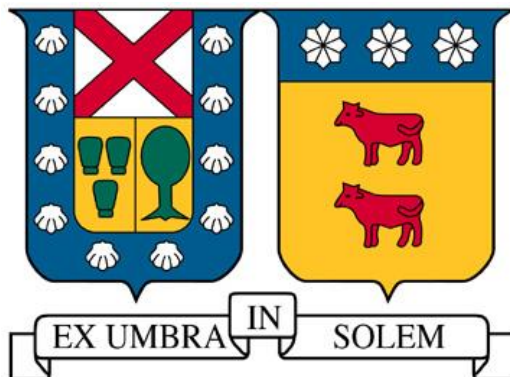


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
ACADEMIA DE CIENCIAS AERONÁUTICAS
SANTIAGO – CHILE



ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA ADQUISICIÓN DE UN
HELICÓPTERO, ORIENTADO AL COMBATE DE INCENDIOS
FORESTALES EN CHILE

SEBASTIÁN ALEXIS ARENAS REYES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA	:	SR. JOSÉ MIGUEL INFANTE
PROFESOR CORREFERENTE	:	SR. MARTINUS POTTERS

OCTUBRE 2016

Resumen Ejecutivo

Chile es un país con zonas boscosas, especialmente en la parte sur. La Octava Región, Bío Bío, es la región que históricamente ha presentado la mayor cantidad de incendios forestales, con un total de 27.054 incendios registrados entre los años 1989 y 2015, lo que representa el 26,6% de incendios totales registrados en ese período¹. En dicha región se concentra casi el 38% de las plantaciones forestales del país, siendo la región con mayor participación en la industria forestal de Chile².

Además, el clima tiende a ser seco en ciertas regiones cercanas al centro del país, como por ejemplo, la Quinta Región, donde históricamente se han producido el 22,9% del total de incendios forestales entre 1989 y 2015³. La actividad del hombre se ha expandido a zonas alejadas de la capital, muchas veces resultado del apoyo al turismo, lo que le permite a una mayor cantidad de personas visitar lugares usualmente alejados de la mano del hombre. De acuerdo a investigaciones realizadas por entidades como CONAF o DGAC, es en estas circunstancias que se producen la mayoría de los incendios forestales, ya sea por negligencia, falta de responsabilidad o simplemente hechos ilícitos por parte de los humanos. Como se observa a continuación, más de la mitad del total de incendios forestales es por dos causas, relacionadas a la presencia de personas en dichos lugares (causas accidentales) y la acción intencional del hombre.

Causas	Total	Porcentaje [%]
1.7 Tránsito de personas, vehículos o aeronaves	20.635	29,13
2.1 Incendios intencionales	21.682	30,61

Tabla 1: Extracto tabla de Ocurrencia según Causas de incendios forestales, entre los años 2003 y 2015. Fuente: Estadísticas CONAF.

Debido a que estas áreas por lo general están alejadas de la civilización, surgió la necesidad de emplear un tipo de transporte que permitiera un medio de acceso a entidades

¹ Fuente: Estadísticas CONAF, actualizado a Julio 2015.

² Anuario Forestal 2015. Fuente: INFOR.

³ Fuente: Estadísticas CONAF, actualizado a Julio 2015.

dedicadas al combate de incendios. Así es como se comenzaron a emplear medios de transporte aéreos en el combate de incendios, ya sean aviones o helicópteros.

Hoy en día, la principal entidad dedicada al combate de incendios es CONAF, la cual se encarga de emplear su propia flota de aeronaves, o bien, establecer contratos con operadores de la industria para arrendar aeronaves durante ciertas temporadas.

El objetivo de esta memoria fue brindar apoyo en la decisión a la que se ven enfrentados estos operadores o entidades cuando no existe suficiente oferta para suplir la demanda de incendios forestales, objetivo que se cumplió mediante el análisis de aspectos técnicos y económicos, esbozando una idea sobre el impacto que tendría la adquisición de un helicóptero para el operador, donde se entregó una respuesta sobre los potenciales beneficios y tipos de costos involucrados, además de la presentación de información relacionada a los incendios forestales en Chile y los diversos aspectos que se deben considerar al momento de tomar la decisión de incorporar una nueva aeronave en esta actividad.

Palabras Clave: CONAF, Incendio forestal, Brigada de Heliataque, Helibalde, Costos operacionales, Oferta y demanda.

Executive Summary

Chile is a country with extensive wooded areas, especially in the south portion of the country. The Eighth Region, Bío Bío, holds the record for the region with most wildfires, with a total of 27.054 wildfires registered between 1989 and 2015, which represents 26,6% of the entire country's wildfires during that period. This region holds almost 38% of the forest plantations, being the region with the highest participation in the wood industry in Chile.

The weather is usually dry in certain regions close to the country's center, for example, the Fifth Region, which has suffered 22,9% of the total wildfires between 1989 and 2015. The human activity has expanded to zones far away from the capital, usually as a result of tourism. This allows people to visit places normally not visited by humans. According to research by entities like CONAF or DGAC, it is in these circumstances where most wildfires start, being because of negligence, lack of responsibility or simply illicit acts performed by humans. As shown below, more than half of all wildfires start due to only two causes, related to the presence of people in those places (accidental) and intentional acts by men.

Causes	Total	Percentage [%]
1.7 People, vehicle or aircraft transit	20.635	29,13
2.1 Intentional fires	21.682	30,61

Chart 1: Extract from Occurrence by causes of wildfires, between the years 2003 and 2015. CONAF statistics.

Due to the fact that these areas are generally far away from civilization, a need for a kind of transport that helped firefighters reach efficiently the zone of conflict emerged. That is why aerial transports are employed in firefighting, being airplanes or helicopters the available means.

Currently, the main entity dedicated to wildfire suppression is CONAF, which employs its own aircraft fleet or hires aircraft from third party operators in the industry, if needed.

The goal of this document was to deliver support in the choice these organizations face when there is not enough supply to meet the demand. This goal was accomplished by analyzing technical and economic aspects in order to give an idea about the impact an helicopter acquisition might represent for an organization, giving an answer about the potential costs and benefits of each option, while also delivering information related to wildfires in Chile and the many factors that must be considered when making the choice of bringing a new aircraft into this activity.

Key Words: CONAF, Wildfire, Wildland Firefighters, Bambi Bucket, Operating costs, Supply and demand.

Índice de Materias

<u>Resumen Ejecutivo</u>	1
<u>Executive Summary</u>	3
<u>Índice de materias</u>	4
<u>Índice de gráficos</u>	6
<u>Índice de tablas</u>	6
<u>Introducción</u>	8
<u>1 Capítulo 1: Antecedentes Generales</u>	10
1.1 <u>Justificación del tema</u>	11
1.2 <u>Objetivo general</u>	14
1.3 <u>Objetivos específicos</u>	14
1.4 <u>Metodología</u>	15
1.5 <u>Alcance</u>	17
1.6 <u>Viabilidad</u>	17
<u>2 Capítulo 2: Estado del Arte</u>	19
2.1 <u>Antecedentes</u>	20
2.1.1 <u>Antecedentes técnicos de los helicópteros empleados en Chile</u> ...	20
2.1.2 <u>Incendios Forestales</u>	21
2.1.3 <u>CONAF</u>	22
2.1.4 <u>DAR 06</u>	22
2.1.5 <u>Explotadores de extinción de incendios forestales</u>	23
2.1.6 <u>Empresas de trabajos aéreos que participan en extinción de incendios</u>	23

2.1.7	<u>Brigada de Heliataque</u>	24
2.1.8	<u>Helibalde</u>	25
2.2	<u>Marco Teórico</u>	26
2.2.1	<u>Evaluación de Proyectos Generales</u>	26
2.2.2	<u>Modelos de series de tiempo</u>	26
2.2.3	<u>Proyección por Método Promedios Móviles</u>	27
2.2.4	<u>Proyección por Método de Descomposición</u>	28
2.2.5	<u>Características del sistema de combate de incendios en Chile</u> ...	29
2.2.6	<u>Análisis de oferta y demanda</u>	29
2.2.7	<u>Análisis evaluativo para seleccionar un helicóptero</u>	30
3	<u>Capítulo 3: Desarrollo</u>	33
3.1	<u>Ocurrencia de incendios forestales en Chile</u>	34
3.2	<u>Oferta de helicópteros en Chile</u>	47
3.3	<u>Potenciales helicópteros propuestos</u>	48
3.4	<u>Encuesta evaluativa para cuantificar prioridades de un operador</u>	54
3.5	<u>Análisis general de costos operacionales</u>	61
3.5.1	<u>Características de los costos</u>	62
3.5.2	<u>Categorías de costos operacionales</u>	66
3.5.3	<u>Expresiones para costos operacionales</u>	73
3.5.4	<u>Factores que afectan a los costos</u>	74
3.5.5	<u>Cualidades recomendadas en la estimación de costos operacionales</u>	75
3.6	<u>Usos alternativos de las aeronaves</u>	77
	<u>Conclusiones</u>	87
	<u>Bibliografía</u>	91

<u>Anexos</u>	93
----------------------------	-----------

Índice de Gráficos

Gráfico 1: <i>Evolución número de incendios desde 1991 hasta el último período (2014)..</i>	12
Gráfico 2: <i>Evolución superficie afectada desde 1991 hasta el último período (2014)...</i>	12
Gráfico 3: <i>Número histórico de incendios registrados en Chile entre 1964 y 2015.....</i>	34
Gráfico 4: <i>Ocurrencia histórica según mes, período entre los años 1985 y 2015.....</i>	37
Gráfico 5: <i>Regresión lineal sobre gráfico de número de incendios mensuales.....</i>	41
Gráfico 6: <i>Proyección del número de incendios mensuales hasta la temporada 2019-2020.....</i>	44
Gráfico 7: <i>Resumen total de horas de vuelo contratadas por CONAF, entre los años 2010 y 2015.....</i>	44
Gráfico 8: <i>Variación del costo por hora a partir de un sueldo fijo, a medida que aumentan las horas de vuelo en el tiempo.....</i>	63
Gráfico 9: <i>Ilustración visual del comportamiento del costo por combustible en función de las horas de vuelo de un helicóptero.....</i>	65
Gráfico 10: <i>Ocurrencia histórica según mes, período entre los años 1985 y 2015.....</i>	77
Gráfico 11: <i>Proyección del número de incendios mensuales hasta la temporada 2019-2020.....</i>	78

Índice de Tablas

Tabla 1: <i>Extracto tabla de Ocurrencia según Causas de incendios forestales, entre los años 2003 y 2015.....</i>	1
Tabla 2: <i>Comparación del número de incendios y superficie afectada.....</i>	11
Tabla 3: <i>Categorías para clasificar helicópteros en Chile.....</i>	20

Tabla 4: <i>Características técnicas de helicópteros en Chile</i>	20
Tabla 5: <i>Lista de operadores de helicópteros que participan en extinción de incendios en Chile</i>	23
Tabla 6: <i>Coeficientes de ponderación para cada variable del análisis evaluativo para selección de aeronave</i>	31
Tabla 7: <i>Número promedio de incendios esperados para la temporada 2015-2016</i>	35
Tabla 8: <i>Número de incendios mensuales entre temporada 2010-2011 hasta temporada 2014-2015</i>	38
Tabla 9: <i>Resultados promedios móviles e índices promedios para cada mes del período en análisis</i>	38
Tabla 10: <i>Promedio histórico de índices para cada mes del año</i>	39
Tabla 11: <i>Resumen valores ajustados de acuerdo al factor K calculado</i>	40
Tabla 12: <i>Resumen de resultados incluyendo el factor cíclico de cada mes para la temporada 2014-2015</i>	41
Tabla 13: <i>Componente cíclico para cada mes</i>	42
Tabla 14: <i>Resumen de resultados para Componente Estacional y Componente Cíclico</i> .	43
Tabla 15: <i>Número de incendios mensuales proyectados para temporada 2019-2020</i> ...	43
Tabla 16: <i>Modelos y horas de vuelo por región, contratadas por CONAF durante los años 2010 y 2015</i>	47
Tabla 17: <i>Cantidades de helicópteros dedicados al combate de incendios por cada empresa</i>	47
Tabla 18: <i>Resultados de encuesta aplicada a CONAF</i>	60
Tabla 19: <i>Resumen y cálculo de resultados obtenidos en encuesta a CONAF</i>	61

Introducción

Los incendios forestales son una realidad que se vive a diario en Chile. El daño que provocan al ecosistema y a las industrias forestales ha pasado a ser un tema de relevancia a nivel nacional, puesto que son eventos que no se pueden evitar y una vez que se inician, son difíciles de controlar. Sólo en el período 2013-2014 se registraron 2.421 incendios, lo que significó una superficie afectada de alrededor de 21.135 hectáreas.⁴

Es por esta razón que se han incorporado diversas herramientas y tecnologías para combatir estos eventos, siendo una de las más importantes, los helicópteros.

Esta memoria se enfocará en el análisis técnico y pretende esbozar variables económicas asociadas a la adquisición de un helicóptero y su impacto para el comprador, en términos de beneficios y costos, junto con el aporte que podría significar para el combate de incendios. También pretende servir como guía para ilustrar aspectos generales sobre la operación de un helicóptero. Para ello se realizará un estudio de la situación actual del país respecto a la oferta y demanda de esta actividad (en términos como cantidad de helicópteros disponibles, número de incendios, etc.), mediante el análisis de datos históricos, además de entrevistas a operadores de helicópteros que participen en extinción de incendios y entidades forestales, con el fin de analizar datos y variables que permitan acotar las necesidades operacionales y financieras de dichas entidades. De acuerdo a estos resultados, se pretende concluir respecto a la real necesidad de incorporar más helicópteros en el combate de incendios en Chile, para luego proponer una o varias aeronaves que sean operacional y financieramente viables para la realidad del mercado actual en Chile, con el fin de utilizarlas para realizar un análisis de las cualidades que favorecen a una aeronave en esta actividad. Posteriormente, se presentará un método de evaluación que los operadores pueden utilizar para llevar a cabo una revisión de los aspectos más relevantes al momento de adquirir un helicóptero. Luego, se realizará un análisis de las distintas variables que afectan los costos operacionales más significativos en que incurren los operadores de helicópteros, así como también la forma recomendable de abordarlos. Finalmente, se presentarán usos alternativos que pueda tener la o las

⁴ Fuente: Corporación Nacional Forestal. Gerencia Manejo del Fuego. Estadísticas Julio 2014.

aeronaves escogidas para ser analizadas, con el objetivo de ilustrar alternativas de uso para temporadas en que no participen en combate de incendios.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES GENERALES

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

En Chile existe una considerable cantidad de áreas forestales, distribuidas en diferentes regiones. Es por esto que los incendios forestales se han convertido en un foco de atención en la sociedad, no sólo por los potenciales daños que podrían producir en la población, sino también por los daños económicos y aquellos ocasionados al ecosistema.

Región	NUMERO DE INCENDIOS			SUPERFICIE AFECTADA (ha)		
	Periodo actual 2014-2015	Periodo 2013-2014	Promedio quinquenio	Periodo actual 2014-2015	Periodo 2013-2014	Promedio quinquenio
Arica y Parinacota	0	0	0	0	0	0
Tarapacá	0	0	0	0	0	0
Antofagasta	0	0	0	0	0	0
Atacama	0	0	0	0	0	0
Coquimbo	52	(-30%) 74	(-9%) 57	142.9	(-74%) 543.93	(-75%) 561.69
Valparaíso	784	(-4%) 820	(-5%) 825	4132.92	(-43%) 7289.16	(-48%) 7907.75
Metropolitana	436	(+30%) 336	(+12%) 391	2248.1	(-89%) 21258.90	(-73%) 8265.04
O'Higgins	222	(+15%) 193	(+11%) 200	10096.48	(+94%) 5210.18	(+26%) 8017.66
Maule	681	(-0%) 684	(+32%) 514	23484.67	(-13%) 26863.32	(+104%) 11504.87
Biobío	1308	(-54%) 2858	(-44%) 2323	21532.55	(+12%) 19201.92	(+41%) 15283.86
Araucanía	807	(-17%) 968	(+13%) 712	37273.84	(+111%) 17700.66	(+508%) 6131.48
Los Ríos	149	(+27%) 117	(+89%) 79	793.09	(+210%) 256.10	(+442%) 146.43
Los Lagos	433	(+94%) 223	(+221%) 135	4935.33	(+22%) 4036.43	(+312%) 1197.64
Aysén	24	(-11%) 27	(+14%) 21	232.66	(-93%) 3559.67	(-74%) 883.74
Magallanes	19	(+280%) 5	(+46%) 13	4.09	(+294%) 1.04	(-100%) 3590.46
Total	4915	(-22%) 6305	(-7%) 5270	104876	(-1%) 105921	(+65%) 63490

Tabla 2. Comparación del número de incendios y superficie afectada.

De acuerdo a estadísticas proporcionadas por el Sistema de Información Digital para el Control de Operaciones (SIDCO), se puede ver que en total, el número de incendios ha disminuido (-22% respecto al último período), pero por otra parte, algunas regiones han aumentado el número de incendios respecto al período anterior (por ejemplo, Los Lagos, con +94%). Además, la superficie afectada se mantiene casi igual (-1% respecto al período anterior), lo que se podría interpretar como un aumento en la severidad de los incendios.

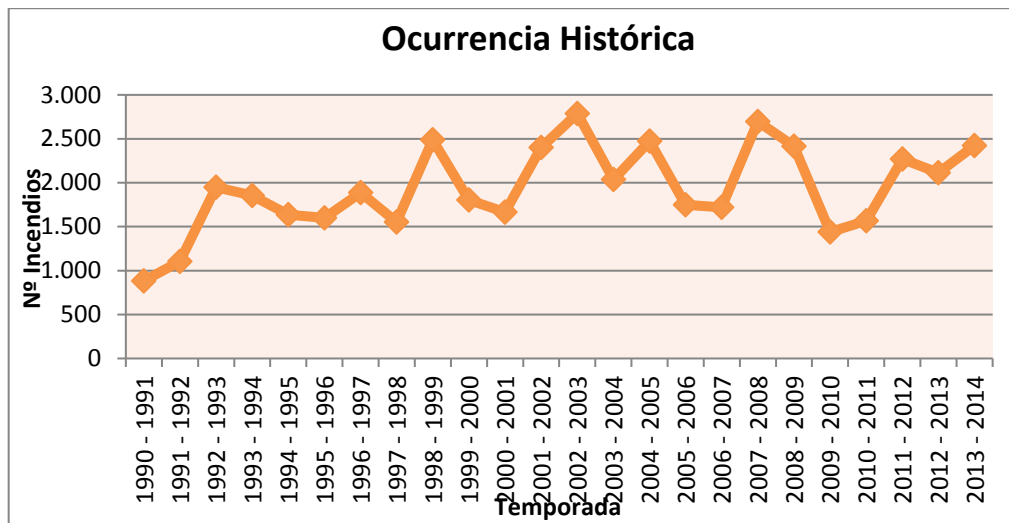


Gráfico 1: Evolución número de incendios desde 1991 hasta el último período (2014).

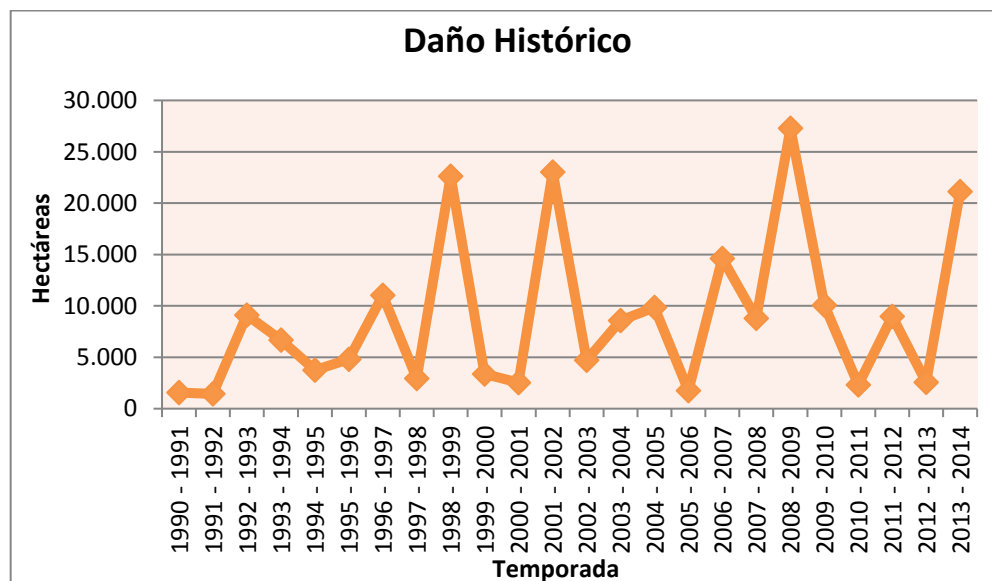


Gráfico 2: Evolución superficie afectada desde 1991 hasta el último período (2014)

Hoy en día existe preocupación por parte de la sociedad respecto a este tema, razón por la cual se han generado diversos debates en torno al tema. La opinión pública general actual se ha inclinado por la adquisición de aviones para el combate de incendios, y si bien estas aeronaves pueden representar un beneficio en cantidad de carga que pueden llevar (en teoría) o respecto al costo de adquisición, no necesariamente son una mejor opción que los helicópteros. En teoría, un avión puede eventualmente llevar mayor cantidad de agua en un solo viaje, pero en la práctica esto no es necesariamente un beneficio por sobre un helicóptero, ya que a diferencia de un helicóptero, un avión no tiene la capacidad de acercarse demasiado a la zona de un incendio, por lo que los lanzamientos de agua deben ser a mayor altura, lo que provoca una mayor pérdida de agua efectiva que llega al suelo, debido a la evaporación o simple desvío del agua mientras cae. Por otra parte, un helicóptero tiene la capacidad de efectuar numerosos viajes cortos desde la fuente de agua (por ejemplo, un camión con estanque) hacia la zona de incendio, mientras que un avión no tiene la misma flexibilidad, pues el agua se le debe cargar antes de despegar. Además, se deben también considerar factores externos, como la geografía del lugar en que se implementarán, o los costos de operación a los que estará sometido. Chile es un país geográficamente angosto, y presenta numerosos terrenos montañosos, por lo que en ocasiones los aviones carecen del espacio necesario para realizar maniobras de descarga, lo que incrementa la probabilidad de accidentes. Considerando que son aviones con tanques llenos de agua, con varios miles de litros a la vez, su maniobrabilidad se puede ver notablemente reducida, lo que afecta no sólo el riesgo de accidente, sino también variables como descargas no exitosas, maniobras frustradas, gasto extra de combustible, de agua, entre otros. En contraste, un helicóptero no se ve tan afectado por la geografía del lugar, debido a su capacidad de vuelo estacionario, lo que le permite operar en lugares más estrechos o rodeados de cerros. Además, de forma general, puede ser relativamente más accesible modificar el equipamiento de un helicóptero para realizar tareas alternativas, ya que en Chile se utiliza el sistema de descarga de agua con Helibalde, lo que permite que al helicóptero realizar también otras labores como el transporte de carga, por ejemplo, algo que para un avión especializado en combate de incendios no es igualmente factible. No obstante, el operar con helicópteros en esta actividad conlleva sus

propios riesgos, como por ejemplo, la pérdida de sustentación debido a la menor densidad del aire causada por el calor de los incendios.

Por estas razones, se identifica la necesidad de evaluar el funcionamiento de esta actividad, la oferta y demanda que existe en el mercado, y las mejoras que se podrían incorporar. Esta memoria se enfocará principalmente en el potencial beneficio que podría aportar la adquisición de un helicóptero que se desempeñe en el combate de incendios, tanto para entidades forestales como para los operadores de la aeronave.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Analizar aspectos técnicos y económicos del uso de helicópteros en el combate de incendios, además de presentar uno o más modelos de helicópteros que puedan satisfacer las necesidades de las principales entidades forestales y operadores de helicópteros en Chile, considerando sus situaciones actuales en términos operativos y financieros.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Realizar un análisis de la situación actual de Chile, en términos de la industria dedicada a la extinción de incendios forestales.**
- **Determinar las necesidades actuales, tanto de entidades forestales como de operadores de helicópteros que participen en combate de incendios.**
- **Proponer potenciales helicópteros que cumplirían los requisitos operacionales y financieros del mercado en Chile.**

- **Analizar las variables que afectan los costos operacionales presentes al operar helicópteros, además de presentar la forma recomendable de abordar estos costos en una organización.**
- **Presentar usos alternativos para las aeronaves escogidas.**

1.4 METODOLOGÍA

- Investigación del mercado actual que rodea el combate de incendios, analizando las causas, daños y forma de combatirlos en Chile.
- Estudio de la evolución histórica que han tenido los daños y las temporadas de incendios forestales en nuestro país mediante estadísticas, gráficos y bases de datos proporcionadas por entidades forestales.
- Estudios de mercado para analizar la oferta y demanda entre entidades forestales y operadores.
- A partir de lo anterior, definir las necesidades y prioridades de cada parte.
- Identificar y determinar las aeronaves que podrían desempeñar un rol favorable en el combate de incendios en Chile, mediante estudios y comparaciones con aeronaves usadas actualmente tanto en Chile como en el extranjero.
- Presentar un método de evaluación preliminar para un operador que busca incorporar una nueva aeronave a su flota.
- Analizar los diversos factores y variables relacionadas a los costos operacionales de una organización por operar un helicóptero.
- Realizar un estudio de los posibles mercados en los que podrían incursionar dichas aeronaves durante sus períodos fuera de temporada de incendios, presentando sus posibles configuraciones y/o misiones en las que pueden participar.

Respecto al marco teórico:

- Obtener datos históricos relacionados al número y daño de los incendios forestales en Chile en las últimas décadas.
- Proyectar dichos datos para obtener valores aproximados de la demanda futura.
- Realizar entrevistas a expertos, además de contactar entidades como CONAF u otros operadores de helicópteros que participen en la extinción de incendios.
- A partir de esto, conseguir información respecto a las prioridades de cada empresa al realizar la compra de un helicóptero.
- Consequir información respecto a los costos operacionales que conlleva esta actividad.
- Considerando todo lo anterior, barajar una lista de helicópteros que podrían apoyar la demanda del país y satisfacer técnica y económicamente a los operadores.
- Realizar un análisis de costos e ingresos, utilizando conceptos de evaluación de proyectos.
- Acotar la lista de helicópteros, descartando aquellos que resulten menos atractivos en relación a las variables antes mencionadas.
- Realizar estudios respecto al desempeño de estas aeronaves en el combate de incendios, ya sea de forma nacional (en caso que se trate de una aeronave que opere actualmente en Chile) o internacional (en caso que se trate de una aeronave que no opere actualmente en Chile).
- Investigar y estudiar las posibles configuraciones que podrían adoptar dichos helicópteros durante las temporadas que no se dediquen al combate de incendios.

¿CÓMO SE CUMPLIRÁN LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS?

Mediante estudio de datos históricos, recaudando información directa desde entidades forestales y operadores de aeronaves. Principalmente con investigación teórica, pero también potenciales entrevistas a dichas entidades.

TEORÍA Y CONCEPTOS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Los principales cursos del plan de estudios que otorgan conocimiento práctico para el desarrollo de este tema son:

Aeronaves de alas rotatorias, evaluación de proyectos, aerodinámica, información y control financiero, ingeniería económica, legislación aeronáutica, marketing, finanzas, seguridad operacional.

1.5 ALCANCE

El alcance de esta memoria es mayormente de carácter exploratorio, dado que no existen demasiados estudios respecto a las aplicaciones que tienen las aeronaves de alas rotatorias, y mucho menos a su aplicación en un mercado con necesidades tan particulares como lo es el combate de incendios forestales.

Adicionalmente, tendrá un alcance de tipo descriptivo, el cual se expresa principalmente mediante los estudios y análisis de la situación actual en Chile.

Por otro lado, la investigación será en parte transeccional, dado que se profundizará en el estado actual de la industria, y en parte longitudinal, ya que también se incorporará un análisis de los datos históricos recopilados por las instituciones y operadores relacionados al combate de incendios.

1.6 VIABILIDAD

Los recursos para desarrollar esta memoria incluyeron información de acceso público por parte de entidades forestales (como CONAF), las que proveen datos históricos y análisis

estadísticos de estos mismos, además de la oportunidad de realizar consultas a personas de la industria, mediante contactos proporcionados por el profesor guía. Análogamente, se realizaron investigaciones (a partir de búsqueda de información y consultas) para obtener información relacionada a los operadores de aeronaves que realizan actividades en conjunto con entidades forestales. Además, se cuenta con información de los fabricantes de aeronaves y entidades internacionales que han realizado estudios en estos temas.

El objetivo propuesto es viable considerando estos recursos, puesto que esta memoria pretende servir como un análisis general. A pesar de tomar como ejemplo algunos casos específicos a lo largo del desarrollo, está diseñada para ser aplicada a la realidad de cualquier operador de helicópteros o entidad forestal en Chile. Debido a esto, la información utilizada será en gran parte de acceso público, minimizando, en lo posible, la información confidencial que podría requerirse de un operador en particular.

Capítulo 2

Estado del Arte

2.1 Antecedentes

Previo al desarrollo de la investigación, se presentarán algunos conceptos, términos y definiciones relacionados al combate de incendios en Chile, las funciones de las principales entidades encargadas de manejar dichas situaciones, la teoría detrás de las operaciones aéreas con helicópteros, entre otros conceptos.

2.1.1 Antecedentes Técnicos de los helicópteros empleados en Chile

En Chile se utiliza la clasificación desarrollada por Estados Unidos para clasificar los helicópteros empleados en el combate de incendios forestales.

Tipo	Categoría	Pasajeros	Volumen de Agua [Lts]
I	Pesado	Mayor a 15	Más de 2.650
II	Mediano	Entre 9 y 14	Entre 1.135 y 2.650
III	Liviano	Entre 4 y 8	Entre 378 y 1.135
IV	Muy liviano	Hasta 3	Menos de 378

Tabla 3: Categorías para clasificar helicópteros en Chile.

A continuación se presentan algunos de los principales modelos utilizados en Chile para el combate de incendios y un resumen de sus características.⁵

Nombre y Modelo	Capacidad de Carga Externa [Lts]	Autonomía Promedio [Hrs]	Velocidad Crucero [Km/hr]	Diámetro del rotor principal [Mts]	Alcance [Kms]
Kamov Ka 34 A11 BC	5.000 [Helibalde]	2,5	240	12,0	800

⁵ *Tabla extraída del Documento de Trabajo 553: La Brigada de Heliataque y los Procedimientos de Trabajo con Helicópteros., Abril de 2010.*

Cobra Bell 209 Lifter	2.000 [Helibalde]	1,25	278	13,41	574
Sokol PZL W3	1.400 [Helibalde]	2,25	235	15,70	745
Bell 205 A1	1.200 [Helibalde]	2,5	205	14,65	520
Bell 212	1.200 [Helibalde]	2,5	205	14,65	520
AgustaWestland AW 119 Koala	1.200 [Helitanque] 1.000 [Helibalde]	3,0	257	10,83	771

Tabla 4: Características técnicas de helicópteros en Chile.

Cabe destacar que esta lista de helicópteros se presenta a modo de ejemplo, ya que cuenta con cinco años de antigüedad. Durante el desarrollo de la memoria se elaborará un listado de las aeronaves más utilizadas actualmente (2015), el cual se puede encontrar en la sección [3.2 Oferta de helicópteros en Chile.](#)

2.1.2 Incendios Forestales

Como explica CONAF en su página web, un incendio forestal es un ‘fuego que, cualquiera sea su origen, se propaga sin control en terrenos rurales a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, ya sea viva o muerta’. En otras palabras, significa la quema no controlada de un ecosistema constituido por bosques, matorrales y/o pastos.

El fuego se genera a partir de tres factores: material combustible, calor y oxígeno, los cuales en su conjunto forman el denominado “triángulo del fuego”. Ante la falta de alguno de ellos, el triángulo se rompe y, por ende, el fuego no se puede originar.

En el caso de los incendios forestales, el material combustible corresponde a la misma vegetación presente en el área (especialmente la vegetación seca), mientras que el oxígeno es aportado por el aire y el viento. El factor restante, el calor, es generalmente

proporcionado por acciones del hombre, ya sea debido a fogatas, cigarrillos, quemas desautorizadas, etc. Existen fuentes de calor que podrían ocasionar un incendio de forma natural, como las explosiones volcánicas y los relámpagos durante tormentas eléctricas, sin embargo, en Chile esto rara vez ocurre.

2.1.3 CONAF

CONAF (Corporación Nacional Forestal), es ‘una entidad de derecho privado dependiente del Ministerio de Agricultura, cuya principal tarea es administrar la política forestal de Chile y fomentar el desarrollo del sector’.

Su misión es ‘contribuir al manejo sustentable de los bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones forestales mediante las funciones de fomento, fiscalización de la legislación forestal-ambiental y la protección de los recursos vegetacionales, así como la conservación de la diversidad biológica a través del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, en beneficio de la sociedad.’

Es importante mencionar que una de las responsabilidades de CONAF es la defensa forestal, en donde se encuentra el combate de incendios forestales. Sin embargo, esta institución sólo es responsable de las zonas que le fueron asignadas, como por ejemplo parques nacionales, reservas, etc., no siendo responsable de zonas que pertenezcan a privados, como empresas forestales. En el caso que se genere un incendio en una zona privada, CONAF no tiene la obligación de participar en el combate de incendio, a no ser que alguna de sus zonas se pueda ver eventualmente afectada por dicha catástrofe. No obstante, en la práctica se pueden llegar a acuerdos entre CONAF y privados, intercambiando recursos u horas de vuelo, por la eficacia de ambas partes.

Si bien CONAF cuenta con flota propia, cada año se contratan horas de vuelo a operadores privados para suplir la “demanda” por el combate de incendios.

2.1.4 DAR 06

Documento emitido por la Dirección de Aeronáutica Civil (DGAC) de carácter reglamentario, cuyo objetivo es regular las operaciones de aeronaves de transporte público

en territorio nacional (Chile). Se estructura en cuatro volúmenes, de los cuales el Volumen IV corresponde a Trabajos Aéreos, en donde se incluye el combate de incendios.

2.1.5 Explotadores de extinción de incendios forestales

‘Son aquellas empresas aerocomerciales, poseedoras de un Certificado de Operador Aéreo (AOC), otorgado por la DGAC, que las autoriza para realizar trabajos aéreos de extinción de incendios forestales, lo que materializan mediante el lanzamiento de agua con elementos químicos retardantes del fuego y con el traslado de brigadistas que combaten el fuego directamente en terreno. La normativa que regula estas operaciones es el Reglamento Operación de Aeronaves, DAR 06, Volumen IV.’

2.1.6 Empresas de trabajos aéreos que participan en extinción de incendios

Las siguientes empresas se denominan explotadores de extinción de incendios forestales en Chile.

Empresa	Base Principal	Región	Aeropuerto, aeródromo y helipuerto
ASESORÍAS CBP LTDA.	Talca	VII Región	Aeródromo Panguilemo, SCTL
DISCOVERY AIR INNOVATIONS CHILE LTDA.	Rancagua	VI Región	Helipuerto SHHE
ECOCOPTER S.A.	Santiago	RM	Eulogio Sánchez, SCTB
FAASA CHILE SERVICIOS AÉREOS LTDA.	Concepción	VIII Región	Carriel Sur, SCIE
HELICÓPTEROS AGROFORESTAL LTDA.	Santiago	RM	Panamericada Norte S/N, Km 28,5, Parcela N° 22, Colina
HELICÓPTEROS DEL PACÍFICO LTDA.	Temuco	IX Región	Helipuerto Labranza, SHDP
MEDIC AIR SpA	Santiago	RM	Eulogio Sánchez, SCTB

PLATINUM HELICOPTERS S.A.	Santiago	RM	Helipuerto Eagle Copters, SHBH, Colina
SERVICIOS AÉREOS HELIAGRO LTDA.	Santiago	RM	Eulogio Sánchez, SCTB
SERVICIOS AÉREOS KIPREOS S.A.	Santiago	RM	Helipuerto Kipreos, SHKI
SOCIEDAD AERO FLIGHT SERVICE S.A.	Quillota	V Región	Arauco 420-B
SOCIEDAD DE TRANSPORTE AÉREO AERO- VALLE S.A.	Santiago	RM	Arturo Merino Benitez, SCEL, Losa Papa

Tabla 5: Lista de operadores de helicópteros que participan en extinción de incendios en Chile.

2.1.7 Brigada de Heliataque

Se denomina Brigada de Heliataque a una cuadrilla de Brigadistas Forestales que trabaja en conjunto con un helicóptero⁶. Se caracteriza por ser un equipo especializado y orientado a combatir el incendio forestal de acuerdo a los objetivos definidos por el Jefe de Incendio.

Algunas de las misiones de una Brigada de Heliataque incluyen el transporte aéreo de personal e insumos logísticos, traslado de lesionados, inspección visual del sector afectado, coordinar ataques aéreos, etc.

Una Brigada de Heliataque está compuesta por el piloto, el Jefe de Brigada, el Jefe de Cuadrilla, el mecánico, el chofer del camión de combustible y los Brigadistas.

⁶ Fuente: *La Brigada de Heliataque y los procedimientos de trabajo con helicópteros*. CONAF, Abril de 2010.

2.1.8 Helibalde



Imagen 1: Bambi Bucket Original. Fuente: SEI Industries (www.sei-ind.com)

Deposito colgante para trasladar agua en helicóptero. En Chile se utilizan diversas variantes de un modelo Canadiense, creado por SEI Industries Ltd., denominado Bambi Bucket. La cantidad de agua que pueden transportar estos depósitos depende principalmente del tipo de helicóptero.

Características generales del Helibalde:

- Está hecho de un material impermeable de alta resistencia, dispone de una válvula para la descarga de agua y un armazón de aluminio que le da forma al depósito, el cual va unido al helicóptero mediante cuerdas metálicas unidas a la argolla principal que lo conecta al gancho de carga del helicóptero.
- Posee un contrapeso que le permite volcarse y hundirse, para llenar el depósito por inmersión en la fuente de agua.
- Puede ser equipado con un sistema de inyección de espuma.
- La apertura para la descarga de agua del helibalde es accionada mediante un sistema eléctrico activado desde la cabina del piloto.
- Puede ser liberado automáticamente accionando el gancho de carga ante una eventual emergencia.

2.2 Marco Teórico

Para la evaluación de la compra de un helicóptero para el combate de incendios es necesario incorporar definiciones y conceptos relacionados a la metodología que se empleará, así también como otras definiciones asociadas a la parte técnica, y relativas al contexto en que se desarrollará el proyecto.

2.2.1 Evaluación de Proyectos Generales

La evaluación de proyectos se trata de estudiar y comparar los costos y beneficios de un proyecto para concluir la conveniencia de su ejecución. Algunos conceptos relacionados incluyen⁷:

- Horizonte de evaluación: Tiempo sobre el cual estará basada la evaluación. Se determina de acuerdo a las características del proyecto y generalmente es equivalente a la vida útil del activo principal.
- Vida útil: Duración que se le asigna a un bien como elemento de provecho para una entidad. Para determinar la vida útil de un activo se debe estudiar su capacidad de producción en función del tiempo.
- Momento en que ocurren los flujos: Ya que los beneficios y costos pueden ocurrir en forma diaria, mensual o en cualquier momento, por simplicidad se puede adoptar la convención de que ocurren en un mismo instante, por lo general, al final de cada año.
- Valor residual: Se considera al final del horizonte de evaluación y corresponde al valor económico del proyecto en ese instante.

2.2.2 Modelos de series de tiempo

Los modelos de series de tiempo consisten en la medición de una sola variable a través de un determinado período de tiempo, separado en intervalos o períodos uniformes. El

⁷ Fuente: *Conceptos básicos de evaluación de proyectos. División de Evaluación Social de Inversiones. Ministerio de desarrollo social, 2013.*

principal objetivo es identificar un patrón de comportamiento que adopte la variable a lo largo del tiempo, lo que permitiría su proyección en el futuro.

En un análisis de series de tiempo se pueden identificar cuatro componentes centrales: tendencia, factor cíclico, fluctuaciones estacionales y variaciones no sistemáticas.

El componente de tendencias tiene relación con el crecimiento o declinación al largo plazo del valor promedio de la variable en estudio.

El factor cíclico corresponde a la divergencia entre la línea de tendencia proyectada y el valor real de la variable. Algunas causas de esta divergencia se pueden atribuir a factores políticos, económicos o sociales que afecten la variable de forma externa, creando ciclos de expansión o contracción de la variable en el tiempo, siendo muchas veces impredecibles y sin orden aparente.

Las fluctuaciones estacionales, a diferencia de los factores cíclicos, corresponden a fluctuaciones que se repiten periódicamente, usualmente dependiendo de factores como el clima (temporada invierno, verano, etc.) o tradiciones (navidad, año nuevo, etc.).

Finalmente, las variaciones no sistemáticas son aquellas relacionadas a factores aleatorios distintos a los mencionados, y que pueden afectar el comportamiento de la variable.

2.2.3 Proyección por Método Promedios Móviles

Entre los diversos métodos de proyección existen algunos que permiten estimar el comportamiento de una variable aislando el efecto tendencia. Entre estos se encuentra el método de proyección por Promedios Móviles, el cual es recomendable utilizar en series cronológicas con fuerte componente estacional. Esto aplica totalmente a variables asociadas a incendios forestales, los cuales se presentan mayormente en épocas de verano.

Para aplicar este método, se deben escoger los últimos n períodos de la serie, con los cuales se calcula un promedio de la forma:

$$Pm_1 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

En donde T_i corresponde al valor que tiene la variable en cada período i .

Posteriormente se debe continuar calculando el promedio utilizando la misma cantidad de períodos, pero incorporando el promedio obtenido anteriormente y removiendo el más antiguo.

Luego, es necesario calcular un Promedio Móvil Central (PMC), para estimar de forma más precisa los resultados obtenidos.

$$PMC_1 = \frac{Pm_1 + Pm_{t+1}}{2}$$

Para determinar el efecto estacional y algunas variaciones no sistemáticas, se debe calcular el Índice Estacional Específico (IE). Para ello, se debe dividir cada valor de la variable por el promedio móvil central correspondiente. Por ejemplo, si se utilizan períodos por trimestre, la fórmula para calcular el primer índice sería:

$$IE_3 = \frac{T_3}{PMC_1}$$

Con esta información es posible obtener los factores necesarios para realizar la proyección de los datos, aunque solamente a corto plazo.

2.2.4 Proyección por Método de Descomposición

Uno de los métodos más adecuados para realizar proyecciones de variables que tienen algún componente muy marcado, es el método de descomposición. Este método se sustenta en la descomposición del comportamiento de la variable, en factores relacionados a la tendencia, estacionalidad y ciclo de ésta. De esta manera es posible obtener resultados más precisos en la proyección.

Adicionalmente, este método incorpora diversas metodologías para calcular cada componente, como por ejemplo, el método de Promedios Móviles o el de Regresión Lineal.

2.2.5 Características del sistema de combate de incendios en Chile

Básicamente se utilizan dos modalidades para emplear aeronaves de alas rotatorias en éste tipo de trabajos, las cuales pueden variar temporal o permanentemente, dependiendo de la organización.

La primera modalidad se enfoca en apoyar al ataque inicial, basada en la estrategia del golpe único, en la cual los helicópteros realizan descargas de agua con o sin espumantes sobre el incendio. Generalmente la Brigada de Heliataque complementa al ataque directo del avión cisterna con ataques indirectos que refuercen los cortafuegos que realizan los combatientes en tierra. Las variaciones en esta modalidad incluyen: utilizar el equipo de heliataque sólo en algunos incendios forestales en sectores declarados como prioritarios por la organización de protección (CONAF Región del Biobío); utilizar el helicóptero para transportar unidades de combate terrestre y luego concentrarse en apoyar el trabajo de los brigadistas en tierra, con lo que se aleja del concepto de golpe único (CONAF Región de Valparaíso).

La segunda modalidad se basa en la estrategia de galones por hora, para lo cual se utilizan helicópteros con capacidades de 2.000[Kg.] o 5.000[Kg.], y que no están habilitados para transportar brigadistas. Ésta modalidad se centra en complementar el ataque de los aviones cisterna o apoyar a los combatientes en tierra. Una de las variaciones de ésta modalidad consiste en utilizar varios helicópteros de mediana capacidad para realizar una secuencia de descargas sobre uno o más sectores del incendio.

2.2.6 Análisis de oferta y demanda

Para analizar la demanda futura, se aplicará el método de proyección basado en tendencias, es decir, estará basado en las variaciones históricas que ha tenido el combate de incendios, específicamente la cantidad de incendios, áreas afectadas y cantidad de helicópteros que se han requerido para combatirlos. A partir de esto, se asumirá que la

demanda a corto plazo tendrá un comportamiento relativamente similar al que ha presentado históricamente, y se calcularán las variaciones en los datos recopilados, para así proyectarlos al período en estudio y compararlos con la oferta general actual.

2.2.7 Análisis evaluativo para seleccionar un helicóptero

Por lo general, cada operador aerocomercial se especializa en tipos específicos de actividades, como por ejemplo, el transporte de pasajeros, de carga, taxi aéreo, defensa forestal, etc. Por ende, es necesario compatibilizar cada actividad con las características de cada aeronave. Para esto, se puede utilizar esta encuesta de evaluación al operador⁸, la cual depende de diez variables y puede dar una idea inicial y cuantitativa de cuáles son las prioridades que tiene el operador respecto a sus aeronaves. Estas variables son comunes y genéricas, presentes en cualquier tipo de aeronave en cierta medida. El objetivo es que el operador decida cuáles de esas variables tienen mayor prioridad para la actividad que realiza, y a partir de los resultados se podrán acotar las aeronaves que sean más adecuadas para sus objetivos.

A continuación se presentan las variables a evaluar, junto con algunas preguntas básicas relacionadas a cada concepto:

1. **Confiability:** ¿Qué tan importante es que el helicóptero pueda completar su misión u objetivo en el tiempo establecido?
2. **Seguridad:** ¿Qué tan importante es la cantidad reportada de fallas del helicóptero?
¿Qué tan importante es la durabilidad de éste?
3. **Ingeniería:** ¿Qué tan importante es la aplicación de tecnologías avanzadas en el diseño y fabricación de la aeronave?
4. **Apoyo técnico y logístico:** ¿Qué tan importante es el apoyo técnico del helicóptero? ¿Es conveniente?
5. **Aplicaciones o misiones a las que será destinado:** ¿Qué tan importante es el tipo de misión a las que será sometido el helicóptero?

⁸ *Elaboración de esta evaluación: Consultores Aéreos y Marítimos PETREL LTDA.*

6. **Eficiencia:** ¿Qué tan importante es el rendimiento del helicóptero? ¿Qué tan importante es la performance de éste?
7. **Flexibilidad:** ¿Que tan importante es la flexibilidad del helicóptero para adaptarse a otras funciones?
8. **Valor de adquisición:** ¿Qué tan importante es el valor de compra del helicóptero? ¿Qué tan importante son los costos adicionales, como seguros de cobertura y costos de operación?
9. **Costo directo de operación:** ¿Qué tan importante es el costo de mantenimiento y de combustible? ¿Qué tan importante es la accesibilidad a repuestos para el funcionamiento del helicóptero?
10. **Confort:** ¿Qué tan importante es el equipamiento adicional para el confort de los pasajeros?

A cada variable, el operador debe asignar un valor entre 1 y 10, dependiendo de la importancia que refleje el concepto para la actividad que realizará con el helicóptero. Posteriormente, se multiplica dicho valor por un coeficiente de ponderación, el cual es distinto para cada variable. Esta evaluación será analizada con mayor detalle en el desarrollo de esta memoria.

Coeficientes de Ponderación	
Confiabilidad	3,0
Seguridad	3,0
Ingeniería	2,0
Apoyo técnico y logístico	2,5
Aplicaciones o misiones a las que será destinado	2,0
Eficiencia	2,0
Flexibilidad	1,0

Valor de adquisición	1,0
Costo directo de operación	2,5
Confort	1,0

Tabla 6: Coeficientes de ponderación para cada variable del análisis evaluativo para selección de aeronave.

Capítulo 3

Desarrollo

3.1 Ocurrencia de incendios forestales en Chile

La principal entidad dedicada al combate de incendios forestales en Chile, CONAF, ha elaborado diversas bases de datos con estadísticas históricas, incluyendo registros de cantidad de incendios por mes, año, superficie afectada, etc.

El primer punto de análisis para estudiar la situación del país, en términos de incendios forestales registrados en los últimos años, será el número de incendios que han ocurrido dentro del país. Cabe destacar que las divisiones entre temporadas son por períodos de 1 año.

De forma gráfica se tiene lo siguiente:

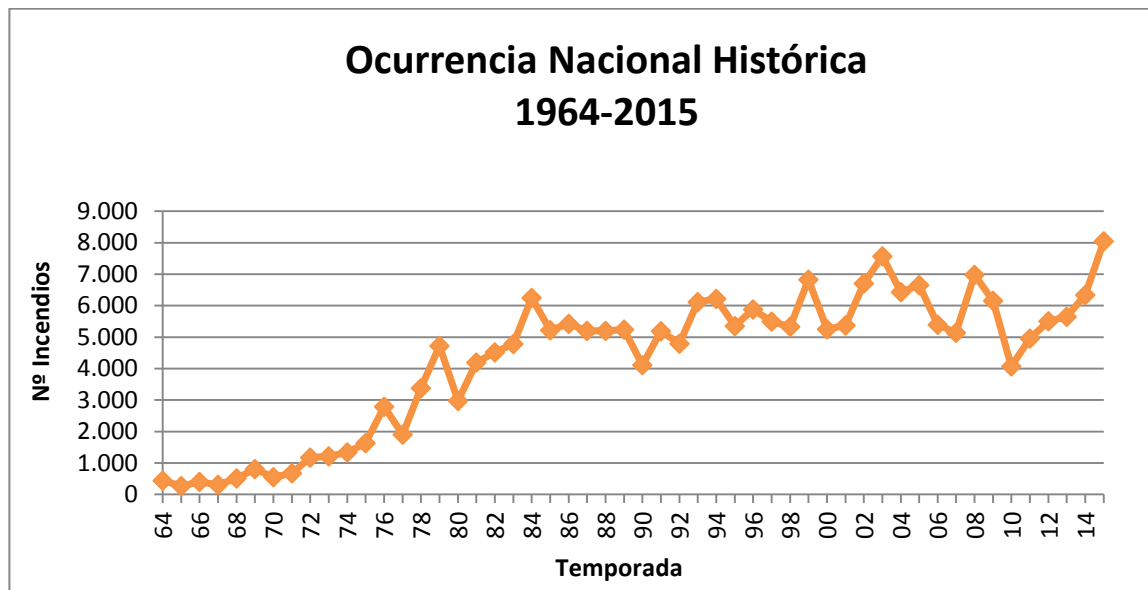


Gráfico 3: Número histórico de incendios registrados en Chile entre 1964 y 2015. Fuente: Estadísticas CONAF, actualizado a Julio 2015.

¿Por qué proyectar esta variable? Como se puede observar, durante los últimos 50 años el número de incendios anuales registrados ha ido en aumento, lo que se vincula directamente con la demanda de extinción de incendios. Si bien hay años en los que se presentaron bajas considerables, la tendencia general ha sido al alza, por lo que se pretende proyectar esta variable para analizar su comportamiento en los próximos años, y tener valores aproximados de la cantidad de incendios forestales que afectarán a Chile.

Para realizar la proyección, se utilizará un modelo de serie de tiempo⁹. ¿Por qué este tipo de modelo? Porque la variable se encuentra distribuida en intervalos uniformes (años), y presenta una tendencia constante a lo largo del tiempo (tendencia al alza), por lo que se espera que continúe dicha tendencia en el futuro a corto y mediano plazo. Cabe destacar que existen factores externos que pueden influenciar el aumento o disminución de la cantidad de incendios, como por ejemplo, un aumento en la actividad turística del país, que depende de políticas del gobierno o incluso variables como el ingreso per cápita o crecimiento de la economía, entre otros. Para efectos de este estudio, no se considerarán este tipo de variables en los cálculos, dado que se desvía del propósito de esta memoria, que es analizar el impacto que tendría la incorporación de un helicóptero en la industria dedicada a la extinción de incendios, para lo cual basta con obtener datos aproximados de la demanda esperada, para así concluir de manera objetiva si existe o existirá demanda insatisfecha, independiente de la cantidad.

La metodología que se utilizará para proyectar el número de incendios anuales en la temporada 2015-2016 será el método de Promedios Móviles Simples. Para obtener cada Promedio Móvil, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$PM = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

Donde T_i es el valor que adquiere la variable en el período i , y n es el número de períodos para el que se calculará el promedio. Dado que este método es sólo para proyecciones en corto plazo, se calculará un promedio para la temporada 2015-2016, que es la más cercana a la actualidad.

De esta manera, se obtiene que:

Temporada	Número promedio de incendios
2015-2016	6.431

⁹ Fuente: *Preparación y evaluación de proyectos, Nassir Sapag Chain, Quinta Edición.*

Tabla 7: Número promedio de incendios esperados para la temporada 2015-2016. Detalle de resultados completos adjunto en Anexos (Tabla Promedios Simples).

El promedio de todo el período en análisis, es decir, desde la temporada 1963-1964 a la temporada 2014-2015, es de 4.282 incendios anuales. El promedio esperado para la temporada 2015-2016 representa un aumento de aproximadamente un 50% respecto al promedio del período en estudio.

Para obtener una proyección más detallada y extendida en el tiempo, se aplicará el método de descomposición, el cual indica que el comportamiento de una serie de tiempo debe separarse en tres componentes: tendencia, estacionalidad y ciclo. Para ello se define la siguiente ecuación base:

$$S(t) = T(t) * Y(t) * C(t) + \mu$$

Donde t es cada período en análisis y cada letra corresponde a:

S : *Valor Pronosticado*

T : *Factor de Tendencia*

C : *Componente Cíclico*

Y : *Componente Estacional*

μ : *Variación no sistemática*

¿Por qué utilizar este método de proyección? Principalmente porque se busca incorporar el componente estacional al que se ve afecta esta actividad, para lo cual se utilizarán los datos históricos mensuales de la cantidad de incendios. Cabe destacar que la variación no sistemática se refiere a una variación propia de la naturaleza de la actividad, es decir, es una variación impredecible e inevitable. Es por esta razón que se asumirá como variación tolerable, y no se utilizará para efectos de cálculos en la proyección.

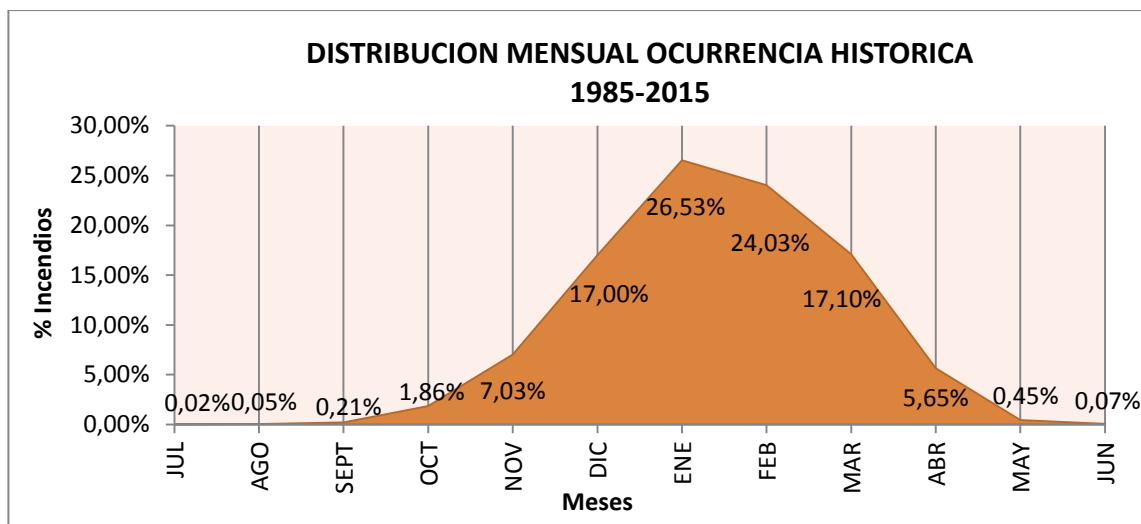


Gráfico 4: Ocurrencia histórica según mes, período entre los años 1985 y 2015. Fuente: Estadísticas CONAF, actualizado a Julio 2015.

Históricamente se tiene que el 97,34% de los incendios han ocurrido entre los meses de Noviembre y Abril. Es decir, casi todos los incendios del año ocurren en tan sólo 6 meses. La estacionalidad de esta variable está concentrada principalmente en los meses Diciembre, Enero, Febrero y Marzo, tiempo en que Chile se encuentra en temporada de verano. Algunas causas subjetivas que se pueden atribuir a esta estacionalidad son las altas temperaturas (facilita el inicio de un incendio y dificulta su extinción) y el aumento del turismo en estos meses.

Por conveniencia de evaluación, la proyección se realizará sobre los datos históricos de las últimas cinco temporadas, es decir, desde la temporada 2010-2011 hasta la temporada 2014-2015.

MES	TEMPORADAS					
	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	Total
JULIO	0	1	6	3	2	12
AGOSTO	6	0	3	9	11	29
SEPTIEMBRE	28	15	35	59	30	167
OCTUBRE	89	127	125	253	193	787
NOVIEMBRE	344	501	518	606	570	2.539
DICIEMBRE	843	1.309	611	1.344	1.283	5.390
ENERO	1.274	1.270	1.295	1.475	1.934	7.248
FEBRERO	1.255	1.057	1.184	1.200	1.903	6.599
MARZO	787	688	1.299	1.068	1.510	5.352
ABRIL	243	455	522	282	453	1.955
MAYO	77	77	48	27	89	318
JUNIO	6	9	5	9	70	99
TOTAL	4.952	5.509	5.651	6.335	8.048	30.495

Tabla 8: Número de incendios mensuales entre temporada 2010-2011 hasta temporada 2014-2015. Fuente: Estadísticas CONAF, actualizado a Julio 2015.

A continuación, se calculan los promedios móviles para mes. Se utiliza $n = 12$, ya que cada temporada consta de 12 meses. Además, se calcula un índice promedio para cada mes, resultado de la ecuación:

$$\text{índice} = \left(\frac{a}{b} \right) * 100$$

Donde a corresponde al valor histórico y b al promedio móvil de cada mes.

A modo de ejemplo, se muestra a continuación los resultados para la temporada 2014-2015. El resultado de todas las temporadas en análisis se puede encontrar en Anexos.

Temporada	Mes	Cantidad (a)	PM (b)	(a/b)*100
14-15	JULIO	2	528	0,4
14-15	AGOSTO	11	528	2,1
14-15	SEPTIEMBRE	30	528	5,7
14-15	OCTUBRE	193	526	36,7
14-15	NOVIEMBRE	570	521	109,4
14-15	DICIEMBRE	1.283	518	247,8
14-15	ENERO	1.934	513	377,1
14-15	FEBRERO	1.903	548	347,4

14-15	MARZO	1.510	605	249,8
14-15	ABRIL	453	643	70,5
14-15	MAYO	89	659	13,5
14-15	JUNIO	70	665	10,5

Tabla 9: Resultados promedios móviles e índices promedios para cada mes del período en análisis.

El promedio histórico de los índices para cada mes se resumen en la siguiente tabla.

Mes	Promedio
JULIO	0,6
AGOSTO	1,2
SEPTIEMBRE	7,4
OCTUBRE	37,0
NOVIEMBRE	117,0
DICIEMBRE	240,2
ENERO	309,3
FEBRERO	269,4
MARZO	225,6
ABRIL	84,3
MAYO	11,4
JUNIO	3,8
Total	1307,2

Tabla 10: Promedio histórico de índices para cada mes del año.

Se define un factor de estacionalidad de la siguiente manera:

$$K = \frac{n * 100}{\sum \text{índices promedios}}$$

Donde n equivale al número de períodos en estudio (en este caso 12) y la sumatoria de índices promedios, como fue mostrado en la Tabla 9, es 1307,2. A partir de esto, se obtiene:

$$K = \frac{12 * 100}{1307,2}$$

$$K = 0,92$$

Luego, se procede a calcular el valor ajustado para cada índice, al multiplicar cada valor promedio por K , cuyo resultado corresponde al valor del Componente Estacional. Los resultados mensuales se resumen a continuación.

Mes	Promedio	$Y(t)$
JULIO	0,6	0,6
AGOSTO	1,2	1,1
SEPTIEMBRE	7,4	6,8
OCTUBRE	37,0	34,1
NOVIEMBRE	117,0	107,7
DICIEMBRE	240,2	221,0
ENERO	309,3	284,6
FEBRERO	269,4	247,8
MARZO	225,6	207,5
ABRIL	84,3	77,5
MAYO	11,4	10,5
JUNIO	3,8	3,5
Total	1307,2	-

Tabla 11: Resumen valores ajustados de acuerdo al factor K calculado.

De esta forma se pueden obtener todos los valores de los Componentes Estacionales $Y(t)$.

Ahora se procede a realizar los cálculos para obtener los Componentes Cíclicos. Para esto, se realiza un gráfico con los valores de número de incendios en todo el período, se le aplica una regresión lineal y se obtienen su ecuación y valor de R cuadrado.

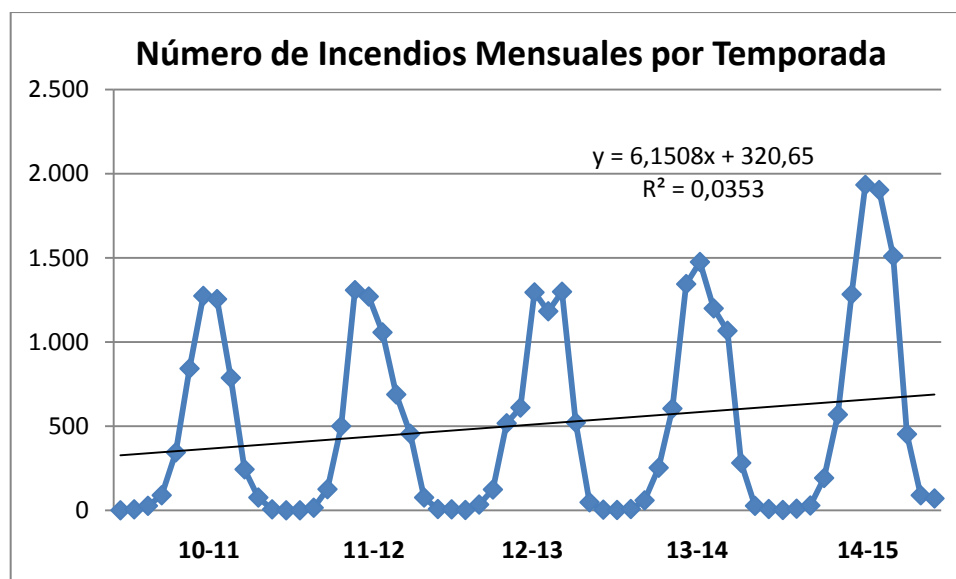


Gráfico 5: Regresión lineal sobre gráfico de número de incendios mensuales.

A partir de la ecuación del gráfico se define la ecuación del Factor de Tendencia:

$$T(t) = 6,1508 * t + 320,65$$

En donde $T(t)$ corresponde al Factor de Tendencia de un período y t el valor numérico de ese período (por ejemplo: el mes de Julio en la temporada 2014-2015 corresponde al período 49). Para ejemplificar esto, se muestra a continuación los resultados para la temporada 2014-2015.

Período	Temporada	Mes	Cantidad (a)	PM (b)	(a/b)*100	T(t)
49	14-15	JULIO	2	528	0,4	622,0392
50	14-15	AGOSTO	11	528	2,1	628,19
51	14-15	SEPTIEMBRE	30	528	5,7	634,3408
52	14-15	OCTUBRE	193	526	36,7	640,4916
53	14-15	NOVIEMBRE	570	521	109,4	646,6424
54	14-15	DICIEMBRE	1.283	518	247,8	652,7932
55	14-15	ENERO	1.934	513	377,1	658,944
56	14-15	FEBRERO	1.903	548	347,4	665,0948
57	14-15	MARZO	1.510	605	249,8	671,2456
58	14-15	ABRIL	453	643	70,5	677,3964
59	14-15	MAYO	89	659	13,5	683,5472
60	14-15	JUNIO	70	665	10,5	689,698

Tabla 12: Resumen de resultados incluyendo el factor cíclico de cada mes para la temporada 2014-2015.

Considerando la siguiente ecuación se calcula el Factor Cíclico:

$$FC = \frac{PM(t)}{T(t)}$$

Donde $PM(t)$ es el Promedio Móvil del período t y $T(t)$ el Factor de Tendencia en el mismo período. Luego, el Componente Cíclico de cada mes será el promedio de los Factores Cíclicos calculados mediante este método.

Por ejemplo, el Componente Cíclico para Julio, será el promedio de todos los valores que toma el Factor Cíclico en ese mes, durante todo el período en análisis.

Mes	C(t)
JULIO	0,926
AGOSTO	0,915
SEPTIEMBRE	0,904
OCTUBRE	0,893
NOVIEMBRE	0,887
DICIEMBRE	0,886
ENERO	0,893
FEBRERO	0,904
MARZO	0,912
ABRIL	0,927
MAYO	0,927
JUNIO	0,918

Tabla 13: Componente cíclico para cada mes.

Así, se conocen todos los componentes relevantes para calcular los valores proyectados. Se procederá a calcular los valores de cada mes para los siguientes cinco años, es decir, desde la temporada 2015-2016 hasta la temporada 2019-2020. La ecuación a utilizar será la antes mencionada, que descompuesta queda como:

$$S(t) = T(t) * Y(t) * C(t) + \mu$$

$$S(t) = (6,1508 * t + 320,65) * Y(t) * C(t)$$

A modo de resumen se presentan los resultados mensuales para los Componentes Estacionales y los Componentes Cíclicos. Se destaca que el Componente Estacional debe ser dividido por 100, para tener todos los componentes en la misma unidad y obtener un resultado correcto.

Mes	Y(t)/100	C(t)
JULIO	0,01	0,93
AGOSTO	0,01	0,92
SEPTIEMBRE	0,07	0,90
OCTUBRE	0,34	0,89
NOVIEMBRE	1,08	0,89
DICIEMBRE	2,21	0,89
ENERO	2,85	0,89
FEBRERO	2,48	0,90
MARZO	2,08	0,91
ABRIL	0,78	0,93
MAYO	0,10	0,93
JUNIO	0,04	0,92

Tabla 14: Resumen de resultados para Componente Estacional y Componente Cíclico.

Como ejemplo de los resultados, se muestra lo obtenido para la temporada 2019-2020. El detalle de resultados para los cinco años proyectos se encuentra en Apuntes.

Temporada	Mes	S(t)
19-20	JULIO	5
19-20	AGOSTO	10
19-20	SEPTIEMBRE	61
19-20	OCTUBRE	307
19-20	NOVIEMBRE	970
19-20	DICIEMBRE	2001
19-20	ENERO	2613
19-20	FEBRERO	2317
19-20	MARZO	1970
19-20	ABRIL	752
19-20	MAYO	102
19-20	JUNIO	34

Tabla 15: Número de incendios mensuales proyectados para temporada 2019-2020.

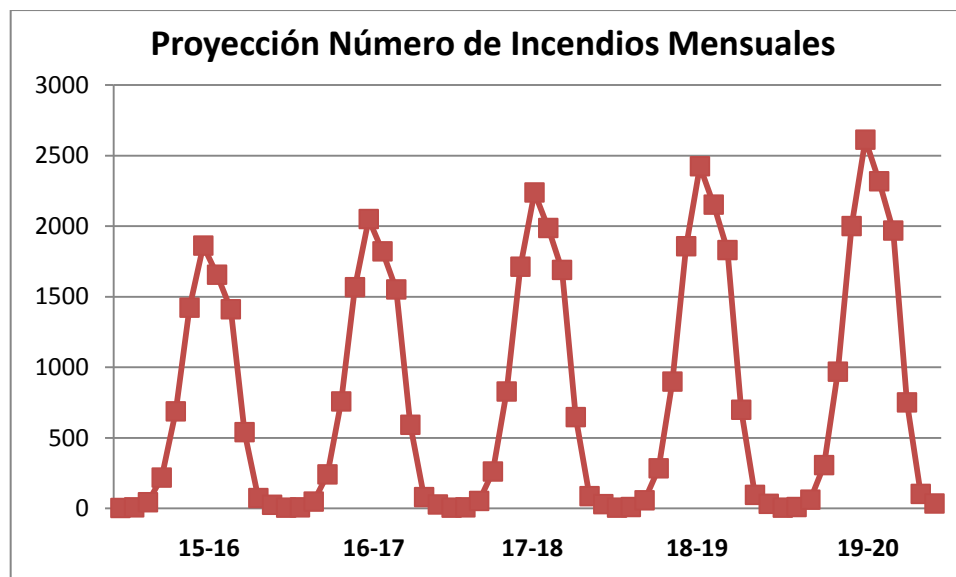


Gráfico 6: Proyección del número de incendios mensuales hasta la temporada 2019-2020.

Para estudiar la demanda de helicópteros en Chile, y respaldar la proyección anterior, se utilizó información obtenida directamente desde CONAF, relacionada a los modelos de helicópteros contratados y las horas de vuelo que utilizaron en combate de incendios, entre los años 2010 y 2015.

A continuación, se muestra la evolución gráfica del total de horas anuales empleadas por helicópteros en combate de incendios:



Gráfico 7: Resumen total de horas de vuelo contratadas por CONAF, entre los años 2010 y 2015. Fuente: CONAF, información obtenida mediante Portal de Transparencia Chile, Noviembre 2015.

Como se puede observar, durante la última temporada se registraron aproximadamente 3.600 horas de vuelo, lo que representó un aumento considerable en relación a las temporadas anteriores.

A continuación se muestran los detalles de datos registrados para cada región, entre los años 2010 y 2015.

2010-2011

Región	Modelo	Horas de vuelo
Valparaíso	Bell 212	230,1
Metropolitana	Bell 212	177,4
O'Higgins	Bell UH 1H	259,3
Maule	Bell 205 A1	95,4
BíoBío	Bell 212	41,2
Araucanía	Bell UH 1H	85,6
Los Lagos	Bell 212	98,36
Total	7	987,36

2011-2012

Región	Modelo	Horas de vuelo
Valparaíso	Bell 212	195,5
	Bell 212	151,3
Metropolitana	Bell 212	90
O'Higgins	Bell 205 A1	205,8
Maule	Bell 212	246,1
BíoBío	Bell 212	140,3
	Bell 212	93,2
Araucanía	Bell 407	165,1
Los Lagos	Garlick UH-1D	76,9
	Bell 212	72,9
Total	10	1437,1

2012-2013

Región	Modelo	Horas de vuelo
Valparaíso	Bell 212	162,8
Metropolitana	-	-
O'Higgins	Bell 205 A1	176,4
Maule	Bell 212	106,8
BíoBío	Bell 212	119,1
Araucanía	Bell 407	99,06
Los Lagos	Garlick UH-1D	71,11
Magallanes	Bell 407	9
Total	7	735,27

2013-2014

Región	Modelo	Horas de vuelo
Valparaíso	Bell 212	200,7
Metropolitana	Bell 212	90
O'Higgins	Bell 205 A1	287
Maule	Bell 212	239,7
BíoBío	Bell 212	63,9
	Bell 212	230,5
	AS 350 BA	159,6
Araucanía	Bell 407	42,6
	Bell 407	132,39
	Bell 205 A1	113,05
Los Lagos	Garlick UH-1D	76,9
	Bell 212	72,9
Total	12	1709,24

2014-2015

Región	Modelo	Horas de vuelo
Valparaíso	Bell 412	386,99
	Bell 212	198,16
Metropolitana	Bell 212	344,2
O'Higgins	Bell 205 A1	533,14
Maule	Bell 212	270,22
BíoBío	PZL W 3-AS	470,88
	PZL W 3-AS	451,13

Araucanía	Bell 205 A1	522
Los Lagos	Garlick UH-1D	497,48
Magallanes	AS 350 B3	17,7
Total	10	3691,9

Tabla 16: Modelos y horas de vuelo por región, contratadas por CONAF durante los años 2010 y 2015. Fuente: CONAF, información obtenida mediante Portal de Transparencia Chile, Noviembre 2015.

Además del claro aumento en la cantidad de horas de vuelo requeridas, se puede observar que la aeronave más utilizada, por lejos, fue el modelo Bell 212.

3.2 Oferta de Helicópteros en Chile

Para dar una idea de la forma en que se estructura la oferta para el combate de incendios en Chile, y basado en la tabla presentada en el capítulo 2, punto **2.1.7 Empresas de trabajos aéreos que participan en extinción de incendios (Fuente: DGAC)**, se contactó a los correspondientes Gerentes de Operaciones de cada empresa, para consultar por la flota actual de helicópteros que dedican al combate de incendios (consulta realizada durante el mes de Noviembre, 2015). De las 12 empresas que aparecen en dicha tabla, se obtuvo respuesta de 6 de ellas, y los resultados se resumen a continuación.

Empresa	AS 350 B3	AS 350 B2	Bell 212	Bell 412	Bell 407	Agusta A119	Bell 205 A1	Bell UH-1	Bell 209	Bell 206	Bell 216	Total
Transporte Aéreo Albatros	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
FAASA Chile Servicios Aéreos	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	4
Ecocopter	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Discovery Air Chile	1	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	6
Helicópteros Agroforestal	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Helicópteros del Pacífico	-	-	-	-	3	-	-	7	-	-	1	11
Total por Helicóptero	5	1	2	1	4	1	1	8	1	1	1	26

Tabla 17: Cantidades de helicópteros dedicados al combate de incendios por cada empresa. Fuente: Investigación propia.

Se destaca que la empresa Asesorías CBP Ltda. se transformó en Transporte Aéreo Albatros Ltda. en algún momento entre la elaboración de la tabla informativa por la DGAC y la realización de esta consulta. Las empresas de las que no se obtuvo respuesta fueron:

- Medic Air
- Servicios Aéreos Heliagro Ltda.
- Servicios Aéreos Kipreos S.A.
- Sociedad Aero Flight Service S.A.
- Sociedad de Transporte Aéreo Aero-Valle S.A.
- Platinum Helicopters S.A.

Al momento de redacción de esta memoria, se desconoce si dichas empresas continúan en el rubro o no. Sin embargo, dado que se obtuvo respuesta de los operadores más relevantes de la industria en Chile, y considerando que este estudio de oferta no pretende ser un estudio profundo, sino más bien un medio para dar a entender al lector los recursos con que cuenta Chile para combatir incendios forestales, se trabajará sólo con los datos obtenidos.

Como se puede observar, que el total de helicópteros empleados en combate de incendios consiste en 26 aeronaves. De las empresas mencionadas, la que destina una mayor flota a esta actividad es Helicópteros del Pacífico Ltda., con un total de 11 helicópteros.

Por otra parte, el modelo de helicóptero más utilizado corresponde a la serie UH-1, con 8 helicópteros, de los cuales 7 pertenecen a Helicópteros del Pacífico Ltda. y 1 a Discovery Air Innovations Chile Ltda. En segundo lugar, el helicóptero más utilizado es el modelo AS 350 B3, con un total de 5 helicópteros.

3.3 Potenciales helicópteros propuestos

A continuación, se presentarán potenciales helicópteros que podrían beneficiar de alguna manera a los operadores que participen en combate de incendios, así como algunas explicaciones de por qué son actualmente utilizados en dicha actividad.

AS 350 B3



Imagen 2: Helicóptero AS 350 B3 estacionado.

El modelo AS 350 B3 es un helicóptero monomotor que ha probado ser uno de los helicópteros más utilizados por operadores a través de todo el mundo. Las ventas de este modelo ascienden a unas 5.000 unidades despachadas, distribuidas en más de 100 países y entre unos 1.600 operadores. En conjunto, todas estas unidades han acumulado más de 23 millones de horas de vuelo.¹⁰ Debido a sus características, este modelo es preferido en defensa forestal por su performance en alturas y condiciones de alto calor.

Como se trata de un helicóptero ‘ligero’, puede aterrizar y despegar en zonas relativamente más pequeñas que otros helicópteros más pesados. Además, el modelo B3 tiene mayor capacidad de carga que sus antecesores, así como también mejor performance en altura con poca densidad (por ejemplo, condiciones de un incendio).

Algunos de los trabajos aéreos para los que puede ser utilizado son:

- Transporte de carga
- Combate de incendios forestales
- Inspección de líneas de transmisión

¹⁰ Fuente: Sitio Web oficial de Airbus Helicopters: www.airbushelicopters.com.

- Rocío sobre cultivos
- Filmación
- Trabajos relacionados con geografía
- Transporte de pasajeros
- Servicios médicos
- Entre otros

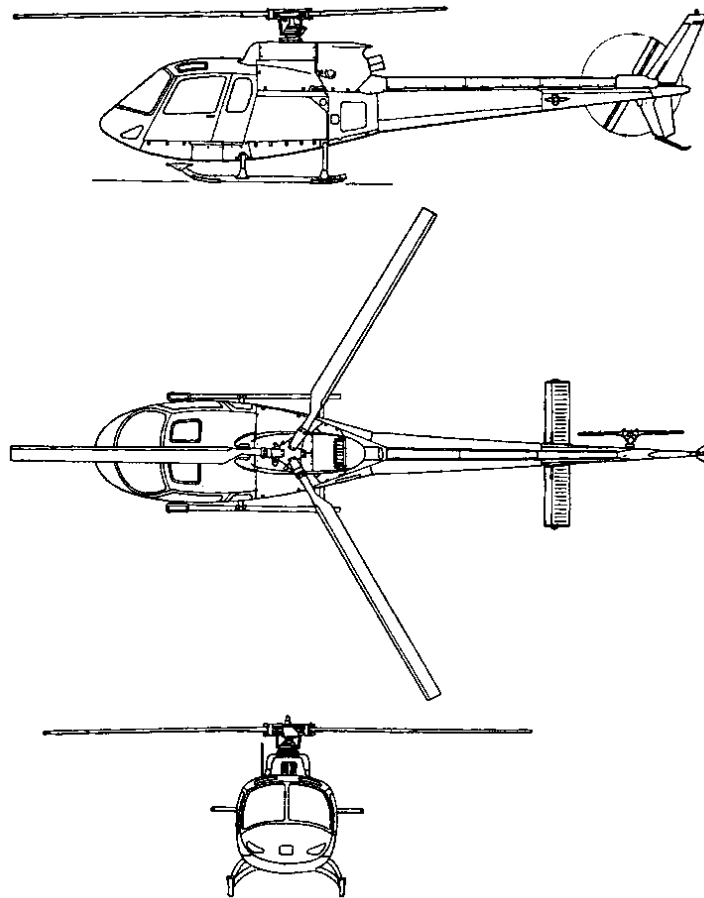


Imagen 3: Layout gráfico de distintas perspectivas del modelo AS 350 B3 visto desde el exterior.

Información técnica¹¹

Distribuciones

Transporte de pasajeros

- 1 Piloto + 5 pasajeros (versión estándar)
- 1 Piloto + 4 o 5 pasajeros (versión confort)
- 1 Piloto + 6 pasajeros (versión “alta densidad”)

Evacuación

- 1 Piloto + 1 paciente acostado + 2 doctores

Transporte de cargo

- 1 Piloto + 3 m^3 de carga en cabina

Pesos

Aeronave vacía, peso base	1.241 [Kg]
Carga útil	1.009 [Kg]
Peso Máximo	2.250 [Kg]
Carga colgante máxima	1.400 [Kg]
Peso máximo en config. de carga externa	2.800 [Kg]

Capacidades de combustible

Tanque de combustible estándar	540 [Lt]
Tanque auxiliar (opcional)	475 [Lt]

¹¹ Fuente: Eurocopter AS 350 B3 Technical Data, Eurocopter 2009.

Bell 205A-1



Imagen 4: Helicóptero Bell 205A-1 en misión de combate de incendios en Ontario, Canadá.

Si bien en Chile algunos de los modelos más utilizados actualmente son el Bell 212 y Bell UH-1H, se pretende incorporar la factibilidad de introducir una alternativa a estos modelos, lo que sería la serie 205A-1.

¿Por qué éste helicóptero? El modelo Bell 205A-1 es un helicóptero civil ligero, monomotor, producido por la compañía Estadounidense Bell Helicopter Company. Su variante militar corresponde a los reconocidos modelos UH (como se pudo observar en el análisis de flota de operadores privados, el modelo UH-1H tiene fuerte presencia en el combate de incendios nacional). Este helicóptero se caracterizó por ser una versión mejorada del modelo 204, incorporando la capacidad de transportar más pasajeros y un motor más potente, además de otros cambios como aumentos en la dimensión de los rotores.

Los modelos 212 y UH-1H han demostrado ser exitosos en el combate de incendios, argumento que se puede respaldar con su amplia demanda por parte de CONAF y la presencia en la flota de operadores privados. No obstante, cabe destacar que el modelo UH-1H es una variante militar, cuyo homólogo civil es el modelo 205A-1. Por otro lado, el modelo UH-1H tiene una capacidad de carga 100 [kg] menor a la del modelo 205A-1,

además de una menor capacidad para pasajeros, lo cual es fundamental en el combate de incendios debido a la necesidad de transportar brigadistas o combatientes. Por otra parte, un modelo Bell 212 es un helicóptero derivado del 205A-1, pero bimotores, lo que si bien implica una mejora en la seguridad (redundancia de motores), también implica una menor eficiencia en el consumo de combustible en relación al monomotor 205A-1. Considerando que la cantidad de pasajeros, capacidad de carga y la autonomía de ambos modelos es la misma, no se vislumbra mayor diferencia entre ambos. Se destaca que dentro de la serie 205 existen algunos modelos particularmente llamativos, como el 205A+, el cual es un modelo mejorado que incluye un motor T53-17 (mejor que el incorporado en un modelo normal) y un sistema de rotor de modelo 212. Sin embargo, para efectos prácticos, sólo se utilizará como referencia el modelo 205A-1, el cual tiene presencia en la flota de uno de los operadores más contribuyentes en el combate de incendios en Chile, Discovery Air.

Información técnica¹²

Pasajeros	14 + 1 piloto
Velocidad	204 [km/hr]
Autonomía	2,5 [hr]

Pesos

Peso vacío	2.363 [kg]
Peso máximo de despegue	4.773 [kg]
Capacidad máxima de carga colgante	1.500 [kg]

¹² Fuente: Sitio web Discovery Air Innovations Chile Ltda. y manual Bell Model 205 A1 Illustrated parts Breakdown Manual, 3ra Revisión Abril, 2010.

3.4 Encuesta evaluativa para cuantificar prioridades de un operador

Esta encuesta, elaborada por Consultores Marítimos y Aéreos PETREL Ltda., pretende establecer las prioridades que tiene el operador al momento de buscar una aeronave, así como también una idea clara de las características propias de cada modelo que es evaluado. Dependiendo del rubro o actividad a la que destinará el helicóptero, el operador deberá evaluar una serie de conceptos para determinar cuáles son los temas que debería priorizar, y que serían las fortalezas del helicóptero que busca adquirir. En este caso, las descripciones fueron redactadas con la mira en el combate de incendios. Cabe destacar que el proceso de adquisición de una aeronave, debido a su alto costo y fragilidad en temas de seguridad y rentabilidad, conlleva toda una serie de investigaciones, las cuales deben ser llevadas a cabo por un equipo multidisciplinario, abarcando todos los temas financieros, técnicos, logísticos, de seguridad, etc. Se presentan a continuación los conceptos que se pueden evaluar en este análisis, junto a una breve definición de cada uno.

1 CONFÍABILIDAD

Este factor tiene relación con la capacidad de la aeronave para cumplir con las misiones u objetivos a los que será sometida (dentro del tiempo requerido). Una alta confiabilidad implica que el helicóptero cumplirá sus misiones satisfactoriamente la mayor parte del tiempo, mientras que una baja confiabilidad significa que en muchas ocasiones el helicóptero será incapaz de terminar una misión satisfactoriamente. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué importancia tiene el hecho de que un helicóptero sea confiable si va a dedicarse al combate de incendios forestales?, ¿Qué historial tiene el modelo en cuanto a misiones exitosas y fallidas?, ¿En qué rubro(s) o actividad(es) es usado el modelo actualmente a nivel internacional?

2 SEGURIDAD

Este concepto se refiere a una reducida ocurrencia de fallas, (alto porcentaje de operatividad) y cumplimiento de misiones asignadas, calidad y eficiencia de los equipos

instalados, ergonomía, protección de los ocupantes en caso de accidente), durabilidad. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan importante es que el helicóptero tenga pocas fallas (o ninguna) mientras participa en combate de incendios?, ¿Cuál es el historial de accidentes que tiene el modelo helicóptero en estudio?, ¿Cuál es el historial de fallas?, ¿Cuántos años de operación tiene el modelo en el mercado?

3 INGENIERIA

Investigación, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en la concepción, diseño y fabricación de la aeronave, lo cual se refleja en la seguridad y durabilidad del helicóptero y sus sistemas. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan relevante es que el helicóptero cuente con tecnología avanzada (en diseño y sistemas) si lo utilizará en combate de incendios?, ¿Cuándo fue fabricado el modelo?, ¿Es posible actualizar los sistemas?

4 APOYO TECNICO Y LOGISTICO

Factor relacionado a la presencia de los fabricantes del helicóptero en su zona o país, y del apoyo que estos puedan brindarle posterior a la compra del helicóptero. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan relevante es que el fabricante preste apoyo técnico y logístico posterior a la compra de un helicóptero que se utilizará en combate de incendios?, ¿El fabricante tiene presencia en el país de operación?, ¿Cuáles son las alternativas de apoyo técnico?, ¿El fabricante ofrece garantías?

5 APLICACIONES O MISIONES A LAS QUE SERÁ DESTINADA

Este concepto está relacionado a la importancia que se le da a las misiones o usos que tendrá el helicóptero, considerando también la capacidad de la empresa o su personal. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan relevante es considerar los usos que tendrá el helicóptero (antes de comprarlo)?, ¿En qué tipo de misiones participará el helicóptero?,

¿Qué experiencias tiene el modelo en las actividades a las que será sometido?, ¿Cuenta con equipos aptos para esas misiones?

6 EFICIENCIA

Normalmente este factor sólo puede evaluarse comparando informes de Operadores de acuerdo a la capacidad de la tripulación y el Manual de Vuelo de la aeronave para cumplir eficientemente la misión. En todo caso, son muy significativas en el helicóptero las performances de vuelo, tales como: velocidad, capacidad de carga, capacidad de operar en altura, vuelo instrumental, autonomía, equipo operacional abordo y apoyo logístico, todo lo cual hará que una determinada misión se cumpla en forma más o menos eficiente.

El rendimiento durante una operación determinada, está dado por la razón entre el costo del servicio y el resultado obtenido. Vale decir, horas voladas versus trabajos aéreos realizados (en este caso, lo relacionado a combate de incendios), según sea la naturaleza de las misiones asignadas. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan importante es que el helicóptero sea veloz, consuma poco combustible, tenga buena autonomía, etc., si se usará en combate de incendios?, ¿Cómo es la eficiencia del modelo respecto a las otras opciones?, ¿Cuál será el impacto que tendrá en la flota actual?, ¿Es rentable considerando las actividades que desempeñará?

7 FLEXIBILIDAD

Durante el cumplimiento de contratos de larga duración, generalmente hay distintas misiones a realizar o se encuentran imprevistos que deben ser atendidos con prontitud y eficiencia, lo cual sólo se puede lograr si se dispone de una aeronave que sus características y performances permitan lograr esta flexibilidad. Ejemplo: convertir el transporte de pasajeros en transporte de carga, utilitario, de exploración, de ambulancia, vuelo nocturno, o por instrumentos, etc. En el combate de incendios esto es

particularmente relevante, dado que el helicóptero desempeña variadas tareas que requieren distintas configuraciones, como por ejemplo, trasladar brigadistas o combatientes (transporte de pasajeros), lanzamiento de agua (transporte de carga colgante), monitoreo de la zona, etc. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan relevante es la flexibilidad del helicóptero dedicado a combate de incendios?, ¿Cuántas configuraciones puede adoptar el helicóptero?, ¿Qué tan complejo es cambiar de una configuración a otra?

8 VALOR DE ADQUISICION

Aspecto importante de toda aeronave, que influirá significativamente en el costo de la cobertura de seguros y la determinación de costos de operación y tarifas de arrendamiento. Algunas preguntas de referencia: ¿Con qué presupuesto se cuenta para adquirir el helicóptero?, ¿Cuál es la vida útil que se espera que tenga?, ¿Qué alternativas existen además de la compra?, ¿Cuál será su valor de desecho al final de la vida útil?

9. COSTO DIRECTO DE OPERACION

Incluye solamente mantenimiento más combustible y lubricante. Esta información que es proporcionada por el Fabricante debe adaptarse a la realidad del país, en cuanto a precios y accesibilidad a los repuestos y partes. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan relevantes son los costos operacionales del helicóptero durante el combate de incendios?, ¿Cuáles serán los costos fijos de la aeronave?

10 CONFORT

Es un factor muy importante si se trata de transporte corporativo, mientras que en helicópteros utilitarios normalmente se privilegia la disponibilidad de espacio, asientos y capacidad de carga, reduciendo todo otro equipamiento al mínimo necesario. Algunas preguntas de referencia: ¿Qué tan importante es la comodidad dentro de un helicóptero

dedicado al combate de incendios?, ¿El helicóptero tiene configuración para transporte corporativo?, ¿El interior es modificable?

Ponderación de factores

Es importante que la evaluación de cada concepto sea de forma cualitativa y cuantitativa, por lo que además de la información recopilada, se debe evaluar cada concepto con una nota entre 0 y 10 (ambos inclusive). Posterior a dicha evaluación, se deben tomar en cuenta los siguientes coeficientes de ponderación:

1. Confiabilidad: 3,0
2. Seguridad: 3,0
3. Ingeniería: 2,0
4. Apoyo técnico y logístico: 2,5
5. Aplicaciones o misiones a las que será destinada: 2,0
6. Eficiencia: 2,0
7. Flexibilidad: 1,0
8. Valor de adquisición: 1,0
9. Costo directo de operación: 2,5
10. Confort: 1,0

Estos coeficientes fueron deducidos de acuerdo a patrones reconocidos internacionalmente, pero pueden ser modificados para adaptarse a las necesidades de cada operador o entidad que realice la evaluación. Estos coeficientes están pensados para guiar, entre otras cosas, la relevancia de cada concepto en cualquier tipo de actividad. Es así como vemos que los conceptos de Confiabilidad y Seguridad son aquellos con coeficiente más alto, pues son parte fundamental de cualquier actividad en la industria aeronáutica, además de ser factores que influyen directamente en la vida de las personas involucradas, por lo que resulta natural darles prioridad por sobre lo demás. Por otro lado, se destaca la importancia de conceptos como Apoyo técnico y logístico y Costo directo de operación. Contar con apoyo del fabricante o alguna entidad certificada, en términos tanto logísticos como de mantenimiento, es fundamental para la operación normal de la aeronave, mientras que los costos directos de operación tendrán un impacto directo y permanente

sobre el operador, y variarán dependiendo de las actividades a las que dedique la aeronave. Normalmente estos costos serán incluso más relevantes que el valor de adquisición, ya que independiente si el helicóptero puede ser adquirido a bajo costo, se debe considerar qué tan costoso será mantenerlo operando en el corto, mediano y largo plazo. Estos valores fueron concebidos con la intención de representar una situación general, pero dependiendo de las prioridades y necesidades del interesado, estos coeficientes se pueden modificar de modo que se adapten a la realidad de la forma más precisa posible.

Posteriormente, la nota de cada concepto se multiplica por el coeficiente correspondiente, obteniendo así el valor cuantitativo final del concepto. Con esto, es posible obtener numerosos cuantificadores e indicadores, los cuales dependerán del criterio del evaluador.

Ejemplo de evaluación

A modo de ejemplo, se contactó a un representante de la entidad CONAF, el actual Gerente de Protección contra Incendios Forestales, para aplicar esta encuesta. Lo que se pretendió fue realizar una evaluación perceptiva de cada concepto, considerando la supuesta compra de un helicóptero destinado al combate de incendios forestales. El objetivo era valorizar cada concepto con nota entre 0 y 10, de acuerdo a la importancia que tenía dicho concepto en el combate de incendios. Los resultados fueron los siguientes:

Concepto	Nota (0 a 10)
Confiabilidad	10
Seguridad	10
Ingeniería	8
Apoyo técnico y logístico	8
Aplicaciones o misiones a los que será destinado	10
Eficiencia	10
Flexibilidad	8

Valor de adquisición	10
Costo directo de operación	10
Confort	5

Tabla 18: Resultados de encuesta aplicada a CONAF. Fecha: Agosto 2016.

Analizando los resultados, se puede ver que unos conceptos son priorizados por sobre otros. La seguridad y confiabilidad representan conceptos que bajo cualquier razón deben ser tratados como prioridad (se busca que el helicóptero cumpla exitosamente todas sus misiones, a la vez que se minimicen a 0 cualquier contratiempo que afecte la seguridad). Considerar las misiones a las cuales será sometido el helicóptero resulta importante ya que se debe analizar su performance, equipos, etc. Del mismo modo, la eficiencia juega un rol fundamental debido a que siempre se cuenta con recursos limitados –ya sea tiempo o dinero- y en el combate de incendios, como en cualquier actividad aérea, se debe actuar de la forma más eficiente posible (especialmente en el combate de incendios, donde en muchos casos hay vidas humanas en potencial peligro). El valor de adquisición se considera relevante principalmente debido a temas presupuestarios, mientras que el costo de operación también es fundamental para garantizar que los resultados de la operación sean rentables y positivos, no sólo en valor monetario, sino también en la minimización del daño provocado por un incendio.

El resto de los conceptos se consideraron muy relevantes, pero por debajo de las prioridades antes mencionadas. Se destaca que el concepto Confort (o comodidad) fue considerado como el menos relevante de la lista. Esto se entiende debido a que en el combate de incendios se le da prioridad a la utilidad que tiene el helicóptero, por lo que las comodidades o lujos que puedan tener los pasajeros son prescindibles en cierta forma.

Considerando los coeficientes de ponderación descritos anteriormente, y la evaluación de cada concepto, se puede obtener un valor cuantitativo final para cada concepto, multiplicando la nota por el respectivo coeficiente.

Concepto	Nota	Coeficiente	Valor final
Confiabilidad	10	3,0	30
Seguridad	10	3,0	30
Ingeniería	8	2,0	16
Apoyo técnico y logístico	8	2,5	20
Aplicaciones o misiones a los que será destinado	10	2,0	20
Eficiencia	10	2,0	20
Flexibilidad	8	1,0	8
Valor de adquisición	10	1,0	10
Costo directo de operación	10	2,5	25
Confort	5	1,0	5
Total			184

Tabla 19: Resumen y cálculo de resultados obtenidos en encuesta a CONAF.

Es así como es posible obtener un valor numérico de estos conceptos cualitativos, lo cual puede resultar útil al momento de realizar una investigación antes de adquirir una aeronave, puesto que otorga parámetros y mediciones concretas, fácilmente comparables entre sí o con otros factores. Se destaca que si bien esta encuesta está enfocada en el combate de incendios, es posible aplicarla a cualquier actividad aérea.

3.5 Análisis general de costos operacionales

A simple vista, saber cuánto cuesta operar un helicóptero puede parecer una pregunta sencilla de responder. Sin embargo, no existe una respuesta directa que sea aplicable a toda la industria, debido a que los factores que afectan los costos involucrados en la operación de un helicóptero son muy variables entre una situación y otra. Algunos de los hechos que impiden obtener una respuesta única son:

- Los helicópteros son de distintos tipos y tamaños. Por ende, estimar costos para uno no necesariamente aplicará para otro. Por ejemplo, los costos estimados de un helicóptero bimotor de turbina no serán representativos de uno monomotor de pistón.
- Muchas variables pueden influir en los costos de un tipo de helicóptero, como por ejemplo, el tamaño de la flota que tiene el operador, el tipo de misiones a las que está destinado, cantidad de horas de vuelo, ambiente donde se llevan a cabo las misiones, ambiente en donde queda la aeronave mientras no está volando, entre muchos otros.
- Las estimaciones de costos usualmente requieren de numerosos supuestos, los cuales no siempre representan fielmente la realidad. En muchos casos, se tiene que los costos son distintos en la práctica, por lo que es usual que las estimaciones de un fabricante sean distintas a la de un operador.

La presentación de esta sección está dirigida especialmente a operadores de helicópteros y tiene la intención de mostrar un análisis general y común para un tema que usualmente es complejo de analizar, que son los costos operacionales. Adicionalmente, también puede ser útil para esquematizar estimaciones de costos más cercanas a la realidad y más estandarizadas.

3.5.1 Características de los costos

A continuación se definirán algunas de las características más importantes de los costos, las que los definen como costos variables o costos fijos, costos directos o costos indirectos, entre otros, además de algunas categorías comunes de costos y sus efectos en las operaciones.

A) Comportamiento de los costos

1. Costos fijos: En general, los costos fijos se definen como tal por ser un total que se mantiene constante y que sólo varía dependiendo del nivel de actividad en el tiempo. En las operaciones con helicópteros, los costos fijos serán aquellos que el operador encontrará ya sea volando una o 1.000 horas de vuelo, es decir, estarán

siempre presentes de alguna manera. Sin embargo, su total dependerá del nivel actividad. Un ejemplo de costo fijo puede ser el sueldo de un piloto. Si suponemos que el sueldo anual de un piloto es de US 60.000, generalmente el operador pagará esa cantidad independientemente de la cantidad de horas de vuelo (esto asumiendo condiciones normales, ya que en ningún caso sería rentable para el operador pagar cuando no hay suficiente nivel de actividad). Si bien el total se mantendrá constante, el valor por hora de vuelo cambiará. Por ejemplo, si se vuelan 100 horas, el valor por hora de vuelo del piloto sería de US 600, mientras que si se vuelan 1.000 horas, el valor por hora de vuelo del piloto bajaría a US 60. Para ilustrar esta situación, se presenta el siguiente cuadro:

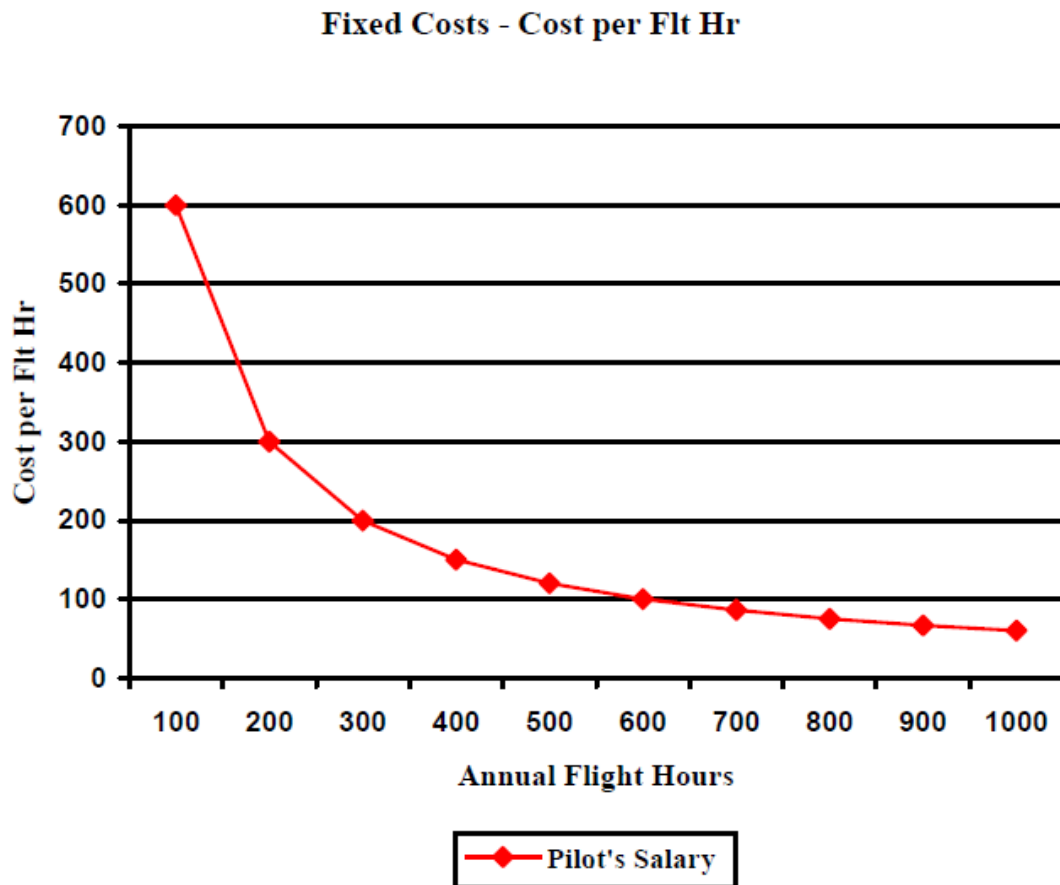


Gráfico 8: Variación del costo por hora a partir de un sueldo fijo, a medida que aumentan las horas de vuelo en el tiempo. Fuente: Guide for the presentation of helicopter cost estimates, Helicopter Association International.

Es importante que un operador sepa reconocer el comportamiento de este tipo de costos fijos, ya que afectará de alguna manera su percepción de los costos por hora de vuelo. En estos casos, una mínima variación podría perjudicar al operador, ya que la operación se puede perder rentabilidad si no se analizan estos costos correctamente.

Otros costos fijos comunes pueden ser costos de hangaraje, arriendos, almacenamiento, líneas telefónicas, electricidad, seguros, capacitaciones, depreciación, etc. La mayoría de los costos de mantenimiento son variables, pero existen excepciones como por ejemplo, los costos por inspecciones programadas. En este caso, el helicóptero debe ser inspeccionado sin importar si realizó misiones o no, por lo que estos costos se comportan como costos fijos en vez de variables.

2. Costos variables: El comportamiento de los costos variables difiere de los costos fijos. Si bien en los costos fijos el total se mantiene constante, independientemente del nivel de actividad, en los costos variables este total se incrementará a medida que sube el nivel de actividad. Es decir, si el helicóptero no vuela, sus costos variables serán cero, mientras que a medida que aumente sus horas de vuelo, sus costos variables se irán incrementando. Uno de los costos variables más sencillos de identificar es el combustible. Si el helicóptero no vuela, su consumo de combustible es cero. Si el helicóptero aumenta sus horas de vuelo, el consumo de combustible irá aumentando. Este incremento en el costo del combustible depende, en general, de dos factores: el costo por galón/litro y la tasa de consumo del helicóptero. A su vez, estos dos factores varían en el tiempo, siendo el costo por galón/litro afectado por razones económicas, políticas, etc., mientras que la tasa de consumo varía dependiendo del tipo de misión a las que se somete el helicóptero, su peso, velocidad, temperatura, altitud, etc. Para efectos prácticos, se asumirá que estos factores se mantienen constantes.

Supongamos que la tasa de consumo por hora es de 50 galones/litros y que el costo por galón/litro es de US 2.00. Con esto se tiene que el costo del combustible por hora es de US 100, es decir, cada hora adicional costará otros US 100. Si el operador vuela 300 horas al año, su costo anual de combustible sería US 30,000.

Si el operador vuela 500 horas, su costo sería US 50,000. En este simple ejemplo, el costo del combustible variará dependiendo de la cantidad de horas de vuelo. De manera gráfica esto se expresaría de la siguiente manera:

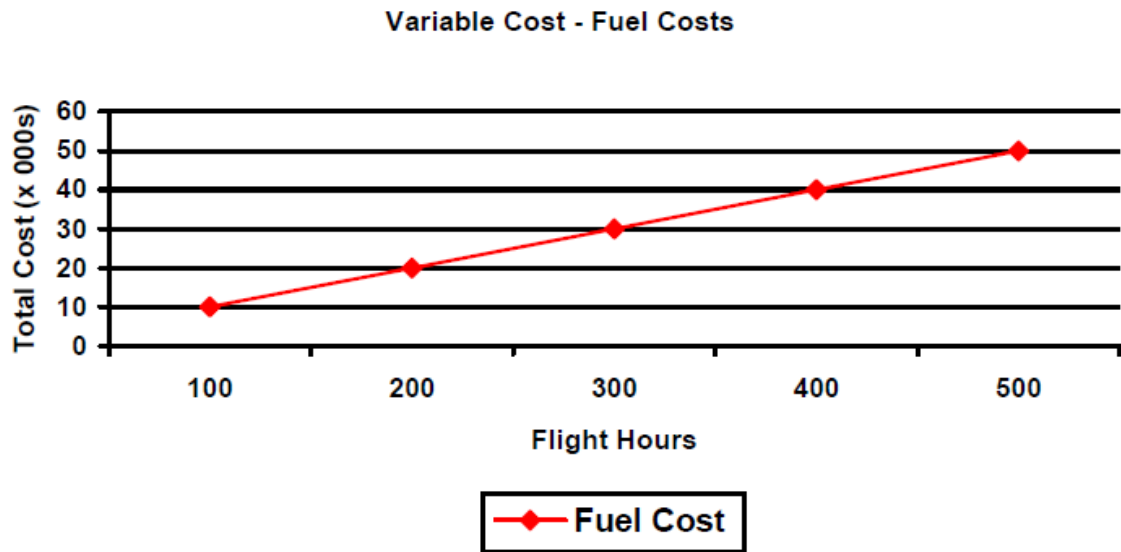


Gráfico 9: Ilustración visual del comportamiento del costo por combustible en función de las horas de vuelo de un helicóptero. Fuente: Guide for the presentation of helicopter cost estimates, Helicopter Association International.

Es importante que un operador estime de forma precisa los factores que afectan estos costos variables, ya que al igual que los costos fijos, afectan el costo por hora de un helicóptero. Por ejemplo, si un operador estima que su costo por combustible promedio será US 2.00 cuando en realidad el costo promedio es US 3.00, o si lleva a cabo una misión más demandante de lo previsto, es probable que establezca un costo por hora demasiado bajo, lo que resultará en ganancias que no son suficientes para cubrir los costos. Algunos de los principales costos variables están relacionados al mantenimiento, el combustible y en ciertas ocasiones, tasas por aterrizaje u otros.

- B) Traspaso de costos: Otra forma de categorizar los costos hace referencia a su rastreabilidad a una actividad, producto o departamento dentro de la organización. Básicamente, existen dos categorías para clasificar los costos de esta manera:

1. Directos: Aquellos costos que pueden ser rastreados directamente a la actividad o departamento que los genera.
2. Indirectos: Aquellos costos que no se pueden rastrear directamente, sino que requieren el empleo de algún método para asignarlos a alguna actividad o departamento.

A pesar de ser definiciones simples, el comportamiento de los costos puede evolucionar dependiendo de la situación, por lo que en ciertos casos un costo será directo, mientras que en otro será indirecto.

En general, los costos asociados a operar el helicóptero son considerados directos (por ejemplo, sueldos de pilotos, sueldos de técnicos, seguros, reparaciones, mantenimientos, componentes, depreciación, etc.), mientras que los costos asociados a dirigir el negocio son considerados indirectos (por ejemplo, sueldos de ejecutivos, recursos de oficina, recursos humanos, etc.). No obstante, la clasificación de los costos dependerá de cada operador y de su forma de rastrear o asignar costos.

3.5.2 Categorías de costos operacionales

Debido a que un operador indudablemente encontrará muchos costos distintos, resulta apropiado agrupar los costos de acuerdo a su naturaleza, para llevar un control estandarizado sobre ellos y lograr entenderlos de mejor manera.

A) Costos de mantenimiento

Los helicópteros, como cualquier otra herramienta mecánica, necesitan mantenimiento para permanecer en una condición operacionalmente segura. Este punto se vuelve particularmente relevante cuando se considera que existen vidas humanas involucradas en la operación de un helicóptero. Los fabricantes, en conjunto con entidades reguladoras, establecen estándares que aseguran que los helicópteros reciban el mantenimiento adecuado para garantizar un determinado nivel de seguridad. Los operadores tienen la responsabilidad de seguir dichos estándares y aplicar los mantenimientos correspondientes.

De acuerdo a la encuesta Survey of Operating Performance de Helicopter Association International (realizada desde 1991), los operadores indican que los costos de mantenimiento son su categoría más relevante de costos, llegando a representar entre el 35% y el 40% de los costos totales de un operador. Algunos de los aspectos más relevantes a considerar en esta categoría son: partes con vida útil definida, partes que pueden ser mantenidas (lo que requiere todo un trabajo de logística para planificar el mantenimiento, decidir si se realizará en la base del operador, si debe ser llevado a ser reparado por un tercero, si debe ser devuelto al fabricante, etc.), inspecciones, mantenimientos no programados, fallas y reparaciones imprevistas, entre otros.

B) Combustible y lubricantes

1. **Combustible:** En general, el costo por combustible depende de dos factores principales: la cantidad de combustible consumida y el precio del combustible.

a) Consumo de combustible: La cantidad de combustible a consumir depende de diversos factores que todo operador debería tener en cuenta. Si bien los fabricantes entregan tasas de consumo por hora considerando algunas de estas variables, usualmente se trata de promedios, por lo que no son aplicables a cualquier situación. Algunos de los factores que afectan el consumo de combustible son:

- Tipo de misión: Los helicópteros pueden efectuar tareas muy variadas, como por ejemplo, viajar de un punto a otro, transportar carga externa, vigilancia, combate de incendios, etc. Cada una de estas actividades demanda ciertas características de la performance del helicóptero, variando su peso, velocidad, tiempo de vuelo, etc., lo que termina afectando el consumo de combustible de diferentes maneras.
- Ambiente: La temperatura y la altitud determinarán la densidad del aire, lo que afecta directamente el rendimiento del motor de un helicóptero. En general, realizar misiones en altas temperaturas y baja altura acelera el consumo de combustible en comparación a una misión realizada en baja temperatura en mayores alturas. Esto es muy importante de

considerar en misiones como el combate de incendios, pues el helicóptero es sometido a condiciones muy particulares de operación.

- Rendimiento del motor: A medida que el motor acumula uso sin mantenimiento, es probable que se vuelva menos eficiente en su rendimiento, lo que conlleva un mayor consumo de combustible.
- Equipo externo: En muchas misiones, un helicóptero requiere de equipos adicionales, muchos de los cuales deben ser montados en el exterior del helicóptero. Algunos ejemplos son antenas, luces de búsqueda, cámaras, ganchos de carga, bambi bucket (en caso de combate de incendios), entre otros. Al tener estos equipos en el exterior, se crea roce adicional, lo que afecta en cierta medida el consumo de combustible.

b) Costo del combustible: Uno de los factores que más impactan en el precio del combustible es la forma en que se compra, ya sea al por mayor o al por menor. Lógicamente, comprar al por mayor resultará en un precio menor. Otro factor relevante es dónde se compra el combustible. Si existe poca competencia o si el vendedor tiene grandes costos es razonable que los precios tiendan a ser más altos. En tercer lugar, existe un factor sobre el cual se tiene muy poco control, y que se trata de la volatilidad del mercado de combustibles. Si bien se pueden adoptar medidas para mitigar esta volatilidad en los precios, es un factor que escapa al actuar de los operadores.

2. **Lubricantes:** Algunos sistemas específicos de un helicóptero requieren lubricación, algunos de los cuales implican fluidos, como aceite o líquido hidráulico, mientras otros implican sólidos, como grasa. Algunos de los sistemas que requieren lubricación son la transmisión, ciertas partes del rotor, sistema hidráulico y motor.

C) Seguros

De acuerdo a la encuesta Survey of Operating Performance, los seguros son una de las categorías más relevantes de costos, llegando a representar aproximadamente el 20% de los costos totales de un operador. La política de

seguro usualmente indicará cómo se debe usar el helicóptero y quién debe operarlo. Para negociar con una compañía aseguradora, el operador requerirá un agente intermediario, quien será el encargado de representar al operador y guiarlo durante el proceso de adquisición y mantenimiento de seguros. En general, existen tres tipos de seguros que son fundamentales: seguro de casco de aeronave, responsabilidad general de aviación y compensación de trabajadores.

El seguro de casco de aeronave contempla elementos como el valor del helicóptero, la experiencia del operador, experiencia de los mecánicos y pilotos, la manera en que se usará el helicóptero, lugar(es) de operación, tamaño de la flota del operador, entre otros.

El seguro de responsabilidad general de aviación tiene por función asegurar respecto a los costos que puedan surgir por usos negligentes de una aeronave de otro operador, el daño a una aeronave de otro operador que esté bajo su custodia o control, uso de ciertas instalaciones, entre otros.

El seguro de compensación de trabajadores tiene el objetivo de cubrir los gastos médicos y ciertos beneficios en el caso de que un trabajador resulte lesionado debido a su trabajo. Usualmente, este tipo de seguros son obligatorios por ley.

Lamentablemente, es prácticamente imposible estimar costos específicos de seguros, debido a que cada seguro es calculado de acuerdo a la situación particular de cada operador, sin considerar que los valores también se basan en las condiciones de mercado u otros factores que cambian constantemente.

D) Personal

El personal (o trabajadores) ocupa el segundo lugar como categoría de costos más relevantes en la encuesta Survey of Operating Performance, rodeando entre el 20% y 30% de los costos totales de un operador. Este porcentaje variará dependiendo del tamaño de la flota del operador, el valor de sus aeronaves, y los recursos internos del operador, en términos de capacitación y mantenimiento. Se destacan tres elementos de esta categoría de costos:

- El alcance del término “personal”: Para un operador, el personal va más allá de los pilotos o mecánicos. También se deben considerar encargados

de control de calidad, tripulación de las misiones (ejemplo, personal médico, jefes de tripulación, etc.), equipos de apoyo al helicóptero (encargados de manipulación en tierra del helicóptero, encargados de cargar combustible, limpiadores, personal que manipula equipajes, etc.). Es importante que el operador considere todas las posibles categorías de trabajadores que tenga disponibles, ya sea que estén directa o indirectamente relacionados con la operación del o los helicópteros. Omitir o dar por sentado alguna categoría puede llevar a una subestimación de los costos totales del operador.

- Costo directo asociado a los trabajadores: Si bien el sueldo base o por hora es un costo sencillo de reconocer, existen a su vez otros costos asociados a un trabajador. Estos costos pueden no ser tan sencillos de reconocer, y en algunos casos pueden ser significativos, por lo que su omisión puede causar efectos negativos en la organización. Algunos son: valor de horas extra, incentivos (por ejemplo, bonos), costos de seguros (médico, dental, compensación, etc.), beneficios (vacaciones, licencias por enfermedad, etc.), capacitación o entrenamiento, pruebas de drogas y alcohol (para las unidades de la organización que lo requieran), uniformes, entre otros.
- Costo indirecto asociado a los trabajadores: En general, estos costos nacen de la organización pero no se relacionan directamente con un individuo. Usualmente estos costos indirectos son costos administrativos de recursos humanos, que pueden incluir reclutamiento, asesoramiento, administración de nóminas y administración de registros.

E) Entrenamiento y capacitación

Si bien los costos por entrenamiento o capacitación no son tan significativos como los costos por combustible, mantenimiento o personal, es una categoría que se ve influenciada por factores particulares que afectan los costos totales para el operador.

Uno de los factores que afectan el costo por capacitación son las variadas posiciones de trabajo que requieren de capacitación. Los pilotos son la categoría más sencilla de reconocer, puesto que requieren capacitación periódicamente, pero también están los técnicos de mantenimiento, especialistas de misiones (jefes de tripulación, tripulación médica, etc.), algunas áreas administrativas y financieras, y personal de apoyo a las operaciones. También existen otras capacitaciones que se consideran como costos indirectos, que pueden ser primeros auxilios, seguridad, manipulación de materiales peligrosos, comunicaciones, etc.

F) Depreciación

La depreciación es una herramienta de contabilidad creada para reconocer el deterioro o uso de los activos de una organización. En esencia, le permite a la organización reconocer un gasto de forma ordenada y sistemática, sin la necesidad de involucrar efectivo directamente. El costo anual por depreciación puede ser significativo dependiendo del precio de compra de un helicóptero o equipos asociados. Algunas preguntas comunes que ayudan a establecer un esquema de la depreciación son: ¿Cuánto tiempo será el operador propietario del helicóptero? ¿Qué valor tendrá el helicóptero al final de su vida útil? ¿Qué método de depreciación se empleará?

G) Impuestos

A diferencia de las categorías anteriores, los impuestos son más difíciles de expresar como un porcentaje de los costos totales de un operador. No obstante, se puede asumir que todos los operadores pagarán impuestos de una forma u otra. Por ejemplo, ya sean operadores comerciales, privados o públicos, todos deben pagar impuestos sobre las ganancias. Adicionalmente, pueden existir impuestos adicionales dependiendo de las políticas del gobierno.

H) Costos financieros

Otra de las categorías relevantes de costos indicada por los operadores es el costo financiero asociado a la adquisición de un helicóptero. Si bien el costo mismo de

la transacción es parte importante de esta categoría, el gasto por intereses es el mayor tipo de gasto. De acuerdo a la encuesta, el gasto por intereses rodea el 3% de los costos totales de un operador. Estos intereses están usualmente asociados a la deuda en la que el operador debe incurrir para adquirir un helicóptero o el gasto por financiamiento al adquirirlo mediante leasing. Adicionalmente, también pueden existir intereses por el uso de créditos para financiar operaciones del día a día. Al igual que con los impuestos, los costos financieros son resultados de situaciones particulares y tienden a ser muy variables, por lo que es muy complejo esquematizar un panorama general que abarque todos los aspectos.

I) Costos generales

Los costos generales usualmente se pueden dividir en dos categorías principales: operativos y generales y/o administrativos.

Los costos operativos, como su nombre lo indica, son aquellos emanados de departamentos o áreas de la organización relacionadas directamente con el apoyo a las operaciones, ya sea mantenimiento, operaciones de vuelo, control de calidad, mantenimiento de registros, aviónica, inventarios, apoyo en tierra, y cualquier otra área cuya función principal sea apoyar las operaciones de un helicóptero.

Los costos generales y/o administrativos están más relacionados con dirigir la organización en un sentido más amplio. Algunas actividades típicas relacionadas a esto son la contabilidad, temas de legislación, recursos humanos, marketing y publicidad, y personal de apoyo asociado a los ejecutivos. También se incluyen los gastos de las instalaciones, insumos de oficina, transporte y cualquier otro costo relacionado.

Ambos costos, los operacionales y los generales y/o administrativos se consideran costos fijos, ya que el operador los encontrará en un determinado período de tiempo independiente de la actividad operacional. Sin embargo es importante recordar que las variaciones en la actividad operacional pueden afectar drásticamente la estimación de costos operacionales por hora, como se revisó en puntos anteriores.

3.5.3 Expresiones para costos operacionales

En la industria de la aviación, una de las unidades de expresión más utilizadas es la hora de vuelo, la cual se utiliza como unidad de medida para numerosos factores, incluyendo los costos operacionales. Por ejemplo, si un operador gastó USD 100,000 de costos operativos en un año donde voló 1.000 horas de vuelo, podría decir que su costo por hora de vuelo fue de USD 100. Por supuesto, también existen excepciones debido a la variedad de actividades que puede llevar a cabo un helicóptero, como por ejemplo, costo por hectárea rociada, costo por kilogramo levantado, costo por pasajero, etc. Expresar costos operacionales en una sola unidad de medida, como la hora de vuelo, puede ser confuso en ciertos casos. Existen algunos elementos que se deben tomar en cuenta a la hora de analizar la forma de expresión que tiene un operador sobre sus costos operacionales.

- Ciclos: Algunos de los costos de mantenimiento más significativos están asociados a componentes con vida útil limitada, los cuales históricamente han sido expresados en horas de vuelo y más recientemente, en ciclos. Los ciclos se pueden basar en cosas como cargas levantadas, eventos de torque, o temperaturas. En ciertas misiones, los ciclos de ciertos componentes se vuelven un elemento limitante.
- Costos fijos de mantenimiento: Algunos eventos relacionados al mantenimiento, como las inspecciones, pueden ocurrir en base a horas de vuelo o intervalos de tiempo determinados. En el caso que sea en base a un intervalo de tiempo determinado, expresarlas en horas de vuelo puede resultar confuso, por lo que es relevante mantener la unidad de medida y expresarlas en días, semanas, meses, etc., según corresponda.
- Otros costos fijos: costos fijos como sueldos de pilotos, seguros, capacitaciones, costos financieros, etc., pueden ser expresados en horas de vuelo pero es más sencillo tratarlos de manera similar a aquellos costos basados en intervalos de tiempo.
- Costos de mantenimiento actuales: Debido a su naturaleza, los costos de mantenimiento pueden variar significativamente entre un evento y otro.

Durante un año se pueden incurrir en costos significativos de mantenimiento, inspecciones especiales o compras de componentes, que en el año siguiente no necesariamente se incurrirá. Si las horas de vuelo se mantienen constantes, el costo por hora de vuelo puede variar notablemente si los costos de mantenimiento cambian de forma drástica.

3.5.4 Variables que afectan a los costos

Como se ha mencionado anteriormente, cada operador se ve afectado por diversos factores que generan impactos en los costos operacionales de alguna u otra forma. A continuación, se describen algunos de los factores que causan impactos más significativos en los costos.

- Ambiente: Las variables asociadas al medio ambiente que pueden tener efectos en los costos son numerosas, y pueden incluir corrosión por agua salada, arena u otros elementos dañinos, efectos de las temperaturas, ya sean muy altas o muy bajas, y la altitud, donde su variación genera cambios en la performance de los motores y puede llevar a un mayor consumo de combustible, por ejemplo.
- Misiones: Dado que los operadores utilizan los helicópteros en variadas misiones, se ven afectados a las demandas operacionales de cada una, ya sea relacionadas al peso, velocidad, ciclos, cantidad de aterrizajes, pasajeros y alteraciones aerodinámicas (por ejemplo, equipos montados en el exterior de la aeronave). Todos estos factores generan sus propios niveles de estrés, vibraciones, desgaste, etc. en el helicóptero, lo que contribuye en los costos operacionales.
- Personal: Algunos de los factores del personal que más afectan los costos operacionales están asociados a los pilotos y mecánicos. Si un piloto usualmente excede los límites operacionales de una aeronave, probablemente incrementará los costos operacionales de alguna manera. Lo mismo ocurre con los mecánicos, quienes si no cuentan con las habilidades o eficiencia necesaria, pueden llevar a un aumento de los costos por mantenimiento. Otro factor relevante es la capacitación (o

falta de capacitación), que puede generar aumentos en el nivel de costos de la organización.

- Otros factores: Variables como iluminación en instalaciones, herramientas, inventarios, también tienen la capacidad de afectar los costos operacionales.

3.5.5 Cualidades recomendadas en la estimación de costos operacionales

A continuación se presentan algunas sugerencias de cualidades que debe presentar la estimación de costos de cualquier operador, y que también puede ser aplicable a las estimaciones que recomienda un fabricante de aeronaves. La estimación de costos operacionales debe ser:

- **Clara:** La información relacionada a los costos debe ser presentada de forma clara y ordenada, para prevenir potenciales ambigüedades y confusiones. Documentos mal redactados, información incompleta o mala estimación de los costos usualmente causará confusión en negociaciones o generará la necesidad de explicaciones innecesarias.
- **Basada en la información:** Cualquier estimación de costos que realice un operador debe estar basada en hechos tangibles y comprobables, evitando, en lo posible, asumir información o la incorporación de supuestos. En este sentido, utilizar datos estadísticos cuando sea posible, tiene un rol importante. También la obtención de información de fuentes confiables, como los mismos fabricantes, además de utilizar las asesorías adecuadas ayudará a obtener estimaciones más sólidas y reales.
- **Adaptable:** Tanto los operadores como los fabricantes deben tener siempre en mente que los costos operacionales de un helicóptero pueden variar drásticamente entre una operación y otra, por otros factores aparte de las horas de uso. Variables como el clima, condiciones del ambiente, distancias, fatiga por ciclos, habilidades de los pilotos y mecánicos, etc., pueden causar cambios significativos en los costos estimados. Es por esto que las estimaciones se deben hacer para cada situación particular.

- **Completa:** Para cualquier operador será más útil tener información completa, es decir, lograr concebir los costos operacionales totales. Si bien los fabricantes pueden ofrecer una estimación de costos promedio para el operador, es importante que el operador complemente dicha información con datos reales de sus operaciones, los cuales no se pueden obtener fuera de la organización. Estos costos pueden ser sueldos, métodos de depreciación, seguros, formas de financiamiento, entre otros.
- **Representativa:** Es importante que la información incorporada en las estimaciones sea representativa de la realidad del operador. Se deben considerar variables como la inflación, tipo de cambio, períodos de tiempo adecuados, etc. Además, se deben considerar posibles modificaciones que puedan aumentar o disminuir los costos operacionales, como por ejemplo, mejoras tecnológicas que se incorporen en el helicóptero.
- **Flexible:** Al estimar costos con anticipación se debe también considerar la posibilidad de encontrar imprevistos que afecten los planes. Se debe tener en cuenta las posibles variaciones en costos relacionados al personal, materiales y gastos generales de la organización. Si bien subestimar costos puede generar efectos negativos, también ocurre lo mismo al sobreestimar costos, por lo que la organización debe ser flexible y realista en este sentido, de modo que pueda aplicar su conocimiento de su propia situación para obtener una estimación precisa.

En conclusión, no existe un solo tipo de estimación que sea suficiente para representar a todos los operadores, debido a la presencia de numerosas variables que siguen un comportamiento particular dependiendo de cada situación. Fluctuaciones en la inflación, el precio de los seguros, historial de incidentes o accidentes, habilidades del personal, tipos de misiones, todas esas variables contribuyen a una experiencia especial y única en costos. La presentación de esta información tiene por objetivo ilustrar una guía sobre los diversos factores y variables que afectan generalmente los costos operacionales de un

operador, a partir de la cual cada operador puede extraer lo que sea de utilidad para su organización y complementarla con su propia experiencia y conocimiento de su situación particular. Poseer conocimiento de los términos relacionados a los costos operacionales, así como sus formas de expresión en la industria, siempre representará un beneficio para el operador, de alguna u otra manera. Como operador, es importante analizar cada atributo de sus costos cuidadosamente, ya que representan desafíos y riesgos que deberá asumir. Si se gestiona de manera adecuada, operar un helicóptero puede resultar una actividad beneficiosa.

3.6 Usos alternativos de las aeronaves

A modo de recordatorio, se pudo comprobar en el punto **3.1 Ocurrencia de incendios forestales en Chile**, que los incendios forestales presentan una estacionalidad muy marcada dentro del año, concentrándose en los meses de verano en Chile, específicamente los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

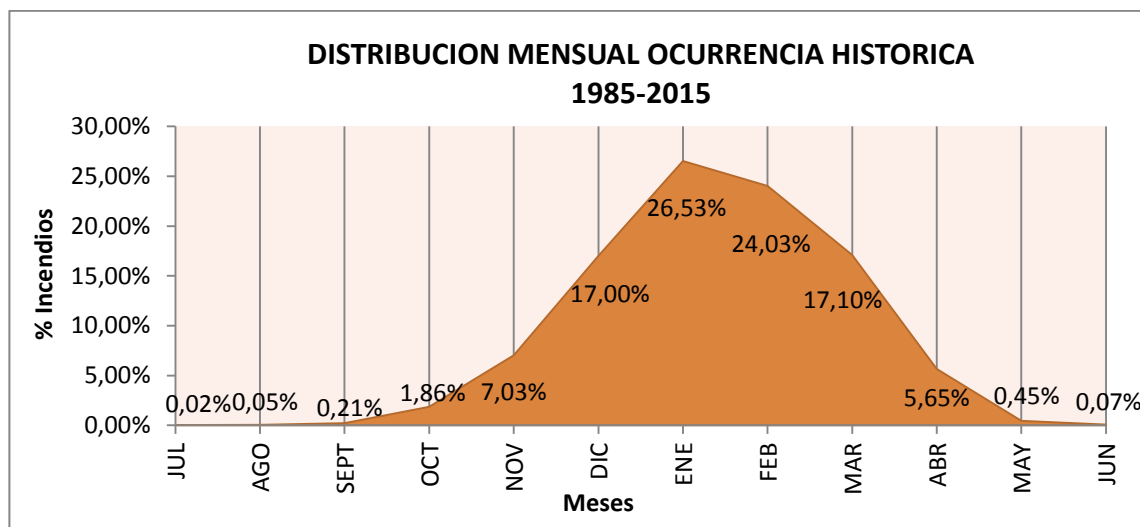


Gráfico 10: Ocurrencia histórica según mes, período entre los años 1985 y 2015. Fuente: Estadísticas CONAF, actualizado a Julio 2015.

Por otro lado, se pudo observar también que la proyección de incendios para los próximos 5 años mantendrá esta estacionalidad característica, reflejándose en el gráfico obtenido:

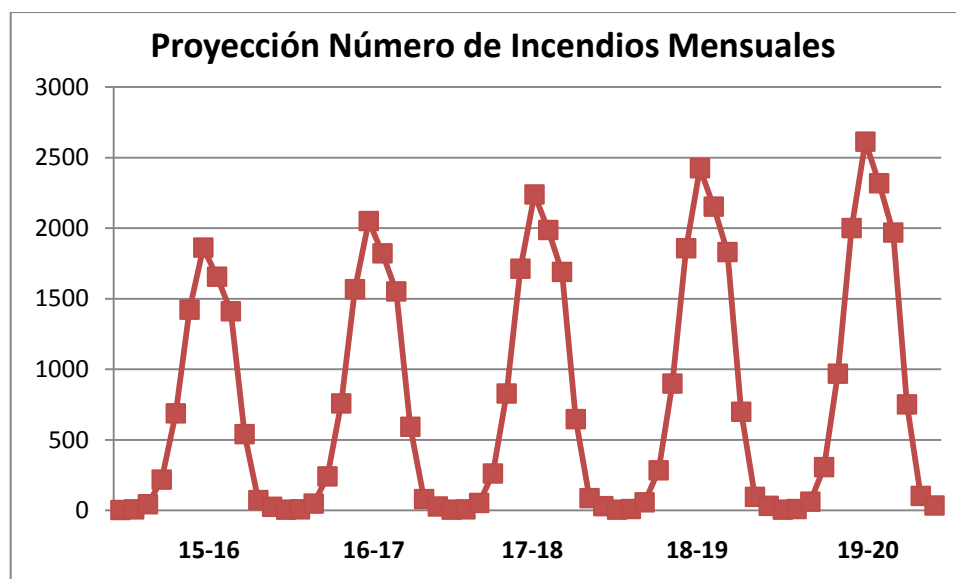


Gráfico 11: Proyección del número de incendios mensuales hasta la temporada 2019-2020.

Dicho esto, es importante destacar que el uso de un helicóptero dedicado a esta actividad se verá sometido a la misma estacionalidad, puesto que existen meses de demanda casi nula, como por ejemplo Julio, que históricamente representa, en promedio, el 0,02% de los incendios forestales anuales en Chile. Por ende, a la hora de incluir una aeronave de forma permanente en la flota, se debe considerar también qué usos tendrá en los meses de baja o nula demanda, para así ser rentable para el operador. De ahí la importancia de considerar la flexibilidad de la aeronave para cambiar de configuración o adaptarse a otras actividades distintas al combate de incendios, para dar la opción de operar de forma rentable durante todo el año. Es importante destacar también que usualmente el helicóptero estará optimizado para las actividades que realiza durante el resto del año en que no participa en combate de incendios, siendo esta actividad un complemento a sus misiones.

AS 350 B3

A continuación se presentan configuraciones recomendadas por el fabricante (Airbus Helicopters) para el helicóptero AS 350 B3, de acuerdo al manual oficial de información técnica. Estas configuraciones están basadas en una lista de equipos pre-seleccionados que pueden ser complementados con otros equipos, de acuerdo a las necesidades del operador,

por ende esto representa sólo una serie de recomendaciones basadas en los estudios y experiencia de Airbus Helicopters.

Transporte de pasajeros



Imagen 5: Interior de un AS 350 B3 en configuración transporte de pasajeros (1 piloto + 5 pasajeros). Fuente: Sitio web Airbus Helicopters Romania (www.airbushelicopters.ro).

Esta configuración tiene por objetivo maximizar la cantidad de pasajeros que se pueden trasladar en un viaje, siendo 5 pasajeros más 1 piloto (o 6 pasajeros más 1 piloto en configuración de alta densidad), otorgando al mismo tiempo una comodidad considerable debido a la ubicación de los asientos. Adicionalmente, el helicóptero posee bajos niveles de vibración, lo que junto al amplio espacio interior y la vista panorámica otorgada por las ventanas laterales, garantizan un vuelo agradable a sus pasajeros.

Configuración de utilidad



Imagen 6: Helicóptero AS 350 B3 en misión de transporte de carga colgante.

Una de las características más reconocibles del AS 350 B3 es su fácil re-configuración, con una larga lista de equipos compatibles, es posible adaptarlo a una variada serie de misiones. La cabina incluye una pantalla LCD dual VEMD, lo que le otorga la posibilidad al piloto de monitorear todos los parámetros del helicóptero de una sola vez, reduciendo su carga de trabajo y permitiendo que se concentre en la misión.

Algunas de las misiones que puede enfrentar el AS 350 B3 incluyen:

- Transporte de carga externa
- Filmaciones y publicidad
- Heliski

- Actividades relacionadas al turismo



Imagen 7: Helicóptero AS 350 B3 con cámara montada para trabajos de filmación.

Configuración multirol



Imagen 8: Helicóptero AS 350 B3 en configuración de traslado de pacientes.

Gracias a su cabina amplia y sin obstrucciones, el AS 350 B3 es fácilmente re-configurable desde misiones de utilidad hasta traslado de carga pesada, incluyendo evacuación de

pacientes, aplicación de la ley (por ejemplo, uso por parte de la policía), transporte a plataformas petroleras, etc. En el rol de aplicación de la ley, sus usos varían desde vigilancia, comandancia, control, transporte de unidades especiales, patrullaje de fronteras, entre otros.



Imagen 9: Helicóptero AS 350 B3 perteneciente a la policía en Sudáfrica.

Configuración de transporte corporativo (STYLENCE)



Imagen 10: Interior de un helicóptero AS 350 B3 con configuración de transporte corporativo. Se puede apreciar asientos con tapizado especial y piso alfombrado, entre otras comodidades.

Esta configuración está orientada principalmente a entregar el mayor confort posible a los pasajeros. El interior de la cabina del AS 350 B3 es altamente customizable, lo que lo hace ideal para ostentar una configuración que priorice la comodidad y la elegancia. Para esta configuración, se recomienda el uso de 4 asientos (4 pasajeros + 1 piloto), lo que permite dejar un amplio espacio entre cada asiento. Sin embargo, también se puede utilizar en configuración de 5 asientos (5 pasajeros + 1 piloto). Junto a esto, existen variadas modificaciones opcionales que se pueden aplicar para complementar esta configuración, como por ejemplo, ventanas polarizadas, sistemas de aire acondicionado, colores del interior, tapizado, alfombrado, paneles reductores de ruido, entre otros.



Imagen 11: Interior de helicóptero AS 350 B3 en configuración de transporte corporativo recomendada (4 pasajeros + 1 piloto).

Bell 205A-1

A continuación se presentan algunas de las misiones más comunes que puede llevar a cabo el helicóptero Bell 205A-1. Dependiendo de las necesidades del operador, se pueden adjuntar equipos adicionales para llevar a cabo otras misiones.

Defensa forestal

En general, los dos tipos de misión más comunes en el combate de incendios son el transporte de brigadistas y el lanzamiento de agua. El helicóptero Bell 205A-1 puede transportar hasta 14 brigadistas más 1 piloto.

En el lanzamiento de agua, se puede considerar un helibalde colgando, el cual puede cargar hasta 1.500 litros de agua con espuma retardante, o bien se puede utilizar un estanque ventral con hasta 2.000 litros de capacidad.



Imagen 12: Helicóptero Bell 205A-1 lanzando agua con estanque ventral.

Transporte de pasajeros

Al igual que con el transporte de brigadistas, este helicóptero tiene capacidad para transportar hasta 14 pasajeros, además del piloto.

EVACAM (evacuación de heridos o enfermos)

Dentro del helicóptero se pueden instalar hasta 4 literas, de fácil instalación y remoción, además de contar con capacidad para trasladar un doctor, dos enfermeros y un tripulante.

Rescate con grúa

Este tipo de misiones de rescate requieren la instalación de un equipo externo, el cual es capaz de levantar a una persona de hasta 200 kilos.

Transporte de carga interna y externa

Todos los asientos interiores son removibles y se puede estibar una carga de hasta 2.500 kilos. También se puede utilizar un gancho exterior para levantar carga colgante de hasta 1.500 kilos.

Al igual que el helicóptero AS 350 B3, el Bell 205A-1 es una aeronave muy flexible que puede participar en diversas misiones. Se pueden instalar herramientas externas, como por ejemplo esquís para nieve o flotadores, para lograr que este helicóptero opere en variados ambientes.



Imagen 13: Helicóptero Bell 205A-1 con flotadores instalados, lo que le permite operar en entornos acuáticos.

Conclusiones

En el combate de incendios influyen diversos factores, los cuales pueden llegar a determinar el éxito o fracaso de una misión. Entre algunos de los factores más relevantes se encuentran la ubicación (terreno circundante, altitud, urbanización, etc.), recursos disponibles (personal, herramientas, apoyo) y el tiempo de respuesta ante alguna eventualidad. Es por esto que en el combate de incendios los helicópteros representan un apoyo casi inigualable, pues por su versatilidad en vuelo y su rendimiento en estas misiones, junto a otras actividades de apoyo como el reconocimiento aéreo y el transporte de la Brigada de Heliataque, es posible minimizar los daños provocados por un incendio forestal, especialmente debido a las reducciones de tiempo que representa. Sin perjuicio de lo anterior, el uso más eficiente que proporciona un helicóptero en defensa forestal consiste en el transporte expedito de los brigadistas, quienes van apropiadamente equipados para combatir el incendio en tierra, y prevenir su propagación. Posteriormente, el helicóptero presta apoyo con lanzamientos de agua, idealmente con un agente retardante, el cual ayuda a disminuir la evaporación del agua mientras cae y también cuando está en tierra. En Chile usualmente no se utilizan agentes retardantes, por disminuir los costos iniciales, pero esto redundaría en mayores costos relacionados a más horas de vuelo, una mayor propagación del fuego y en general un mayor costo por la operación, debido a que sin retardante el agua no es tan eficiente.

Una de las herramientas más fundamentales al momento de emplear helicópteros en combate de incendios es el Helibalde, siendo el único método de transportar agua que se utiliza actualmente por operadores de helicópteros en Chile. Esta herramienta le proporciona una versatilidad única al helicóptero, pues es relativamente sencillo recargarla. Un método común que se utiliza es emplear un camión con su parte trasera cubierta y preparada para contener agua, la cual es abastecida mediante una moto bomba desde la fuente de agua más cercana, de modo que el helicóptero pueda efectuar vuelos cortos para recargar el helibalde.

De acuerdo a datos estadísticos recopilados por CONAF, se observa que la principal causa de los incendios forestales es la actividad humana, ya sea de forma directa o indirecta. Un

30,61% de todos los incendios forestales son provocados intencionalmente por el hombre, mientras que un 29,13% es provocado por el simple tránsito de personas o vehículos.

Respecto al análisis del comportamiento de los incendios forestales en Chile, se tiene un alto grado de estacionalidad, encontrándose, en promedio, el 80,24% de ellos concentrados entre los meses de Noviembre y Abril (promedio calculado en base a datos recopilados por CONAF desde 1985 a 2015).

Considerando el análisis de la demanda, se proyecta que hacia 2020 la cantidad de incendios forestales anuales sobrepase los 2.500. Además, la cantidad de horas de vuelo contratadas por CONAF también ha aumentado en los últimos años, sobrepasando las 3.500 horas de vuelo contratadas durante la temporada 2014-2015.

Según el estudio de oferta de operadores en Chile, se pudo concluir que:

- El modelo Bell 212 fue el helicóptero más solicitado por CONAF entre 2010 y 2015 (últimos 5 años).
- El modelo Bell UH-1, es el modelo con mayor cantidad de unidades al servicio del combate de incendios (8 aeronaves), no obstante 7 de ellas pertenecen al mismo operador.
- El modelo AS 350 B3, es el helicóptero más común entre los operadores encuestados, estando presente en 4 de ellos (del total de 6 operadores encuestados).

Se presentó una encuesta evaluativa que puede ayudar a los operadores en sus investigaciones y evaluaciones iniciales al momento de gestionar la adquisición de un helicóptero, ya que proporciona un método estandarizado para reconocer las prioridades del operador, así como también las cualidades que el helicóptero debe satisfacer dependiendo de la actividad a la que se destinará. Paralelamente, también se puede utilizar como medio de comparación entre las diferentes alternativas que pueda considerar un operador, ya que incorpora resultados cuantitativos, lo que permite comparar opciones de forma objetiva.

Los costos operacionales a los que se verá enfrentado un operador son complejos de estimar, y carecen de una fórmula única para manejarlos, debido a que la naturaleza de la industria es variable e incluye diversos factores que se ven afectados dependiendo de las circunstancias. Estos costos pueden ser clasificados de diversas formas, siendo algunas de las más comunes de acuerdo a su comportamiento (costos fijos y costos variables) o rastreabilidad (directos e indirectos). Por otra parte, existen ciertas categorías estándar que son ampliamente utilizadas en la industria, las cuales se basan en la naturaleza de los costos. Algunas de las categorías más significativas para un operador son los costos de mantenimiento (entre el 35% y 40% de los costos totales para un operador), costos por combustible (porcentaje variable debido a la volatilidad del mercado de combustibles), seguros (alrededor de un 20% de los costos totales) y costos relacionados al personal (entre un 20% y 30% de los costos totales). Otros costos relativamente menos significativos (en comparación a los anteriores) corresponden a costos por capacitación, impuestos y gastos generales.

Los factores que todo operador debería tener en cuenta al momento de manejar sus costos operacionales son, entre otros, el ambiente en que se operará, el tipo de misiones a las que será sometido el helicóptero, y su personal disponible (habilidades, capacitaciones, experiencia). En el caso del combate de incendios, estos factores se ven acentuados debido a las condiciones que crea un incendio forestal, en donde la destreza del piloto debe complementarse con la capacidad de su aeronave y la coordinación con los brigadistas que combaten el fuego en tierra.

Considerar los usos alternativos y configuraciones que tiene un helicóptero también es relevante, en la medida que será parte importante de su rentabilidad. Ambos helicópteros que fueron escogidos como ejemplo (AS 350B3 y Bell 205A-1) tienen la opción de cambiar a variadas configuraciones de manera relativamente fácil, ya sea modificando sus interiores (instalación/remoción de asientos, camillas, literas, etc.) o incorporando equipos externos (ganchos, grúas, helibalde, etc.).

Finalmente, cabe destacar que si bien en esta memoria sólo se consideró la compra de un helicóptero para los análisis realizados, siempre existen otras alternativas, como por ejemplo, el arriendo, el cual conlleva toda otra serie de variables. Todo dependerá de la

situación particular de cada operador. Además, también se debe considerar que existen otras opciones que no requieren la adquisición de una aeronave para proporcionar un beneficio en esta actividad. Un ejemplo de esto sería la incorporación de tecnología en helicópteros para permitir que realicen vuelos nocturnos. Actualmente no se utiliza esta tecnología en Chile, por lo que la operación de los helicópteros está limitada por las horas de luz que tenga el día. En otras actividades, esto quizá no represente mayor perjuicio, pero en el caso de los incendios forestales se debe considerar que el incendio se continua propagando en esas horas de inactividad. Otro ejemplo sería el uso de agentes retardantes en el agua que lanza un helicóptero. En Chile esto no es ampliamente usado, debido a los costos que implica la compra del retardante. Sin embargo, es importante tener en mente que probablemente se incurre en costos adicionales por no utilizarlos (más lanzamientos de agua, lanzamientos redundantes, agua perdida, más horas de vuelo, etc.). Estos retardantes están diseñados para mojar el área donde caen y retardar la expansión del fuego mediante la vegetación. Son usualmente coloridos, lo que permite dejar un rastro visual de las zonas donde ya se arrojó agua.

Es importante recordar que, además del evidente daño al medioambiente, un incendio forestal pone vidas humanas en riesgo, no sólo el piloto de la aeronave sino también todos los brigadistas y combatientes que están en tierra. Por ende, siempre se debe priorizar la seguridad de todos los participantes frente a cualquier otro objetivo.

Bibliografía

Libros y/o Manuales

- **Escamilla, Joel; Pérez, Jorge; Valenzuela, Luis.** “*La brigada de Heliataque y los procedimientos de trabajo con helicópteros. Documento de trabajo 553*”. [Pdf]. Abril de 2010. [Consulta: 14-Jun.-2015]. Disponible en: <http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1363718410labrigada.pdf>
- **Dirección de Aeronáutica Civil.** “*DAR 06 Operación de Aeronaves*”. [Pdf]. Santiago, 15-Abril-2002. [Consulta: 14-Jun.-2015]. Disponible en: <<http://www.dgac.gob.cl/portalweb/rest-portalweb/jcr/repository/collaboration/sites%20content/live/dgac/documents/dar06e.pdf>>
- **Instituto Forestal.** “*Boletín estadístico N°150: Anuario Forestal 2015*”. [Pdf]. Santiago, Chile. [Consulta: 21-Oct-2015]. Disponible en: <<http://wef.infor.cl/publicaciones/anuario/2015/Anuario2015.pdf>>
- **Eurocopter** “*Eurocopter AS 350 B3 Technical Data*”. [Pdf]. [Consulta: 04-Sep-2016]. Disponible en: <http://airbushelicoptersinc.com/images/products/AS350/AS350B3-tech_data_2009.pdf>
- **Bell Helicopter Textron Inc. And Bell Helicopter Textron Canada Ltd.** “*Bell Model 205A-1 Illustrated parts Breakdown Manual*”. [Pdf]. [Consulta: 04-Sep-2016]. Disponible en: <http://www.bellcustomer.com/files/Storage/205A1-IPB_Rev_3_12-Apr-2010.pdf>
- **Nassir Sapag Chain, Reinaldo Sapag Chain** “*Preparación y evaluación de proyectos*”, segunda edición. [Pdf]. [Consulta: 04-Sep-2016]. Disponible en: <<http://www.utntyh.com/alumnos/wp-content/uploads/2013/03/Preparacion-Y-Evaluacion-De-Proyectos-Sapag-Sapag.pdf>>
- **Economics Committe, Helicopter Association International** “*Guide for the Presentation of Helicopter Operating Cost Estimates*”, revisión 2010. [Pdf]. [Consulta: 05-10-2016]. Disponible en:

<<https://www.rotor.org/portals/1/membership/Guide%20for%20the%20Presentation%20of%20Helicopter%20Operating%20Cost%20Estimates.pdf>>

Páginas Web

- CONAF, Número de incendios forestales y superficie afectada a la fecha. <<http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadistica-de-ocurrencia-diaria/>>
- CONAF, Estadísticas Históricas. Disponible en: <<http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>>
- CPIF, Incendios Forestales. <<http://www.cpi.cl/incendios-forestales/>>
- CONAF, Quiénes Somos. <<http://www.conaf.cl/quienes-somos/>>
- CONAF, Historia. <<http://www.conaf.cl/quienes-somos/historia/>>
- CONAF, Misión y Objetivos. <<http://www.conaf.cl/quienes-somos/mision-y-objetivos/>>
- DGAC. Explotadores de Extinción de Incendios. <<http://www.dgac.gob.cl/portalweb/dgac/detail?content-id=/repository/collaboration/sites%20content/live/dgac/categories/usuarios/empresasaereas/extincionncendiosforestales&version=8>>
- DGAC. Empresas de trabajos aéreos que participan en extinción de incendios. <http://www.dgac.gob.cl/portalweb/rest-portalweb/jcr/repository/collaboration/sites%20content/live/dgac/categories/usuarios/empresasaereas/extincionncendiosforestales/documents/2_Ext_de_Incendios-20150209.pdf>
- SEI Industries. Bambi Bucket. <<http://www.sei-ind.com/products/bambi-bucket-standard>>
- Corporación Chilena de la Madera. <<http://www.corma.cl/quienes-somos/sedes-regionales/biobio>>

- Método de Descomposición. <<http://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/metodo-de-descomposicion-aplicado-para-un-pronostico-de-demanda/>>
- Información Helicóptero AS 350 B3.
<https://www.airbushelicopters.com/website/en/ref/H125_29.html>
- Información Helicóptero Bell 205 (UH-1).
<http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_205_en.php>

Anexos

• Preguntas de investigación Objetivos específicos

- **Realizar un análisis de la situación actual de Chile.**
- ¿Cuál es el daño provocado por incendios forestales?
- ¿Cómo ha evolucionado el daño provocado por incendios forestales en los últimos años?
- ¿Cómo ha evolucionado la duración de las temporadas de incendios forestales?
- ¿Qué métodos de combate de incendio se emplean?
- ¿Cuáles son las regiones más afectadas?
- ¿Con qué recursos se cuenta actualmente?
- ¿Existe suficiente oferta (de operadores, horas de vuelo, aeronaves) para satisfacer la demanda?
- ¿Existe necesidad de incorporar nuevas aeronaves?
- **Determinar las necesidades actuales, tanto de entidades forestales como de operadores de helicópteros que participen en combate de incendios.**
- ¿Cuáles son las principales empresas forestales y operadores de helicópteros relacionados al combate de incendios?
- ¿Cuáles son las prioridades de estas empresas? (seguridad, confiabilidad, etc.)
- ¿Qué aeronaves se emplean en el combate de incendios por dichos operadores?

- **Proponer potenciales helicópteros que cumplirían los requisitos operacionales y financieros del mercado en Chile.**
- ¿Existen aeronaves que cumplan los requisitos y que no se utilicen actualmente en nuestro país?
- ¿Históricamente, qué aeronaves son las más adecuadas para el combate de incendios? (nivel nacional e internacional)

- **Analizar las variables que afectan los costos operacionales presentes al operar helicópteros, además de presentar la forma recomendable de abordar estos costos en una organización.**
- ¿Cuáles son los costos que enfrentan generalmente los operadores?
- ¿Cómo se pueden organizar estos costos?
- ¿Qué factores influyen en el comportamiento de estos costos?

- **Proponer un uso alternativo para dicha(s) aeronave(s).**
- ¿Qué configuraciones puede adoptar la aeronave?

• **Tabla Número de incendios registrados a nivel país entre 1963 y 2015.**

Fuente: Estadísticas CONAF, Actualizado a Julio 2015.

Nº	TEMPORADA	NÚMERO DE INCENDIOS
----	-----------	---------------------

1	1963 - 1964	435
2	1964 - 1965	269
3	1965 - 1966	396
4	1966 - 1967	307
5	1967 - 1968	507
6	1968 - 1969	807
7	1969 - 1970	551
8	1970 - 1971	669
9	1971 - 1972	1.172
10	1972 - 1973	1.214
11	1973 - 1974	1.332
12	1974 - 1975	1.630
13	1975 - 1976	2.785
14	1976 - 1977	1.909
15	1977 - 1978	3.380
16	1978 - 1979	4.718
17	1979 - 1980	2.977
18	1980 - 1981	4.197
19	1981 - 1982	4.520
20	1982 - 1983	4.782
21	1983 - 1984	6.252
22	1984 - 1985	5.223
23	1985 - 1986	5.421

24	1986 - 1987	5.195
25	1987 - 1988	5.202
26	1988 - 1989	5.245
27	1989 - 1990	4.116
28	1990 - 1991	5.194
29	1991 - 1992	4.788
30	1992 - 1993	6.118
31	1993 - 1994	6.214
32	1994 - 1995	5.356
33	1995 - 1996	5.886
34	1996 - 1997	5.493
35	1997 - 1998	5.332
36	1998 - 1999	6.831
37	1999 - 2000	5.252
38	2000 - 2001	5.376
39	2001 - 2002	6.701
40	2002 - 2003	7.572
41	2003 - 2004	6.430
42	2004 - 2005	6.653
43	2005 - 2006	5.397
44	2006 - 2007	5.143
45	2007 - 2008	6.976
46	2008 - 2009	6.157

47	2009 - 2010	4.069
48	2010 - 2011	4.952
49	2011 - 2012	5.509
50	2012 - 2013	5.651
51	2013 - 2014	6.335
52	2014 -2015	8.048
TOTALES		222.644
PROMEDIO (1964/2015)		4.282
TOTAL QUINQUENIO (2011/2015)		30.495
PROMEDIO QUINQUENIO (2011/2015)		6.099

• **Tabla Promedios Simples**

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a conceptos del libro **Preparación y Evaluación de Proyectos**, Nassir Sapag Chain, Reinaldo Sapag Chain, Quinta Edición.

Nº	TEMPORADA	NÚMERO DE INCENDIOS	PM
1	1963 - 1964	435	-
2	1964 - 1965	269	-
3	1965 - 1966	396	-
4	1966 - 1967	307	352
5	1967 - 1968	507	331
6	1968 - 1969	807	385
7	1969 - 1970	551	502
8	1970 - 1971	669	592
9	1971 - 1972	1.172	655
10	1972 - 1973	1.214	762
11	1973 - 1974	1.332	954

12	1974 - 1975	1.630	1.168
13	1975 - 1976	2.785	1.336
14	1976 - 1977	1.909	1.771
15	1977 - 1978	3.380	2.024
16	1978 - 1979	4.718	2.524
17	1979 - 1980	2.977	3.133
18	1980 - 1981	4.197	3.552
19	1981 - 1982	4.520	3.861
20	1982 - 1983	4.782	3.889
21	1983 - 1984	6.252	4.347
22	1984 - 1985	5.223	4.975
23	1985 - 1986	5.421	5.308
24	1986 - 1987	5.195	5.551
25	1987 - 1988	5.202	5.348
26	1988 - 1989	5.245	5.291
27	1989 - 1990	4.116	5.233
28	1990 - 1991	5.194	4.949
29	1991 - 1992	4.788	4.876
30	1992 - 1993	6.118	4.744
31	1993 - 1994	6.214	5.211
32	1994 - 1995	5.356	5.583
33	1995 - 1996	5.886	5.818
34	1996 - 1997	5.493	5.818
35	1997 - 1998	5.332	5.638
36	1998 - 1999	6.831	5.587
37	1999 - 2000	5.252	5.811
38	2000 - 2001	5.376	5.806
39	2001 - 2002	6.701	5.816
40	2002 - 2003	7.572	5.786
41	2003 - 2004	6.430	6.359
42	2004 - 2005	6.653	6.765
43	2005 - 2006	5.397	6.855
44	2006 - 2007	5.143	6.334
45	2007 - 2008	6.976	5.882
46	2008 - 2009	6.157	5.849
47	2009 - 2010	4.069	6.031
48	2010 - 2011	4.952	5.808
49	2011 - 2012	5.509	5.247
50	2012 - 2013	5.651	4.944
51	2013 - 2014	6.335	5.264
52	2014 - 2015	8.048	5.690

Promedios móviles mensuales para últimas cinco temporadas

Temporada	Mes	Cantidad (a)	PM (b)	(a/b)*100
10-11	JULIO	0	-	-
10-11	AGOSTO	6	-	-
10-11	SEPTIEMBRE	28	-	-
10-11	OCTUBRE	89	-	-
10-11	NOVIEMBRE	344	-	-
10-11	DICIEMBRE	843	-	-
10-11	ENERO	1.274	-	-
10-11	FEBRERO	1.255	-	-
10-11	MARZO	787	-	-
10-11	ABRIL	243	-	-
10-11	MAYO	77	-	-
10-11	JUNIO	6	-	-
11-12	JULIO	1	413	0,2
11-12	AGOSTO	0	413	0,0
11-12	SEPTIEMBRE	15	412	3,6
11-12	OCTUBRE	127	411	30,9
11-12	NOVIEMBRE	501	414	121,0
11-12	DICIEMBRE	1.309	426	307,0
11-12	ENERO	1.270	463	274,2
11-12	FEBRERO	1.057	466	227,0
11-12	MARZO	688	451	152,7
11-12	ABRIL	455	442	103,0
11-12	MAYO	77	458	16,8
11-12	JUNIO	9	459	2,0
12-13	JULIO	6	459	1,3
12-13	AGOSTO	3	459	0,7
12-13	SEPTIEMBRE	35	460	7,6
12-13	OCTUBRE	125	461	27,1
12-13	NOVIEMBRE	518	461	112,3
12-13	DICIEMBRE	611	463	132,1
12-13	ENERO	1.295	409	316,7
12-13	FEBRERO	1.184	407	291,1
12-13	MARZO	1.299	416	312,0
12-13	ABRIL	522	464	112,5

12-13	MAYO	48	473	10,1
12-13	JUNIO	5	471	1,1
13-14	JULIO	3	471	0,6
13-14	AGOSTO	9	471	1,9
13-14	SEPTIEMBRE	59	471	12,5
13-14	OCTUBRE	253	473	53,5
13-14	NOVIEMBRE	606	483	125,5
13-14	DICIEMBRE	1.344	491	274,0
13-14	ENERO	1.475	548	269,4
13-14	FEBRERO	1.200	566	212,1
13-14	MARZO	1.068	568	187,9
13-14	ABRIL	282	551	51,2
13-14	MAYO	27	531	5,1
13-14	JUNIO	9	528	1,7
14-15	JULIO	2	528	0,4
14-15	AGOSTO	11	528	2,1
14-15	SEPTIEMBRE	30	528	5,7
14-15	OCTUBRE	193	526	36,7
14-15	NOVIEMBRE	570	521	109,4
14-15	DICIEMBRE	1.283	518	247,8
14-15	ENERO	1.934	513	377,1
14-15	FEBRERO	1.903	548	347,4
14-15	MARZO	1.510	605	249,8
14-15	ABRIL	453	643	70,5
14-15	MAYO	89	659	13,5
14-15	JUNIO	70	665	10,5

Proyección número de incendios mensuales para los próximos cinco años

Período	Temporada	Mes	S(t)
61	15-16	JULIO	4
62	15-16	AGOSTO	7
63	15-16	SEPTIEMBRE	43
64	15-16	OCTUBRE	217

65	15-16	NOVIEMBRE	688
66	15-16	DICIEMBRE	1423
67	15-16	ENERO	1862
68	15-16	FEBRERO	1656
69	15-16	MARZO	1411
70	15-16	ABRIL	540
71	15-16	MAYO	74
72	15-16	JUNIO	25
73	16-17	JULIO	4
74	16-17	AGOSTO	8
75	16-17	SEPTIEMBRE	48
76	16-17	OCTUBRE	240
77	16-17	NOVIEMBRE	758
78	16-17	DICIEMBRE	1567
79	16-17	ENERO	2050
80	16-17	FEBRERO	1821
81	16-17	MARZO	1550
82	16-17	ABRIL	593
83	16-17	MAYO	81
84	16-17	JUNIO	27
85	17-18	JULIO	5

86	17-18	AGOSTO	8
87	17-18	SEPTIEMBRE	52
88	17-18	OCTUBRE	262
89	17-18	NOVIEMBRE	829
90	17-18	DICIEMBRE	1712
91	17-18	ENERO	2238
92	17-18	FEBRERO	1986
93	17-18	MARZO	1690
94	17-18	ABRIL	646
95	17-18	MAYO	88
96	17-18	JUNIO	29
97	18-19	JULIO	5
98	18-19	AGOSTO	9
99	18-19	SEPTIEMBRE	57
100	18-19	OCTUBRE	285
101	18-19	NOVIEMBRE	899
102	18-19	DICIEMBRE	1857
103	18-19	ENERO	2425
104	18-19	FEBRERO	2152
105	18-19	MARZO	1830
106	18-19	ABRIL	699

107	18-19	MAYO	95
108	18-19	JUNIO	32
109	19-20	JULIO	5
110	19-20	AGOSTO	10
111	19-20	SEPTIEMBRE	61
112	19-20	OCTUBRE	307
113	19-20	NOVIEMBRE	970
114	19-20	DICIEMBRE	2001
115	19-20	ENERO	2613
116	19-20	FEBRERO	2317
117	19-20	MARZO	1970
118	19-20	ABRIL	752
119	19-20	MAYO	102
120	19-20	JUNIO	34