictas, por lo que en Chile el patrón debiese ser el mismo; traduciéndose de esta manera en una amenaza.

## **Beneficios de la alianza**

### *Estratégicos*

Una vez que ya se definieron los módulos del diplomado y la institución colaboradora con quién se debiese celebrar un acuerdo de colaboración, habrá que entregar una propuesta atractiva a la contraparte para asegurar su interés en el proyecto. Si bien INACAP tiene intenciones de abordar la aviación no tripulada en su escuela<sup>29</sup> y además cuenta con una amplia gama de profesionales en áreas como la construcción, minería, agronomía y electrónica, la institución no cuenta con experiencia en la industria aérea. Ecodrones por su parte, es experto en esta industria y es pionero de la aviación no tripulada en Chile, combinar

---

<sup>29</sup> Carlos Giannoni, comunicación personal, marzo 2019

los recursos generaría sinergia entre las dos firmas. De esta manera, considerando las fortalezas y conocimientos de las dos partes, los profesionales para cada módulo deberán ser proporcionados según la siguiente distribución:

| MÓDULO                | OBJETIVOS  | ENCARGADO |
|-----------------------|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN Y NORMAS | Inserción en el mundo aeronáutico<br>Entender el nicho de los drones en el mundo aeronáutico<br>Conocer la legislación y reglamentación<br>Entender los futuros desafíos de los drones | Ecodrones |
| AERONÁUTICA           | Entender el fenómeno de la sustentación<br>Entender el movimiento, la estabilidad y el control de una aeronave<br>Asegurar una operación eficaz  | Ecodrones |
| OPERACIONES           | Elegir la herramienta correcta según la operación<br>Preparar una operación <i>end-to-end</i><br>Llevar a cabo operaciones rigurosas y seguras   | Ecodrones |
| FOTOGRAFÍA            | Entender la Fotogrametría<br>Manejo de software<br>Entregar una solución   | Inacap    |
| TERMOGRAFÍA           | Entender la Termografía<br>Manejo de software<br>Entregar una solución   | Inacap    |

*Ilustración 18: Distribución de tareas del diplomado. FUENTE: Elaboración propia.*

Ambas entidades se encargarán de la teoría y de la práctica de los módulos asignados, sin embargo, todas las clases teóricas se impartirán en las dependencias de INACAP dado que el diplomado será parte de sus programas formativos. La parte práctica el primer módulo contempla una salida técnica a la DGAC, la cual Ecodrones gestionará gracias al contacto directo que mantiene con la institución. El segundo módulo práctico se basa en aplicaciones reales de conocimiento aeronáutico, para esto el equipo de Ecodrones generará casos inspirados tanto en experiencias pasadas como ficticias y transmitirá a los alumnos la manera de abordarlos. Con lo que respecta el módulo de Operaciones, se planificarán sesiones de entrenamiento con los drones de la empresa y además se concebirá una salida a terreno. En esta salida, dada la fuerza agrícola de Ecodrones, los estudiantes deberán preparar y resolver una aplicación de productos fitosanitarios en condiciones reales.

Al ser las clases impartidas por INACAP, el contenido y los materiales del diplomado serán generados por ellos. Sin embargo, el acuerdo de colaboración debiese permitir a Ecodrones



asegurarse que el diplomado tenga el enfoque que la empresa quiere y que se logre transmitir la cultura organizacional de esta. Para esta tarea se disponen, además de los profesionales que impartirán las clases, profesionales generadores de contenidos expertos en las áreas que toca cada módulo.

Para el primer módulo, el perfil del profesional generador de contenido que Ecodrones contactará deberá ser una persona inmersa en el mundo dron y deberá poseer una credencial de operador. Se valorará también profesionales del mundo aeronáutico, con el fin de expresar detenidamente el lugar que ocupan los drones en la aviación, además de dar una breve introducción y reseña de la industria aérea.

Dada la tecnicidad del segundo módulo, el contenido de este debiese ser generado por profesionales aeronáuticos, preferentemente pilotos. Ecocopter cuenta con una amplia gama de pilotos e incluso algunos ya imparten cátedras en el CIAC-CEAC de la empresa. Sin embargo, para mejor aplicar la teoría aeronáutica a los drones, el perfil ideal sería un operador de RPAS con conocimientos aeronáuticos. Simón Yañez, piloto privado y operador de dron en Ecodrones, cuenta con el currículum que más se aproxima a la descripción.

Para el tercer módulo se proponen dos tipos de profesionales generadores de contenidos. Por un lado, dada la gestión que involucra entregar soluciones con drones, se debiese considerar a los *project managers* de Ecodrones para esta tarea. Por otra parte, los operadores debiesen ser responsables de la parte práctica, son los más indicados para determinar cuales son las habilidades que debiese adquirir un estudiante en este diplomado en cuanto al manejo del dron. Además, su apoyo en la parte teórica también sería valorada dado que podrían aportar detalles propios a cada trabajo aéreo desde su cercanía a la operación.

### *Económicos*

La inversión monetaria de este diplomado más importante respecta las horas hombre del personal administrativo de Ecodrones. En efecto, todas las negociaciones que resguardan el acuerdo de colaboración y la coordinación de las partes teóricas y prácticas de los tres primeros módulos del diplomado son responsabilidad de los *projects managers* y el gerente



de la empresa. Se estima que para implementar el programa se necesitan 6 meses, dentro de los cuales se fijarán reuniones dos veces por semana de dos horas de duración aproximada<sup>30</sup>. Según información interna de la empresa, costaría 100.000 CLP enviar un equipo de Ecodrones a este tipo de encuentros, es decir, implementar el programa semanalmente costaría 200.000 CLP considerando una frecuencia de 2 reuniones por semana. Por lo tanto, el valor del talento humano para la gestión del proyecto, considerando 24 semanas para su realización, es de 4.800.000 CLP.

Una vez ya puesto en marcha el diplomado y la inversión inicial realizada, el costo que representaría para Ecodrones el funcionamiento de este se expresaría en las actividades prácticas del tercer módulo. Para este módulo se prevén 3 sesiones en las dependencias de la empresa con no más de 20 alumnos por sesión, descritas de la siguiente manera:

- ✓ Jornada básica: en esta actividad los alumnos aprenderán a operar un dron. Se espera dividir el grupo de estudiantes en equipos de 4 personas, por lo que se necesitarán 5 drones para abastecer el grupo. Se destinará 100.000 CLP por dron de iniciación, por lo tanto, esta jornada tendría un valor de 500.000 CLP.
- ✓ Jornada de mantenimiento: este día práctico cumple la tarea de enseñarle a los estudiantes a reparar y prevenir las fallas de un dron. Los drones de la jornada anterior serán utilizados en esta jornada.
- ✓ Jornada de aplicación: esta salida práctica considera la aplicación de los conocimientos adquiridos hasta ahora en casos reales. Para esto, se utilizarán los drones con los que ya cuenta la empresa por lo que no se espera una inversión adicional.

Para agregar valor a las jornadas prácticas en las dependencias de Ecodrones, se decidió agregar un *coffee break* y almuerzo para el grupo de 20 estudiantes. Como lo detalla la siguiente ilustración, además de la inversión en drones, cada jornada tendrá un costo aproximado de 295.000 CLP.

---

<sup>30</sup> Carlos Giannoni, comunicación personal, marzo 2019

| ITEM               | COSTO DIARIO   |
|--------------------|----------------|
| Insumos académicos | 50.000         |
| Instructor 1       | 30.000         |
| Instructor 2       | 30.000         |
| Coffee             | 35.000         |
| Almuerzo           | 150.000        |
| <b>Total</b>       | <b>295.000</b> |

Ilustración 19: Costo diario de una jornada en Ecodrones para un grupo de 20 alumnos. FUENTE: Elaboración propia.

Por lo tanto, los costos que suponen las 3 jornadas prácticas en las dependencias de la empresa equivalen a 885.000 CLP y agregando los 500.000 invertidos en drones para las jornadas, cada versión del diplomado cuesta 1.385.000 CLP. Cabe mencionar que, dada la inexperiencia que se espera de los estudiantes al manipular este tipo de aeronave, la empresa podría incurrir en gastos imprevistos durante la duración del diplomado. Para esto, se destinarán 277.000 CLP adicionales, equivalentes al 20% del costo de las 3 jornadas prácticas. Finalmente, considerando que el diplomado tendrá una duración aproximada de 4 meses, la distribución temporal de los costos del diplomado en un espacio de 2 años desde el inicio de la gestión de este se resume de la siguiente manera:

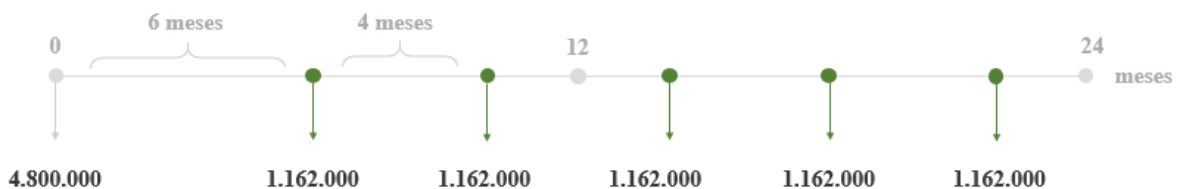


Ilustración 20: Flujo de inversión del diplomado durante los dos primeros años en pesos chilenos. FUENTE: Elaboración propia.

La primera inversión en la ilustración anterior corresponde a 4.800.000 CLP de gestión del diplomado que 6 meses después dará inicio la primera versión del diplomado. Cada 4 meses, se espera realizar una nueva versión del diplomado, lo que equivale a invertir 1.385.000 CLP para costear nuevos drones y las tres jornadas estipuladas anteriormente. Además, para cubrir costos inesperados durante la realización de alguna de las tres jornadas en dependencias de



Ecodrones, se contará con los 277.000 CLP descritos en los párrafos anteriores. Por lo tanto, cada 4 meses para realizar el diplomado se deberá incurrir en 1.662.000 CLP.

En los que respecta los beneficios tangibles de esta propuesta, dado que INACAP se encargará de impartir las cátedras, los profesionales que generarán el contenido y aquellos que transmitirán el conocimiento serán remunerados directamente por la institución. Por lo tanto, no se esperan beneficios económicos de esta propuesta, sino que formar indirectamente a sus futuros operadores es la mayor ganancia para Ecodrones.

Por su parte, INACAP se beneficiará del contenido y dominio de la aviación no tripulada que le aportará Ecodrones y también, dado que el diplomado será parte de su oferta académica, del arancel que estime conveniente recaudar.



## CONCLUSIONES

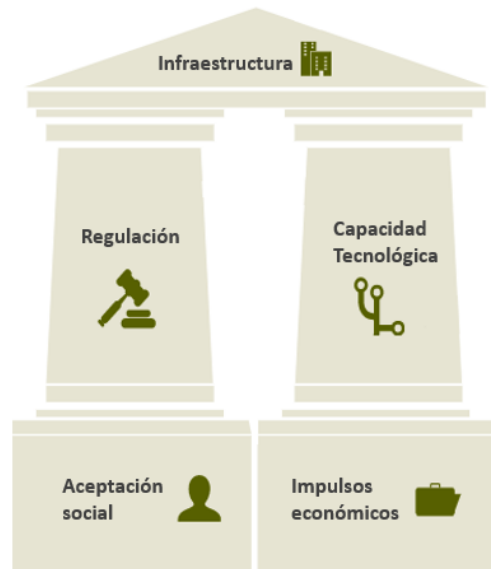
Pese a la accesibilidad de los drones, estos dispositivos no son juguetes, sino que aeronaves. La oferta es amplia y logra atraer a todo tipo consumidor con precios accesibles y disponibilidad en distintos formatos de venta. No obstante, adquirir una de estas aeronaves conlleva responsabilidades que los consumidores primerizos no logran dimensionar y ponen en peligro la seguridad de quienes los rodean. En lo que respecta a los profesionales del rubro, la responsabilidad que depositan sus clientes en ellos no se expresa solo en términos de seguridad, sino que de eficiencia y calidad también. De estas últimas palabras se desprende la idea de inculcar a quienes deseen ser operadores profesionales de drones las habilidades y los valores que el mercado espera de ellos.

Las alternativas que ya existen en Chile son básicas, cursos con poca profundidad y sin filtro alguno de postulantes que no representan una gran herramienta profesional para quienes invierten en estos. Es por esto que este diplomado, orientado a profesionales que deseen complementar sus conocimientos, no sólo prepara a sus estudiantes a obtener la credencial que entrega la autoridad, sino que además permite a sus egresados ser competitivos en esta industria emergente. Efectivamente, el dron representa tan sólo un medio o una herramienta de trabajo y lo que definirá un profesional será su habilidad de gestionar la operación como un ciclo: desde la planificación inicial hasta la interpretación y solución que se entregará al cliente.

Si bien la normativa es explícita en los conocimientos que serán evaluados al momento de adquirir la credencial de operador de RPAS, no exige a los aspirantes operadores seguir una formación particular. La teoría expone distintos métodos para enseñar y transmitir la cultura dron, sin embargo todos suponen inversiones de tiempo y recursos para una empresa como Ecodrones. La normativa es permisiva y de acuerdo con lo investigado en otros países, la manera de hacer este diplomado exitoso es una alianza entre dos expertos de ambos rubros: INACAP y Ecodrones.

La empresa consultora McKinsey & Company propone cinco factores que influyen el crecimiento de la industria aérea no tripulada, dentro de los cuales se encuentra la

regulación. La regulación debe ir a paridad con los avances tecnológicos y este diplomado busca precisamente hacer la conexión.



*Ilustración 21: Los cinco pilares fundamentales para el crecimiento de la industria aérea no tripulada. FUENTE: McKinsey & Company.*



## BIBLIOGRAFÍA

### Artículos

ERTMER Peggy A. y NEWBY Timothy J., Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly*, 1993, 6(4), 50-72.

SKYWARD. State of Drones in Big Business. *Industry Report 2018*, 2018, p.8-32.

GUINN Colin y SCHAUBLE Oren. State of the drone industry 2018 report. *Guinn Partners*, 2018, p.17-102.

AUVSI. The Economic impact of unmanned aircraft systems integration in the United States. *Economic Report*, March 2013, p.1-40.

GUTIÉRREZ R., Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Gagné. *Enseñanza de las ciencias*, 1989, 7(2), p.147-157.

JONASSEN D. Y RORHER-MURPHY L. Activity Theory as a framework for designing constructivist learning environments. *Educational Technology: Research and Development*, 1999, 46 (1).

COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN (2019). Barómetro del aseguramiento de la calidad de la educación superior (Nº3). *CNA-Chile*. URL: <http://www.cnachile.cl/>, 2019.

### Sitios web

<https://ecodrones.cl/> [19.feb.2019]

<https://www.ecocopter.com/> [19.feb.2019]

<https://www.dgac.gob.cl/como-operar-un-dron-en-chile/> [03.mar.2019]

<https://www.academiadronchile.cl/> [03.mar.2019]

<https://www.prodrone.cl/curso-de-drone/> [03.mar.2019]



<https://dronestore.cl/> [03.mar.2019]

<http://precadet.cl/> [03.mar.2019]

<https://www.aerodrone.cl/> [03.mar.2019]

<https://rentadrone.cl/> [03.mar.2019]

<http://www.dronesglobe.com/news/drone-market-share-analysis-predictions-2018/>

[12.may.2019]

<https://www.businessinsider.com/top-drone-manufacturers-companies-invest-stocks-20177?IR=T> [12.may.2019]

<https://www.businessinsider.com/drone-industry-analysis-market-trends-growth-forecasts-2017-7?IR=T> [12.may.2019]

<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/commercial-drones-are-here-the-future-of-unmanned-aerial-systems> [12.may.2019]

<https://hemav.com/piloto-drones-3/> [20.may.2019]

<http://daresaviation.com/drones.html> [20.may.2019]

<https://escuelaaeronautica.edu.co/cursos/curso-piloto-de-drones/> [20.may.2019]

<https://www.go-drone.co/curso-piloto-drones-rpas-certificad> [20.may.2019]

<https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/Timeline/1915-19.html> [22.may.2019]

<https://www.timetoast.com/timelines/history-drones> [22.may.2019]

<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/air-mobility-solutions-what-theyll-need-to-take-off> [04.jun.2019]

<https://divesup.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/49/2018/03/IES-Vigentes-03-2018.pdf>  
[04.jun.2019]

<https://www.businessinsider.com/drone-technology-uses-2017-7?IR=T> [08.jun.2019]



<https://www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/drones/>

[08.jun.2019]

<https://blog.dronedeploy.com/2018-commercial-drone-industry-trends-70b83e0a2e6f>

[08.jun.2019]

<https://www.elmundo.es/tecnologia/innovacion/2019/05/31/5cf0f62221efa0d6048b45a9.html>

[21.jun.2019]

[https://www.fai.org/drone-](https://www.fai.org/drone-sports?upcoming=1&f%5B0%5D=fai_event_year%3A2019&display=list)

[sports?upcoming=1&f%5B0%5D=fai\\_event\\_year%3A2019&display=list](https://www.fai.org/drone-sports?upcoming=1&f%5B0%5D=fai_event_year%3A2019&display=list) [21.jun.2019]

<https://x.company/projects/wing/> [23.jun.2019]

<https://www.upc.edu/es/masteres> [20.ago.2019]

<http://muas.webs.upv.es/> [20.ago.2019]

<https://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/> [27.ago.2019]

<https://www.uv.es/bellohc/pedagogia/EVA4.wiki?1> [08.sept.2019]

[http://www.ub.edu/dpsed/fvillar/principal/pdf/proyecto/cap\\_05\\_piaget.pdf](http://www.ub.edu/dpsed/fvillar/principal/pdf/proyecto/cap_05_piaget.pdf) [08.sept.2019]

<https://www.constructivismo.net/constructivismo-piaget.htm> [08.sept.2019]

<https://www.galileo.edu/faced/files/2011/05/1.-ConductismoCognositivismo-y-Constructivismo.pdf> [12.sept.2019]

<https://www.instructionaldesigncentral.com/instructionaldesignmodels> [12.sept.2019]

<https://www.usach.cl/news/lanzan-diplomado-inedito-chile-para-emplear-drones-manera-correcta> [28.sept.2019]

## ANEXOS



Ilustración 22: Hanhe CE-20 Mercury. FUENTE: Hanhe Aviation UAV.



Ilustración 23: DJI AGRAS MG-1. FUENTE: [www.dji.com](http://www.dji.com)



Ilustración 24: Stormbee S20. FUENTE: [www.stormbee.com](http://www.stormbee.com)

| FIRMA                        | RUBRO   |
|------------------------------|---------|
| DJI                          | CIVIL   |
| AEROVIRONMENT                | MILITAR |
| AMBARELLA                    | CIVIL   |
| BOEING                       | MILITAR |
| GOPRO                        | CIVIL   |
| LOCKHEED MARTIN LMT          | MILITAR |
| 3D ROBOTICS                  | CIVIL   |
| PARROT                       | CIVIL   |
| YUNEEC                       | CIVIL   |
| NORTHROP GRUMMAN CORPORATION | MILITAR |

Ilustración 25: Top 10 fabricantes de drones. FUENTE: Business Insider.

| AERONAVE              | CANTIDAD APROXIMADA |
|-----------------------|---------------------|
| DJI PHANTOM 4         | 26.000              |
| DJI PHANTOM 3         | 17.000              |
| DJI MAVIC             | 14.000              |
| DJI INSPIRE 1         | 7.500               |
| INTEL SHOOTING STAR 2 | 4.500               |
| 3DR SOLO              | 3.000               |
| DJI INSPIRE 2         | 2.500               |
| DJI PHANTOM 2         | 2.000               |
| INTEL SHOOTING STAR   | 1.500               |
| YUNEEC TYPHOON H      | 1.500               |
| YUNEEC TYPHOON Q500   | 1.500               |
| AUTEL ROBOTICS X-STAR | 1.000               |
| KESPRY DRONE 2.0      | 1.000               |
| GOPRO KARMA           | 1.000               |
| DJI MATRICE 600       | 800                 |
| DJI MATRICE 100       | 800                 |
| DJI SPARK             | 700                 |
| SENSEFLY EBEE         | 600                 |
| DJI PHANTOM 1         | 600                 |
| PARROT AR DRONE 2.0   | 500                 |
| PARROT BEBOP 2        | 400                 |
| 3DR IRIS              | 400                 |
| DESCONOCIDOS          | 400                 |
| PARROT BEBOP          | 400                 |
| DJI S1000             | 350                 |

Ilustración 26: Los 25 drones para uso profesional más registrados en Estados Unidos en el año 2017. FUENTE: State of the drone industry, Guinn Partners.

| SPRAY SYSTEM                |  |
|-----------------------------|--|
| LIQUID TANK                 |  |
| Volume:                     | 10 L   |
| Standard Operating Payload: | 10 kg  |
| Max Battery Size:           | 151×195×70 mm  |
| NOZZLE                      |  |
| Model:                      | XR11001VS (0.379 L/min)  |
| Recommend Model:            | TX-VK8 (0.525L/min)  |
| Quantity:                   | 4  |
| Droplet Size (XR11001VS):   | 130 - 250 µm (subject to working environment and spraying speed) |

Ilustración 27: Especificaciones del sistema de pulverización del dron DJI AGRAS MG-1P. FUENTE: www.dji.com.



**\*\*\*EXTRACTO DEL BANCO DE PREGUNTAS DGAC PARA OBTENER LA  
CREDENCIAL DE OPERADOR RPAS\*\*\***

*DAN 91*

>La definición: “Persona designada por el explotador para operar los controles de vuelo de una aeronave pilotada a distancia durante el tiempo de vuelo. A falta de persona designada, se presumirá que el piloto es quien dirige la operación de vuelo”, corresponde al concepto de:

- A. Piloto
- B. Explotador
- C. Piloto a distancia
- D. Explotador a distancia

>La definición: “Una operación durante la cual una aeronave pilotada a distancia vuela sin intervención de piloto en la gestión de vuelo”, corresponde al concepto de:

- A. Operación Restringida
- B. Operación con Visibilidad Directa Visual
- C. Operación en gestión de vuelo
- D. Operación Autónoma

*AERODINAMICA*

>Viento relativo es:

- A. El formado por la hélice al pasar por el ala.
- B. La corriente de aire que sigue a la aeronave en su trayectoria.
- C. La corriente o flujo de aire moviéndose hacia el perfil, siendo opuesto a la trayectoria de vuelo.
- D. El formado por el aspa al pasar por el ala.



>El camino seguido por una aeronave durante su desplazamiento en el seno del aire, se denomina:

- A. Aerovía.
- B. Viento relativo.
- C. Trayectoria de vuelo.
- D. Trayectoria.

### *METEOROLOGÍA*

>Se define como ráfaga:

- A. El valor de la intensidad del viento cuando es constante.
- B. La turbulencia creada por la intensidad del viento.
- C. La turbulencia creada al sotavento de una montaña.
- D. El valor máximo de la intensidad del viento cuando no es constante.

>Para que la formación de niebla sea probable, debe existir:

- A. Nubes en altura y corrientes descendentes de aire húmedo.
- B. Fuerte viento y alta humedad relativa a nivel del suelo.
- C. Alta humedad, temperatura y punto de rocío próximo y viento en calma.
- D. Nubes en altura y fuerte viento.

### *DAN 151*

>El peso máximo de despegue de un RPA es de:

- A. 6 Kilos
- B. 8 kilos
- C. 9 Kilos
- D. 7 Kilos

>La altura máxima de operación de un RPA es de:

- A. 400 pies
- B. 400 m
- C. 450 pies
- D. 380 m



### \*\*\*ENTREVISTA CAMILA CID\*\*\*

¿Qué debiesen ejercitar los actuales operadores de Ecodrones?

Me parece que los operadores que tenemos debiesen trabajar y entender el “todo” de la operación. Hoy, los operadores solo se preocupan de volar el dron a tal altura y a tal velocidad, pero la verdad es que realizar un trabajo con estas aeronaves va mucho más allá. Lo que pasa antes y después de un vuelo es casi más importante que el vuelo en sí, sobre todo después: hay que entregar una solución en base a la información que se levanta con el dron.

¿Qué debiese ser enseñado en un diplomado de drones?

Mira yo creo que obviamente la parte de normativas es fundamental, un operador profesional debe saber lo que puede o no hacer y como lo puede o no hacer. Hay muchos ofreciendo servicios que no tienen seguros ni los permisos de la DGAC para hacerlo. Como son tan accesibles, la gente tampoco se preocupa de investigar... Van a cualquier tienda del retail y se compran un dron para entretenerse y se dan cuenta que pueden sacarle provecho.

¿Qué falta en los cursos que existen hoy en día?

En mi opinión hoy en día existe la “escuela” de los drones y falta la “universidad” de los drones. Las grandes empresas como las mineras o las forestales en el sur están necesitando gente experta en quienes invertir su plata y, como te decía antes, hoy en día todos saben volar el dron, pero hay muy pocos que puedan entregarte una real solución ajustada a tu negocio.

¿Cuál debiese ser el sello de este diplomado?

Este diplomado debiese trabajar mucho lo que pasa antes y después de un vuelo. Todo el valor agregado de incorporar drones a tu negocio se sustenta con lo que pasa después: necesitas que la información se interprete. No sirve de nada contratar operadores de drones para que saquen fotos si después tengo que pagar a un tercero para que trabaje las fotos y me produzca una ortofoto, por ejemplo.

¿Cuál es el futuro de los drones en Chile?

Chile tiene mucho potencial, es un país con mucho desarrollo minero y agrícola, que son las industrias que más están pidiendo drones. Fuimos a la feria mundial de drones en Ámsterdam a



principios de año, y vimos que lo que está pasando en otros países se parece bastante a lo que hacemos nosotros. Sabemos que la normativa está adaptándose a recién a la tecnología que avanza rápido, y de acuerdo con lo que vimos allá el futuro sin duda es el vuelo BVLOS.

¿Qué has aprendido en Ecodrones?

¡En este mundo se aprende todos los días! Sobre todo para mí, que no vengo de la aviación, todo ha sido nuevo y super desafiante. Los drones cambian todos los días, todos los días hay nuevas aplicaciones, nuevas empresas, nuevos fabricantes, nuevos modelos que cada vez hacen cosas más increíbles. Ecodrones es una suerte de “emprendimiento” que tiene EcoCopter, así que como todo negocio que inicia, aprendemos todos los días.

### **\*\*\*ENTREVISTA JOSÉ TOMÁS DÍAZ\*\*\***

¿Qué debiesen ejercitar los actuales operadores de Ecodrones?

Creo que a nuestros operadores les falta más compromiso y alineamiento con la empresa. Lidiamos día a día con desafíos y proyectos nuevos, que son nuevos para mí también y siento que ellos, estando más cerca de la operación, nos podrían dar buenos inputs sobre qué drones usar, qué drones comprar, que es lo que está haciendo la competencia... Falta dimensionar el espectro de la operación, esto no es solo volar el dron y cobrarle al cliente, hay que demostrar porqué el dron es una mejor alternativa.

¿Qué debiese ser enseñado en un diplomado de drones?

Aparte de pilotear bien y de manera segura el dron, cosa que es esencial, hoy en día el mercado está pidiendo más. Hay muchos que saben operar bien, los drones no se les caen, pero hay muy pocos que se dan cuenta de lo exigente que es una operación profesional con drones. Por lo menos en el lado agro, hay que cuidar cada detalle antes de salir a una faena porque estando metidos en el campo y lejos de la base no se puede improvisar.

¿Qué falta en los cursos que existen hoy en día?



Mira, como te decía antes, creo que los cursos de hoy solo te enseñan a que el dron no se te caiga. Los cursos son muy cortos, yo mismo hice un curso Precadet que no me presentó mayor dificultad y que en el fondo es así porque la normativa no te exige más que eso.

¿Cuál debiese ser el sello de este diplomado?

Para distinguirnos del resto, creo que este diplomado debiese centrarse sobre la planeación que una operación profesional. Eso no lo enseña nadie en este minuto y es clave, según yo, para separar los operadores profesionales de los que no son profesionales. Mira, por ejemplo, la DGAC te pide 2 semanas que pidas permiso para hacer un trabajo... Hay muchos clientes que te piden volar de un día para otro y en teoría no se debería hacer, pero hay muchos que aceptan y vuelan sin la autorización.

¿Cuál es el futuro de los drones en Chile?

Por lo que he investigado, todo apunta que los drones vuelen prácticamente solos. Cada vez llegan más lejos y la idea es que las normativas autoricen los vuelos sin visual directa con el dron. En realidad, el futuro es el *delivery* con los drones y va a ser muy interesante ver como eso va a impactar en Chile.

¿Qué has aprendido en Ecodrones?

Creo que lo que caracteriza a Ecodrones es que hacemos mucho con poco. Le estamos fumigando a Arauco, que es la segunda o tercera forestal más grande del mundo, y no llevamos más de 2 años desde que empezamos. Ecodrones ha sido un bonito desafío que me ha enseñado a ser muy eficiente con lo que tenemos.

### \*\*\*ENTREVISTA SIMÓN YAÑEZ\*\*\*

¿Qué debiesen ejercitar los actuales operadores de Ecodrones?

Siendo sincero, creo que la “cultura aeronáutica” es pobre en los operadores de drones. Te hablo de la gran mayoría de los operadores que hay hoy día en el mercado, hay muy pocos con *background* aeronáutico y me parece que es clave entender que estos “juguetes” que uno compra en el retail son efectivamente aeronaves. La tecnología dron avanza todos los días y todos los



días hay drones que vuelan más lejos, más tiempo, más alto... Para ser profesional en este rubro, hay que entender las capacidades que tienen.

¿Qué debiese ser enseñado en un diplomado de drones?

Yo creo que lo principal es que quienes quieran ser profesionales manejen a la perfección los principios del vuelo. Es esencial saber por qué vuela un dron, el comportamiento de este en el aire... Hay que manejar los tiempos de respuesta del dron, de lo que es capaz y el concepto de peso y balance. Eso es super importante, el peso y balance de una aeronave es un parámetro crítico para la seguridad de la operación

¿Qué falta en los cursos que existen hoy en día?

Como dije antes, los cursos hoy en día le dan apenas una pincelada al lado aeronáutico del tema. No se enseña a leer cartas de meteorología, ni a leer METAR ni TAF y menos nomenclatura aeronáutica. Lo que hay ahora en el mercado te prepara a obtener la credencial y nada más.

¿Cuál debiese ser el sello de este diplomado?

Sin duda alguna el sello de este diplomado debiese ser el toque aeronáutico que hay que darles a los drones. Ecodrones pertenece a EcoCopter que es un referente aeronáutico en nuestro país y yo creo que todos los que quieran cursar este diplomado van a buscar precisamente eso. Lo que va a distinguir este diplomado de otros cursos o escuelas que existan va a ser la trayectoria y la experiencia aeronáutica que la empresa le va a dar.

¿Cuál es el futuro de los drones en Chile?

Esto es recién el comienzo, los drones dan para mucho más y en internet está lleno de prototipos y nuevas aplicaciones. Imagina que en California ya están usándolos para polinizar cuando llueve o en Australia con una aplicación en el celular te vienen a dejar tu pedido en dron... Si me preguntabas hace 5 años si era posible seguramente te decía que no. En Chile, como en otros países, todo va a depender de lo exigente que se ponga la normativa.

¿Qué has aprendido en Ecodrones?

Le tengo más respeto a estos “juguetes”. Creo que, como todos antes de entrar, era más escéptico con respecto a los drones hasta que empecé a operarlos. Es increíble de lo que son capaces y sin



duda son el futuro de la aviación. Obviamente todavía hay que trabajar en ellos, la gente no les tiene confianza y en parte es por el mal uso que algunos le dan.

### **\*\*\*ENTREVISTA SEBASTIÁN ESPINOZA\*\*\***

¿Qué debiesen ejercitar los actuales operadores de Ecodrones?

Los operadores se concentran principalmente en volar el dron y nada más. Aquí en Ecodrones es así porque el equipo está conformado de esa manera, pero creo que podrían destacar más si supiesen otras cosas como, por ejemplo, reparar el dron. Pasa muchas veces en vuelos de entrenamiento o faenas que nos tenemos que devolver porque nos falta una herramienta para reparar el dron o tenemos problemas con el software. Además, la fumigación es solo durante un cierto período del año, creo que podríamos aprovechar los drones todo el año si los operadores supieran de fotogrametría, por darte un ejemplo.

¿Qué debiese ser enseñado en un diplomado de drones?

Me parece que se debiese enseñar acerca de la planeación de una operación, hacer una especie de estudio de la faena en particular y adecuarse a ella. Todas las operaciones son distintas pero, por lo menos por el lado agro, olvidar un cable para cargar las baterías o no saber exactamente, por ejemplo, cuánto producto se tendrá que aplicar los siguientes días puede comprometer toda la faena e incluso llevar a perder un cliente. Como te decía antes, he leído que los drones se usan bastante para la fotogrametría y la termografía... Al parecer, se puede jugar con los filtros y espectros que lleva la cámara del dron y eso sería bueno poder aprenderlo.

¿Qué falta en los cursos que existen hoy en día?

Yo creo que les falta a los cursos de hoy en día enseñar que el dron puede hacer más cosas que solo volar. Es cierto que la seguridad es esencial, siendo aeronáutico tu lo entiendes mejor que yo, pero también es importante entender que el dron lo puedo usar para fumigar como para analizar los tipos de suelo y analizar el índice de vegetación, por ejemplo.

¿Cuál debiese ser el sello de este diplomado?



El sello del diplomado debiese ser lo transversal que son los drones. El diplomado debiese ser lo más completo posible, para que independientemente del rubro del cual venga la persona o en el rubro que quiera usar los drones, el diplomado sea una herramienta útil y lo diferencie de los demás...

¿Cuál es el futuro de los drones en Chile?

El futuro de los drones en Chile va a depender de lo eficiente que serán los drones. En nuestra área por lo menos, la gente es escéptica con respecto a los drones y no cree todavía en su efectividad. Imagínate decirle a un agricultor que con el dron estamos usando apenas 30L de agua para una hectárea, cuando él lleva aplicando con el tractor 250L por hectárea toda la vida... Hay que generar ese cambio de mentalidad.

¿Qué has aprendido en Ecodrones?

Lo que más rescato de Ecodrones es que me ha impulsado a mejorar cada vez más. Cuando partimos, esto era nuevo para todos y nadie sabía bien cuales iban a ser los desafíos que íbamos a encontrar. Ahora que ya llevamos cientos de hectáreas fumigadas, sabemos de lo que somos capaces y de lo que no... Manejamos mejor las cantidades de productos, los drones y la comunicación en terreno. Todo eso ha sido posible porque todos hemos ido mejorando la manera en que hacíamos las cosas.



| FACTORES             | PESO | DUOC UC      |             | ADOLFO MATTHEI |             | AIEP         |             | ESUCOMEX     |             | INACAP       |             | ENAC         |             | CEDUC - UCN  |             | SAN AGUSTÍN  |             |
|----------------------|------|--------------|-------------|----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                      |      | Calificación | Ponderación | Calificación   | Ponderación | Calificación | Ponderación | Calificación | Ponderación | Calificación | Ponderación | Calificación | Ponderación | Calificación | Ponderación | Calificación | Ponderación |
| Drones               | 30%  | 6            | 1.8         | 2              | 0.6         | 7            | 2.1         | 1            | 0.3         | 7            | 2.1         | 1            | 0.3         | 1            | 0.3         | 1            | 0.3         |
| Cantidad de alumnos  | 25%  | 9            | 2.3         | 3              | 0.8         | 8            | 2           | 4            | 1           | 9            | 2.3         | 4            | 1           | 5            | 1.3         | 6            | 1.5         |
| Presencia en el país | 15%  | 8            | 1.2         | 3              | 0.5         | 9            | 1.4         | 2            | 0.3         | 10           | 1.5         | 2            | 0.3         | 6            | 0.9         | 5            | 0.8         |
| Áreas de interés     | 30%  | 5            | 1.5         | 7              | 2.1         | 4            | 1.2         | 4            | 1.2         | 6            | 1.8         | 3            | 0.9         | 3            | 0.9         | 4            | 1.2         |
|                      |      | 6.8          |             | 3.9            |             | 6.7          |             | 2.8          |             | 7.7          |             | 2.5          |             | 3.4          |             | 3.8          |             |

Ilustración 28: Estudio por puntuación de centros educacionales técnicos. FUENTE: Elaboración propia.