



Escola Tècnica Superior d'Enginyeries  
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Titulació:

**Enginyeria Aeronàutica**

Alumne:

**Roger Ayats López**

Títol PFC:

**PROJECTE D'UN AVIÓ CONTRA INCENDIS AMFIBI**

Director del PFC:

**Joan Llargués Montaña**

Convocatòria de lliurament del PFC:

**Juny 2015**

Contingut d'aquest volum:

**Document III. PRESSUPOSTOS**





Escola Tècnica Superior d'Enginyeries  
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa  
Universitat Politècnica de Catalunya

Departament de Projectes d'Enginyeria

Projecte Final de Carrera

# PROJECTE D'UN AVIÓ CONTRA INCENDIS AMFIBI

## PRESSUPOSTOS

**Roger Ayats López**  
Enginyeria Aeronàutica

---

Juny 2015

---

Director PFC:  
Joan Llargués Montaña



# Índex

<b>Pressupostos</b>	<b>1</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>9</b>



# Índex de figures

1	Costos associats a l'aeronau al llarg de tot el seu cicle de vida [1] . . .	1
2	Percentatges dels diferents tipus de costos directes d'operació . . . .	6





# Índex de taules

1	Dades d'entrada al mètode d'estimació de costos . . . . .	2
2	Costos de <i>RDTE</i> . . . . .	4
3	Costos de <i>ACQ</i> . . . . .	5
4	Costos de directes d'operació <i>DOC</i> . . . . .	5
5	Resum dels costos d'operació . . . . .	6
6	Resum dels costos i preu per aeronau . . . . .	7



# Pressupostos

En aquest document es realitza una estimació dels costos de l'aeronau al llarg de tot el seu cicle de vida.

Cal tenir present que els costos associats a l'aeronau comencen molt abans de que aquesta es materialitzi, amb les despeses de desenvolupament i producció. A més, una vegada entregada a l'operador, aquesta comportarà uns costos d'operació i manteniment que finalment se sumaran als de desballestament. A continuació, la figura 1 mostra un esquema de la distribució d'aquests costos al llarg de tot el cicle de vida del projecte aeronàutic.

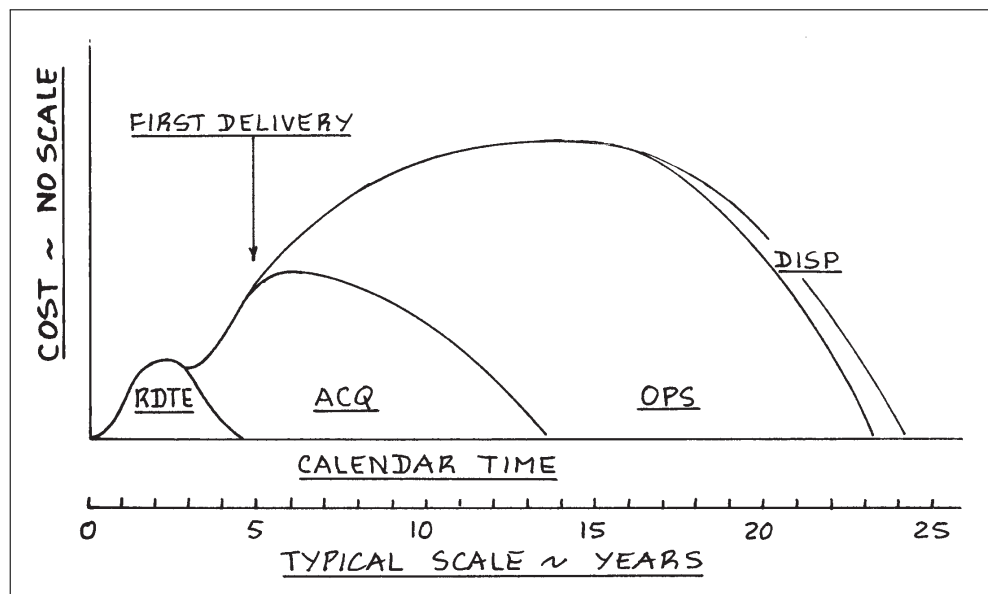


Figura 1. Costos associats a l'aeronau al llarg de tot el seu cicle de vida [1]

A la figura 1 s'observen diferents costos en funció del calendari dins el cicle de vida. Aquests s'expliquen a continuació:

- **RDTE.** Són els costos corresponents a la recerca, desenvolupament, test i avaluació (*Research, Development, Test and Evaluation Costs*).
- **ACQ.** Són els corresponents a l'adquisició de l'aeronau (*Acquisition*). Bàsicament comprenen els costos de fabricació.
- **OPS.** Són els costos d'operació (*Operation*). Es divideixen en: costos directes i indirectes.
- **DISP.** Són els costos de desballestament i reciclatge (*Disposal*). Aquests no es contemplen en el present anàlisi.

En els següents apartats es realitzen les estimacions d'aquestes categories de costos seguint el mètode proposat pel Dr. J. Roskam a la referència [1]. Per desenvolupar aquest anàlisi s'han emprat les fulles de càlcul creades per C. Casamor i E. Ferraté en el projecte de l'avió WYVERN 48 (W-48) [2].

A continuació la taula 1 mostra les dades d'entrada d'aquest mètode d'estimació.

**Taula 1.** Dades d'entrada al mètode d'estimació de costos

<i>Símbol</i>	<i>Descripció</i>	<i>Valor</i>	<i>Justificació</i>
$N_{rdte}$	Número d'avions produïts durant la fase RDTE	2	Habitualment entre 2 i 8
$N_m$	Número d'avions a desenvolupar al llarg del programa	70	
$N_{st}$	Número d'avions destinats a tests estàtics	1	
$N_{rm}$	Avions produïts per mes	0,58	
$F_{pro}$	Percentatge de beneficis	0,45	
$W_{TO}$	Massa màxima a l'enlairament en [kg]	18.779	Dimensionament preliminar
$W_E$	Massa de buit en [kg]	11.322	Dimensionament preliminar
$W_F$	Massa màxima de combustible en [kg]	4.297	Dimensionament preliminar
$W_{motor}$	Massa del motor en [kg]	467,2	Capítol Propulsió
$P_{max}$	Potència màxim a l'eix del motor en [kW]	1.774	Capítol Propulsió

Continua a la pàgina següent

<b><i>Símbol</i></b>	<b><i>Descripció</i></b>	<b><i>Valor</i></b>	<b><i>Justificació</i></b>
$V_C$	Velocitat de creuer en [m/s]	100	Requeriments inicials
$N_e$	Número de motors per avió	2	
$N_p$	Número d'hèlix per avió	2	
$N_{pax}$	Número màxim de passatgers	11	Estimació realitzada per a les funcions de salvament marítim i observació
$F_{diff}$	Factor de dificultat (avalua la dificultat de desenvolupar un projecte de característiques similars)	1,5	Valor mig dels recomanats a la referència [1]
$F_{cad}$	Factor computacional (avalua la dificultat del desenvolupament segons les eines CAD emprades)	0,8	Recomanat a la referència [1] per a personal experimentat en CAD
$F_{mat}$	Factor depenent dels materials	1,8	Valor mig dels recomanats a la referència [1]. Materials resistents a corrosió
$C_{fin}$	Interessos financers	0,2%	Degut a la situació econòmica actual es pren un valor el doble del recomanat
$F_{int}$	Costos de l'interior de la cabina per passatger en \$/passatger	500	Recomanat per la referència [1]
$R_e$	Remuneració per hora d'enginyeria en \$/h	50	
$R_m$	Remuneració per hora de construcció en \$/h	35	
$R_t$	Remuneració per hora de manteniment en \$/h	35	
$C_e$	Cost del motor en \$	507.103,67	Estimat segons l'apèndix B de la referència [1]
$C_{pr}$	Cost de l'hèlix en \$	28.508,18	Estimat segons l'apèndix B de la referència [1]

Continua a la pàgina següent

<i>Símbol</i>	<i>Descripció</i>	<i>Valor</i>	<i>Justificació</i>
$C_{avionics}$	Cost de l'aviònica en \$	50.000	Estimat segons l'apèndix B de la referència [1]
$tp_{ft}$	Nombre d'hores de test per avió	10	Valor estàndard segons la referència [1]
$F_{toh}$	Factor d'increment sobre els testos d'aeronaus	4	Recomanat a la referència [1]
$C_{plane}$	Cost estimat de l'aeronau en \$	35.000.000	Preu de l'aeronau competidora <i>Bombardier 415</i> segons la referència [3]

## Costos RDTE

Aquests són els costos associats a la recerca, desenvolupament, tests i avaluació de les aeronaus produïdes. A la taula 2 es mostren desglossats amb les estimacions obtingudes.

**Taula 2.** Costos de *RDTE*

<i>Símbol</i>	<i>Descripció</i>	<i>Valor [\$]</i>
$C_{aed}$	Costos de disseny del fuselatge	17.213.144
$C_{dst}$	Costos de suport al desenvolupament i als tests	4.389.221
$C_{fta}$	Costos dels tests de vol dels avions	103.265.672
$C_{fto}$	Costos de les operacions dels tests de vol	531.170
$C_{tsf}$	Costos d'adaptacions als tests i simulacions	0
$C_{pro}$	Beneficis sobre els costos <i>RDTE</i>	161.227.551
$C_{fin}$	Costos de finançament de les fases <i>RDTE</i>	71.656.689
$C_{RDTE}$	TOTAL dels costos de la fase <i>RDTE</i>	358.283.446

## Costos ACQ

Aquests són els costos referents a la fabricació de l'aeronau. A la taula 3 es mostren desglossats amb les estimacions obtingudes.

**Taula 3.** Costos de ACQ

<b>Símbol</b>	<b>Descripció</b>	<b>Valor [€]</b>
$C_{aed}$	Costos de fabricació del fuselatge	15.950.601
$C_{apc}$	Costos del programa de producció	527.899.578
$C_{fto}$	Costos del tests de la fase de producció	21.876.400
$C_{fin}$	Costos de finançament de les fases ACQ	323.272.330
$C_{pro}$	Beneficis sobre els costos ACQ	727.362.743
$C_{ACQ}$	TOTAL dels costos de la fase ACQ	1.616.361.652

## Costos OPS

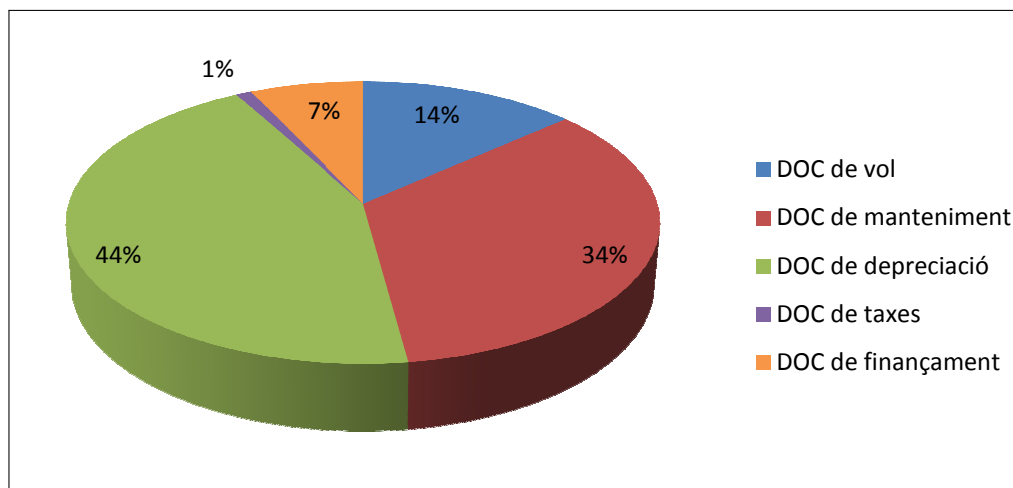
Aquests són els costos referents l'operació de l'aeronau, de manera que repercuteixen directament sobre l'operador. Es divideixen en dos grans grups: els directes *DOC (Direct Operation Costs)* i els indirectes *IOC (Indirect Operation Costs)*.

A la taula 4 es mostren els resultats obtinguts per als costos directes.

**Taula 4.** Costos de directes d'operació *DOC*

<b>Descripció</b>	<b>Valor [€/NM]</b>
<i>DOC</i> de vol	3,84
<i>DOC</i> de manteniment	9,83
<i>DOC</i> de depreciació	12,61
<i>DOC</i> de taxes	0,27
<i>DOC</i> de finançament	2,00
TOTAL <i>DOC</i>	28,59

A la figura 2 es mostra un gràfic amb els seus percentatges.



**Figura 2.** Percentatges dels diferents tipus de costos directes d'operació

S'observa a la figura anterior com els costos de depreciació i els de manteniment són els més elevats. En primer lloc, degut a que s'estima que l'aeronau realitzarà només 900 hores de vol l'any, les amortitzacions són molt baixes i augmenten significativament els costos de depreciació. En segon lloc, els elevats costos de manteniment es justifiquen per la missió tipus de l'aeronau: exposició a altres temperatures, corrosió per la sal marina i els retardants químics, fatiga, etc.

A continuació la taula 5 mostra l'estimació dels costos indirectes i el resum dels d'operació.

**Taula 5.** Resum dels costos d'operació

<i>Descripció</i>	<i>Valor [\$/NM]</i>
<i>DOC</i>	28,59
<i>IOC</i>	35,73
<b>TOTAL dels costos d'operació</b>	<b>64,32</b>

Aquests són els costos als que haurà de fer front l'operador pel fet de volar l'aeronau. En concret, s'estima que el cost per hora de vol arribaria a 7.813 \$/h uns 7.095 €/h.



## Preu final de l'aeronau

Sumant els costos de *RDTE* i els de *ACQ* s'obté el preu final de totes les aeronaus previstes per desenvolupar. A continuació la taula 6 mostra el resum de les dades obtingudes.

**Taula 6.** Resum dels costos i preu per aeronau

<i>Descripció</i>	<i>Valor [\$]</i>
<i>Total costos RDTE</i>	358.283.446
<i>Total costos ACQ</i>	1.616.361.652
<i>TOTAL</i>	1.974.645.098
<b>Preu final per aeronau</b>	<b>28.209.216</b>

S'observa que el preu per unitat és de 28.209.216 \$ uns 25.614.470 €. Aquest és el preu assumint una durada del projecte de 30 anys (temps de servei d'aquest tipus d'aeronaus [3]) i un total de 70 unitats venudes (el 40% del total venut per la competència en 46 anys [4]).



# Bibliografia

- [1] Roskam, Dr. J., *Airplane Design. Part VIII: Airplane Cost Estimation: Design, Development, Manufacturing and Operating*, DAR coporation, University of Kansas, Lawrence, 1990.
- [2] Canals, O., Casamor, O., Coll, J., Cubría, V., Cufí, F., Delgado, M., Domínguez, A., Ferraté, E., Gonçalves, S., Hita, J., Rico, R., Torrentó, i J., Yeung, K. H. *WYVERN 48*, Engineering Project, Universitat Politècnica de Catalunya, desembre 2014.
- [3] RAND Corporation. [Online] <http://www.rand.org/blog/2013/12/investing-in-firefighting.html>
- [4] Bombardier. [Online] <http://www.bombardier.com/en/aerospace/amphibious-aircraft/status-report.html>

