UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Organización de Empresas

UNA PROPUESTA DE MEJORA. LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA DE AVIONES MILITARES

TESIS DOCTORAL

ENRIQUE REDONDO EXPÓSITO
Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Organización de Empresas

UNA PROPUESTA DE MEJORA. LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA DE AVIONES MILITARES

TESIS DOCTORAL

ENRIQUE REDONDO EXPÓSITO
Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales

Directora: Dra Doña Máxima J. López Eguilaz

2011

AGRADECIMIENTOS

A mis padres,

Por el apoyo con el que siempre he contado

El trabajo de investigación es bastante solitario, las razones para ello es la necesidad de dedicarle innumerables horas y días de lectura y escritura, analizando y re-escribiendo hasta que el libro es finalmente terminado, sin embargo esta tarea no podría haberse llevado a cabo sin el continuo apoyo de colegas y personal cualificado.

Llegado el final de esta tesis, me gustaría agradecer a todas aquellas personas que con sus consejos han colaborado en la redacción del mismo, unas veces aportándome experiencias personales, en otras ocasiones trasladándome su particular punto de vista sobre un tema tratado.

Me gustaría ser especialmente agradecido con dos personas: mi directora y doctora Máxima Juliana López Eguilaz, profesora de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED, ya que sin ella no hubiera podido abordar este reto y en segundo lugar, al Vice President Issac Ramírez De La Piscina, por haberme brindado la oportunidad de haber trabajado en la gestión de contratos, muchos de los conocimientos que allí he adquirido, han sido necesarios y aplicados a este trabajo.

No me olvido de aquellos colegas (amigos) de mi empresa, por los que me he encontrado asesorado en todo momento.

A todos ellos/a, mi especial y cordial saludo,

Enrique Redondo Expósito

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS……..……..*i*

ÍNDICE DE GRÁFICOS, FIGURAS Y TABLAS……..……*iv*

LISTA DE ABREVIATURAS…….……....*vii*

CAPITULO I: LA INDUSTRIA AERONÁUTICA……1

1. INTRODUCCIÓN…….....…….……1

2. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS……..……..3

3. BARRERAS DE ENTRADA. GASTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO…..….4

4. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y ESTRUCTURA DE MERCADO…….....6

4.1. INNOVACIÓN APLICADA A AVIONES DE COMBATE…….……12

5. AVIONES MILITARES, UN BIEN PÚBLICO…….….13

6. INDUSTRIA CON RENDIMIENTOS CRECIENTES……..19

7. COMPORTAMIENTOS COLUSIVOS DE SUS AGENTES……24

8. INICIATIVAS DE FINANCIACIÓN PRIVADA EN DEFENSA…….29

9. ASOCIACIÓN PÚBLICO-PRIVADA (PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP)……..30

CAPITULO II: LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL……...32

1. INTRODUCCIÓN. HIPÓTESIS DE TRABAJO……32

2. EL COSTE DEL CICLO DE VIDA DE UN PROGRAMA……...40

2.1. LAS FASES EN UN PROGRAMA DE ADQUISICIÓN……40

3. EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL……...42

4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE UN PROYECTO……59

CAPITULO III: LOS COSTES DE PRODUCCIÓN Y SU CONTROL……...67

1. MÉTODOS DE CONTROL DE COSTES……...67

2. TEORIA DE LA PRODUCCIÓN OPTIMIZADA…….……70

3. GESTIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES EN LA INDUSTRIA…….…….86

3.1. EL PROCESO DE GESTIÓN DE RIESGOS…….……88

3.2. VALORACIÓN DEL RIESGO……91

3.3. TÉCNICAS DE SIMULACIÓN DE RIESGOS. EL CASO DEL A400M……...93

4. CIERRE DEL PROYECTO…….……94

CAPITULO IV: MODELOS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL……98

1. INTRODUCCIÓN……..98

2. DETERMINACIÓN CLÁSICA DE LOS TIEMPOS DE LAS TAREAS……99

3. LA INCERTIDUMBRE Y LA FIJACIÓN DE TIEMPOS A LAS TAREAS……102

4. PERT versus CADENA CRÍTICA……..…...103

5. TÉCNICAS HEURÍSTICAS DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS……115

6. PERMUTACIONES……..……...117

7. ANÁLISIS Y TRABAJO DE CAMPO……...……119

7.1. ENCUESTA……..……119

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS…….……150

1. CONCLUSIONES GENERALES……..…….150

2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS……..…..152

3. DESARROLLOS FUTUROS……..……159

BIBLIOGRAFÍA……...…….163

APÉNDICE

CURRÍCULUM VITAE

PUBLICACIONES

Fecha Fin	Formación	Observaciones
08/07/2011	XV Congreso internacional de Ingeniería de proyectos	Título de la ponencia "Algunas Propuestas de Mejora en el sector aeroespacial"
Revista	INNOVAR, Journal	Artículo en preparación: "Algunas consideraciones sobre la innovación en el mercado de aviones comerciales"
Índice de impacto		Social Sciences Citation Index

ÍNDICE

F

Figura (1.1) Airbus A-380....8
Figura (1.10) Transall....21
Figura (1.11) A400M....21
Figura (1.12) Tornado....21
Figura (1.13) Rendimientos crecientes....22
Figura (1.14) Sukhoi....26
Figura (1.15) F-15 26
Figura (1.16) Gripen 26
Figura (1.17) F-16 26
Figura (1.18) F-18 27
Figura (1.19) C-130H 27
Figura (1.2) Concorde....8
Figura (1.20) VC10....31
Figura (1.21) Tristar....31
Figura (1.3) Eurofighter 9
Figura (1.4) Gripen 9
Figura (1.5) Rafale 9
Figura (1.6) Euromale 17
Figura (1.7) Talarion....17
Figura (1.8) Neuron....17
Figura (1.9) Economía con un bien público x_1 y un bien privado x_2....18
Figura (2.1) JAS 39 Gripen 35
Figura (2.2) MIG-15 35
Figura (2.3) Eurofighter 36
Figura (2.4) English Electric P-1 37
Figura (4.1) Tiempos y tareas en el PERT ...100
Figura (4.10) F-14 128
Figura (4.11) F-111 128
Figura (4.12) CH-47 133
Figura (4.13) Rah-66 Comanche....133
Figura (4.14) JPATS....134
Figura (4.2) Forma tradicional de estimación de tiempos en los proyectos 100
Figura (4.3) Estimación de tiempos de tareas en un programa tradicional....101
Figura (4.4) Tiempo total del proyecto....102
Figura (4.5) Planificación de un proyecto utilizando el método PERT Camino Crítico 105
Figura (4.6) Gráfico de Gantt, solape de tareas para un mismo recurso....106
Figura (4.7) Planificación de un proyecto Camino Crítico sin solape de tareas para un mismo recurso....111
Figura (4.8) Gráfico de Gantt sin solape de tareas para un mismo recurso....112
Figura (4.9) Planificación de un proyecto utilizando método de la cadena Crítica, reduciéndo tiempos a la mitad y añadiendo un buffer al proyecto.... 113
Figura (5.1) Airbus A-350.... 161
Figura (5.2) Airbus Beluga.... 161

G

Gráfico (2.1) Cálculo del El Valor Económico Agregado.... 60
Gráfico (3.1) Proceso de Gestión de Riesgos88
Gráfico (3.2) El carácter cíclico de la gestión de Riesgos 89
Gráfico (3.3) El Ciclo de Acción 90

T

Tabla (4.25) tratamiento estadístico cuestión n^{o}: 8.... 136
Tabla (2.1) Sistema de Programación de Armamento por Fases.... 42
Tabla (2.10) Coste Presupuestado del Trabajo Realizado año 2008.... 53
Tabla (2.11) Coste Presupuestado del Trabajo Realizado año 2009.... 54
Tabla (2.12) Coste Presupuestado del Trabajo Realizado año 2010.... 55
Tabla (2.13) Coste Real del Trabajo Realizado año 2008.... 56
Tabla (2.14) Coste Real del Trabajo Realizado año 2009 57
Tabla (2.15) Coste Real del trabajo Realizado año 2010 58
Tabla (2.16) Tabla de resultados de variables del proyecto.... 60
Tabla (2.17) Tabla de desviaciones del proyecto.... 61
Tabla (2.18) Planteamiento del problema de Programación Lineal 62
Tabla (2.19) Resolución del problema aplicando Programación Lineal utilizando excel.... 63
Tabla (2.2) Plan de Prescripción Técnica 43
Tabla (2.20) Informe de desviaciones del proyecto.... 64
Tabla (2.21) Informe de costes del proyecto65
Tabla (2.22) Cálculo del Valor Actual Neto del proyecto.... 66
Tabla (2.3) presupuesto desglosado en horas y por centro de coste 44
Tabla (2.4) Coste Presupuestado del Trabajo Planificado año 2008 47
Tabla (2.5) Coste Presupuestado del Trabajo Planificado año 2009 48

Tabla (2.6) Coste del Trabajo Planificado año 2010.....49
Tabla (2.7) Tarifa Presupuestada año 2008..50
Tabla (2.8) Tarifa Presupuestada año 2009..51
Tabla (2.9) Tarifa Presupuestada año 2010.52
Tabla (3.1) Tiempos de fabricación / TPO 77
Tabla (3.10) Costes de la empresa elevada la restricción del recuso "B".....81
Tabla (3.11) Carga real para la fabricación óptima de los dos productos.....81
Tabla (3.12) Rentabilidad P1 versus P2 bajo la restricción del recurso "C".....81
Tabla (3.13) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.10).....82
Tabla (3.14) Costes fijos de la empresa elevada la restricción del recurso "C" 82
Tabla (3.15) carga real para la fabricación óptima de los dos productos.....82
Tabla (3.16) Rentabilidad P1 versus P2 bajo la restricción del recurso "A" 83
Tabla (3.17) Costes fijos elevada la restricción del recurso "C" 83
Tabla (3.18) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.14).....83
Tabla (3.19) Costes fijos elevada la restricción del recuso "A".....84
Tabla (3.2) Informe de costes / TPO.....77
Tabla (3.20) Costes fijos elevada la restricción del recurso "A" y "C" simultáneamente ..84
Tabla (3.21) Costes fijos elevada la restricción "A" y"C" simultáneamente+ amortizaciones 85
Tabla (3.22) Carga necesaria para abastecer la demanda máxima.....86
Tabla (3.23) Valoración del Riesgo 91
Tabla (3.24) Valoración del Riesgo 2 92
Tabla (3.25) A400M Riesgos asociados al avión A400M 97
Tabla (3.3) Rentabilidad P1 versus P2 bajo restricción recurso "D" 77
Tabla (3.4) Informe de Capacidad / TPO 78
Tabla (3.5) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.4).....78
Tabla (3.6) Carga real para la fabricación óptima de los dos productos.....79
Tabla (3.7) Costes si elevamos la restricción del recurso "D" 79
Tabla (3.8) Rentabilidad P1 versus P2 bajo restricción del recurso "B" 80
Tabla (3.9) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.4).....80
Tabla (4.1) tabla de actividades 103
Tabla (4.10) Relación de encuestados, (incluye sólo aquellos que respondieron a la encuesta) 121
Tabla (4.11) Cuestiones nº: 1 a nº: 4..... 122
Tabla (4.11) Cuestiones nº: 10 a nº: 15..... 124
Tabla (4.11) Cuestiones nº: 16 a nº: 17..... 125
Tabla (4.11) Cuestiones nº: 5 a nº: 9..... 123
Tabla (4.12) Preguntas de la encuesta - Contrate de hipótesis..... 126
Tabla (4.13) Respuesta a las cuestiones nº: 1 y nº 2..... 127
Tabla (4.14) Tratamiento estadístico nº: 1 y nº: 2..... 127
Tabla (4.14.1) Tratamiento estadístico nº: 1 y nº: 2..... 127
Tabla (4.15) Respuesta a la cuestión nº: 3 131
Tabla (4.16) Tratamiento estadístico cuestión nº: 3..... 131
Tabla (4.17) Respuesta a la cuestión nº: 6. 132
Tabla (4.18) Tratamiento estadístico cuestión nº: 6..... 132
Tabla (4.19) Informe de costes helicóptero CH-47 133
Tabla (4.2) Determinación clásica tiempo de tareas 104
Tabla (4.20) Informe de costes helicóptero CH-47 134
Tabla (4.21) Informe de costes JPATS..... 134
Tabla (4.22) Respuesta a la cuestión nº: 7 135
Tabla (4.23) Tratamiento estadístico a la cuestión nº: 7 135
Tabla (4.24) Respuesta a la cuestión nº: 8. 136
Tabla (4.26) Respuesta a las cuestiones nº: 9 ; 10 y 11 137
Tabla (4.27) tratamiento estadístico cuestiones nº: 9,10 y12..... 137
Tabla (4.28) Tratamiento estadístico cuestiones nº: 9, 10 y 12 137
Tabla (4.29) Cálculo del Valor Ganado utilizando hitos 141
Tabla (4.3) Actividades que incluyen tiempos y holguras..... 107
Tabla (4.30) Informe de Valor Ganado 143
Tabla (4.31) Respuesta a la cuestión nº: 14144
Tabla (4.32) Tratamiento estadístico cuestión nº. 14..... 144
Tabla (4.33) Respuesta a la cuestión nº: 16146
Tabla (4.34) Tratamiento estadístico cuestión nº: 16..... 146
Tabla (4.35) respuesta a la cuestión nº: 17 147
Tabla (4.36) Tratamiento estadístico cuestión nº: 17..... 147
Tabla (4.4) Actividades que incluye buffer de proyecto y reduciendo tiempo de las mismas..... 109
Tabla (4.5) Determinación clásica tiempo de tareas..... 109

Tabla (4.6) Tabla de tiempos y de holguras. Cadena Crítica.....114
Tabla (4.7) Matriz de asignación de recursos 116
Tabla (4.8) Matriz n°: 2.....116
Tabla (4.9) Matriz de asignación de recursos utilizando permutaciones 118
Tabla (5.1) Beneficios asociados a la reducción del plazo de entrega 153
Tabla (5.2) Matriz de Pagos 154

LISTA DE ABREVIATURAS

ABC:	Activity Based Costing
ACWP:	Actual Cost of Work Performed
BAC:	Budgeted At Completion
BCWP:	Budgeted Cost of Work Performed
BCWS:	Budgeted Cost of Work Scheduled
CPI:	Cost Performance Index
CV:	Cost Variation
DOD:	Department of Defense
EAC:	Estimate To Complete
EGC:	Equilibrio General Competitivo
JSF:	Joint Strike Fighter
OTAN:	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PAPS:	Phased Armaments Programming System
PAY BACK:	Plazo de Recuperación
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PFI:	Public Private Partnership
PMBOK:	Project Management Institute
RGLC:	Reglamento General de la Ley de Contratación
RMS:	Relación Marginal de Sustitución
ROI:	Return on Investment
SAP:	Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung Sistemas, Aplicaciones y Productos en tratamiento de datos
SEPI:	Sociedad Estatal de Participaciones Industriales
SPI:	Scheduled Performance Index
SV:	Schedule Variation
TIR:	Tasa Interna de Rentabilidad
TOC:	Theory of Constraints
TPO:	Teoría de la Producción Optimizada
TQM:	Total Quality Management
TRLCAP:	Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas
UAV:	Unmanned Aerial Vehicles
UCAV:	Unmanned Combat Vehicles
VAN:	Valor Actual Neto

CAPITULO I: LA INDUSTRIA AERONÁUTICA

1. INTRODUCCIÓN

Toda economía tiene que resolver el problema de cómo organizar la producción y distribución de los recursos productivos y los bienes.

La tecnología existente en un momento dado determina por una parte cuáles son los bienes producibles, por otra cuáles son las combinaciones factores-producto sostenibles. Los programas productivos factibles eficientes son sólo aquellos que agotan la capacidad productiva de los recursos, en el sentido de no poder ampliar la producción de unos bienes más que a costa de reducir la de otros.

Se puede decir que la tecnología y la dotación de recursos permiten determinar los planes de producción factibles y eficientes, pero resultan insuficientes para resolver el problema de cuál de ellos debe llevarse a cabo, para ello, será preciso conocer además tanto las reglas de comportamiento de las empresas como la valoración que las mismas realizan de los recursos que emplean y los bienes y servicios que producen.

Nos sustentamos en el estudio del equilibrio general competitivo (EGC), el cual permite llegar a la conclusión de que en un marco institucional caracterizado por la propiedad privada, la consideración de los agentes individuales de los precios como parámetros dados y dada la distribución inicial de la riqueza, en condiciones teóricamente ideales; el sistema de mercado competitivo conduce a una asignación eficiente de los recursos productivos. Este axioma sólo podría mantenerse como mínimo bajo una larga cláusula condicional difícil de defender por las limitaciones que ella misma impone a sus planteamientos y que propusiera: “si se considera que no existen objetivos sociales distintos de los individuales, si se considera que la

participación del agente en el proceso productivo no conforma sus preferencias, si se considera que la eficiencia es el objetivo fundamental de la sociedad...”

Sabemos que el equilibrio general competitivo (EGC) para ser eficiente depende del cumplimiento de una serie de axiomas, que no siempre ocurren, son *fallos de mercado* y suelen deberse a la existencia de indivisibilidades en la economía, tales como: efectos externos, bienes públicos y rendimientos crecientes, por lo que intentaremos describir el mercado de aviones militares desde dos puntos de vista: la industria y el cliente. El análisis debe tener en cuenta que se trata de la provisión de un bien público lo que repercute en la determinación de la producción óptima de los mismos, la inexactitud en la fijación de un precio personalizado de su valoración, la existencia de rendimientos crecientes y la consecuente aparición de mecanismos correctores.

Las características institucionales condicionan el entorno en que se desenvuelven las empresas. La venta de una trancha de aviones militares supone unos beneficios empresariales superiores a los que se obtendrían actuando en competencia perfecta, justificados por la existencia de barreras a la entrada de nuevos competidores. La interdependencia estratégica entre los agentes económicos, la escasa dimensión de su número de sus empresas, los altos niveles de gasto de investigación y desarrollo que serán utilizados como protección ante potenciales entrantes y la asignación no competitiva de este mercado, será desarrollada en este capítulo. Los epígrafes incluyen planteamientos teóricos que serán contrastados con la realidad a través de artículos especializados.

2. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

La industria aeronáutica forma parte de las actividades aeroespaciales que integra las áreas civiles y militares relacionadas con la construcción aeronáutica, los misiles, el espacio y los sistemas terrestres de apoyo a sistemas de a bordo.

El sector aeronáutico incluye el desarrollo, fabricación y mantenimiento de aeronaves (aviones y helicópteros), motores, misiles, aviónica y equipos y sistemas embarcados y de apoyo en tierra.

Las industrias de la construcción aeronáutica que desarrollan y fabrican aeronaves que constituyen la cabecera del sector, son los denominados constructores o integradores y son líderes en los proyectos aeronáuticos, por otra parte las relacionadas con el desarrollo y fabricación de motores y equipos aeronáuticos son proveedores de las de cabecera. Las características que definen a la industria aeronáutica se podrían resumir en los siguientes puntos:

- Industria de síntesis basada en una tecnología de integración.
- Dualidad o aplicabilidad civil y militar.
- Dilatado ciclo de vida de los productos.
- Importante magnitud de recursos financieros necesarios para el desarrollo de proyectos, asociados a los largos periodos de recuperación de las inversiones.
- La globalización del mercado a escala mundial.
- Los altos niveles de seguridad requeridos a sus productos.
- Transfiere tecnología a otros sectores industriales[1].

[1] Se trata de un efecto externo: una variable sobre la que incide un agente concreto constituye un argumento en las funciones objetivo de otros agentes distintos

A modo de ejemplo de procesos de tecnologías surgidas durante la Segunda Guerra Mundial que después han originado importantes desarrollos industriales citaremos los siguientes: el radar, el motor a reacción que dio lugar a los misiles y posteriormente a los vuelos espaciales, la energía nuclear, los robots ideados para el manejo de material radiactivo, el transistor y los circuitos electrónicos o el caucho sintético precedente de los polímeros sintéticos y de la industria del plástico.

Se estima que la etapa previa a la adquisición de conocimientos suele durar entre cinco y diez años, a la que le seguiría un análisis del mercado (en el sector civil), que en el caso de ser positivo abarcaría aproximadamente cinco años. La obtención de un certificado de este tipo sería obligatoria en el caso del desarrollo y fabricación de una aeronave (comprendería alrededor de un año conseguirlo). Este certificado definiría las características geométricas y operativas de la aeronave. La fase de producción y vida operativa depende en especial de la cartera de pedidos, aunque en promedio suele oscilar entre diez y treinta años.

3. BARRERAS DE ENTRADA. GASTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La entada de nuevos competidores en el sector aeroespacial ha permanecido invariable durante los últimos treinta años. Esta industria exige una fuerte inversión en costes fijos que a veces no se ven compensadas por expectativas de crecimiento de la demanda (en particular en el sector de defensa).

Las compañías instaladas se encuentran motivadas a crear costes no recuperables como medida de protección ante potenciales entrantes. La manera de conseguirlo puede ser la adquisición de activos que sólo pueden utilizarse en esta industria (incluidos los intangibles), el exceso de capacidad que les permite aumentar su

producción sin incrementar de forma apreciable sus coste medios, las economías de aprendizaje y los gastos de investigación y desarrollo.

Dado que los mercados financieros son imperfectos, las instituciones financieras suelen ser excesivamente conservadoras en la evaluación de la rentabilidad de este último tipo de gastos, hay que tener en cuenta que se basan en estimaciones de probabilidad de éxito técnico, de desarrollo de los mercados, de costes del proyecto, de beneficios esperados y de la reacción de los competidores. La presencia de incertidumbre obstaculiza la toma de decisiones, ya que, el riesgo económico se multiplica en función del coste oportunidad de inversiones alternativas.

Los esquemas de financiación pública que condicionan la entrega de fondos a la realización de hitos sucesivos en cada proyecto, contribuyen a atenuar este riesgo[2].

El periodo de maduración de una tecnología es mayor cuanto más alta es su complejidad y más relación presenta con la investigación básica: La industria del automóvil invierte en investigación y desarrollo entre el 5% y el 7% de su facturación, por el contrario ocurre que el sector aeronáutico dedica a esta partida entre el 18% y el 20% de las ventas[3].

El periodo de recuperación de la inversión se calcula en torno a diez años para el automóvil y en quince o veinte años para la de un avión, pasando la inversión en investigación y desarrollo de una nueva aeronave los últimos veinte años del 15% al 30% del total. El incremento ha sido exponencial en el tiempo, de tal forma que, desde sus inicios hace un siglo se ha multiplicado por cuatro cada diez años.

---

[2] El primer Plan Nacional de investigación y desarrollo aprobado en 1988, es el instrumento con que cuenta el Ministerio de Ciencia y Tecnología en España, para establecer los objetivos y prioridades de la política de este tipo de gastos
"Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica", *Comisión Inter-ministerial de Ciencia y Tecnología*, 2008-2011: 5

[3] Para dar una idea de lo que pueden suponer las inversiones en I+D, uno de los motivos de la nacionalización de Rolls-Royce fue el desarrollo del turbo-fan de tres ejes

4. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y ESTRUCTURA DE MERCADO

Los productos derivados de la actividad aeronáutica y espacial en otros campos de la actividad económica justifican una atención prioritaria a este sector. Las actividades aeronáuticas y espaciales son de carácter multidisciplinar, requieren el empleo intensivo de tecnologías y emplean una mano de obra muy cualificada, contribuyendo a su vez a mejorar la coordinación del sistema de ciencia y tecnología con la aplicación de métodos modernos de organización y gestión.

Si consideramos que los gastos de investigación y desarrollo europeos en el sector aeroespacial el año 2002 ascendieron a 10.400 millones de euros, observaremos al analizar los datos que el 56% de los fondos financiados por la industria fueron aplicados a la parte civil, representando el 38% la parte financiada por la industria al negocio militar[4].

Plantearemos la siguiente hipótesis de trabajo:

H_0: La proporción óptima de este tipo de gastos respecto a los ingresos, varía directamente con la elasticidad de la demanda respecto a los gastos de investigación y desarrollo, e inversamente con la elasticidad-precio de la demanda.

La mayor concentración de empresas en la industria aumenta la relación de gastos de investigación y desarrollo respecto sus ventas. El flujo de fondos es bidireccional, influyendo la cantidad gastada en el número de compañías que a largo plazo se situarán en este sector.

Una primera aproximación la más simple de todas, consiste en considerar los gastos de investigación y desarrollo asumidos por la empresa como un factor productivo más, utilizando las técnicas de optimización para determinar la cuantía que maximiza

[4] "La reanimación se afianza en Europa", *Planet AeroSpace*, nº: 15, julio a septiembre, 2004: 6

el beneficio. Es un planteamiento que toma como dato la estructura de la industria, tratando de determinar de qué variables dependen los gastos óptimos en de esta partida.

Llamando **β** a estos gastos, supondremos que éstos siempre superan un valor crítico por debajo del cual no pueden dar lugar a innovación alguna y que existe una relación carente de incertidumbre entre **β** y el uso de la innovación, que además, es continua.

Analicemos en primer lugar la innovación de producto. El efecto del gasto asumido por la empresa será la expansión de la demanda, de manera que su función adoptará la forma $x = F(\rho, \beta)$ y los beneficios:

$$\pi(\rho, \beta) = \rho F(\rho, \beta) - C\big(F(\rho, \beta)\big) - \beta \tag{1.1}$$

Las condiciones de primer orden de máximo interior son:

$$\frac{\partial \pi}{\partial \rho} = x + \rho \frac{\partial x}{\partial \rho} - C' \frac{\partial x}{\partial \rho} = 0 \tag{1.2}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial \beta} = \rho \frac{\partial x}{\partial \beta} - C' \frac{\partial x}{\partial \beta} - 1 = 0 \tag{1.3}$$

La primera ecuación representa la condición tradicional de maximización de beneficio, expresable en términos de diferencia relativa entre precio y coste marginal de monopolio.

$$\frac{(\rho - C')}{\rho} = \frac{1}{\epsilon} \tag{1.4}$$

La segunda ecuación quiere decir que este tipo de gastos deberían llevarse hasta el punto en que los ingresos marginales se igualen a sus costes marginales. Sustituyendo términos:

$$\rho \frac{\partial x}{\partial \beta} = \epsilon \qquad (1.5)$$

Lo cual dará lugar a una condición de equilibrio: $\frac{\beta}{\rho x} = \frac{\epsilon_\beta}{\epsilon}$ donde ϵ_β: es la elasticidad de la demanda respecto los gastos de investigación y desarrollo.

El sector aeroespacial cumple a veces la hipótesis planteada: La mitad de este tipo de gastos en EADS fue dirigida al Airbus A380, sus ventas esperadas durante los primeros años de vida se calcula en 175.000 millones de dólares, siendo su precio aproximado de 320 millones de la misma moneda[5]. El plan de producción se está revisando en el 2010, debido a la inestabilidad de la producción y las peticiones de aplazamientos de entregas de los clientes, en cambio, el Concorde a pesar de ser un triunfo tecnológico supuso un enorme fracaso comercial. Francia y Reino Unido empeñaron su prestigio en desarrollar un proyecto cuyo desarrollo costaría hoy en día 3 billones de las antiguas pesetas. Los accidentes de su competidor ruso Tu-144, la crisis del petróleo y la negativa temporal de los Estados Unidos (principal mercado) a que el avión aterrizase en su territorio debido al daño ambiental que produciría su insoportable ruido, redujo el número de pedidos a la escasa cifra de 20 unidades[6].

Figura (1.1) Airbus A-380

Figura (1.2) Concorde

El éxito del programa JSF que desarrollará el avión F-35, radica en gran medida en la reducción de costes por aplicación de economías de escala. El Reino Unido se ha

[5] "Edición especial", *Diario CASA,* nº: 1345, 2005
CASTEL, F, "Entrega a Singapore Airlines. El A380 sale del nido", *Planet AeroSpace*, nº: 1/2008, primer trimestre, 2008:10
[6] "Boeing: Banking on a Big Bird", *Economist:* 1994: 73-74

comprometido como mínimo con 90 aparatos de la versión STVOL mientras que Noruega adquirirá como mucho 50 aviones de la versión convencional, todo ello sumado al pedido de las fuerzas norteamericanas del orden de 3.000 aviones (USAF, US Navy y Marines) permiten obtener unas condiciones económicas sumamente ventajosas sobre las que pueden ofrecer el Eurofighter, el Gripen o el Rafale[7].

Figura (1.3) Eurofighter

Figura (1.4) Gripen

Figura (1.5) Rafale

El grado de concentración en la industria es alto: en el mercado de fabricantes de aeronaves de transporte civil dos empresas se disputan la hegemonía en el mercado mundial: "Desde la retirada de Lockheed Martin en 1986 y la adquisición de Mc. Donnell Douglas por Boeing en 1997, Airbus y Boeing se reparten desde entonces el mercado de los aviones de transporte de pasajeros de más de 100 plazas".

Desde que en 1970 surgía un nuevo fabricante de aviones, Airbus Industrie, el mercado no ha parado de cambiar. Boeing seguido de Mc. Donnell Douglas dominaban el mercado aeroespacial, seguido a gran distancia y en orden alfabético por: Aeroespatiale, BAC, Convair, Hawker Siddeley y Lockheed.

Hoy en día Aeroespatiale no existe tras su fusión con DASA y CASA para formar EADS, BAC y Hawker Siddeley terminaron fusionadas con el resto de fabricantes británicos para fundar BAE Systems, Convair, filial de General Dinamics cerró tras el desastre de los Convair 880/990: 102 aviones fabricados y unas pérdidas de 425 millones de dólares. Lockheed por su parte compró la división de aviones militares

[7] SÁENZ, J. M, "Pugna en el mercado de aviones de combate USA contra Europa", *AVION REVUE*, nº: 247, enero, 2003: 32-33

de General Dynamics y después se fusionó con Martin Marietta, no sin antes abandonar la aviación comercial con el cierre de la cadena de producción del L-1011 en mil novecientos ochenta y tres[8].

El tratamiento de una innovación de proceso es algo distinto, ya que la misma repercute en una reducción de los costes de producción sin alterar el producto final.

El beneficio podrá expresarse ahora para una empresa i como:

$$\pi^i\left(x^i,\beta^i\right) = x^i f(x) - C^i\left(x^i,\beta^i\right) - \beta^i \tag{1.6}$$

X es el output total de la industria, $\rho = f(x)$ la función inversa de demanda y

$$C_1^i > 0,\ C_2^i < 0 \tag{1.7}$$

Las condiciones de máximo de primer orden interior:

$$\frac{\partial \pi^i}{\partial x^i} = \rho + x^i f'(x) - C_1^{'} = 0 \tag{1.8}$$

$$\frac{\partial \pi^i}{\partial \beta^i} = -C_1^{'} - 1 = 0 \tag{1.9}$$

Suponiendo variaciones conjeturales nulas, en el caso de que la industria esté formada por N empresas iguales:

$$\frac{(\rho - C_1^{'})}{\rho} = \frac{1}{N\epsilon} \tag{1.10}$$

Trasladando este tipo de gastos hasta el punto en que los ingresos marginales se igualen a la reducción de costes que generan:

$$-\frac{\partial C^i}{\partial \beta^i} \tag{1.11}$$

Consideremos ahora que existe libertad total de entrada en la industria por lo que en el equilibrio final los beneficios de todas las empresas se anularán, lo que implica:

---

[8] CALVO, L, "Aviación Comercial guerra abierta: Airbus frente a Boeing", *AVION REVUE*, nº: 232, octubre, 2001: 42

$(\rho - C_I^i)x^i = \beta^i$ El posible beneficio se emplea en gasto de I+D (i = 1…N)

Bajo el supuesto de todas las empresas iguales significa:

$$\frac{N\beta^i}{\rho x} = \frac{1}{N\epsilon} \tag{1.12}$$

Lo que demuestra que la proporción óptima de gastos de investigación y desarrollo respecto a las ventas varía inversamente con el número de empresas y que cuanto más concentrada se encuentre la industria menor será dicha proporción.

Suponiendo que el coste medio de producción está relacionado con el valor de los gastos de investigación y desarrollo y que $CM'(\beta^i) < 0$. El beneficio de la empresa individual será ahora:

$$\pi^i(x^i, \beta i) = \left(\rho\,(x) - CM(\beta^i)\right)x^i - \beta^i \tag{1.13}$$

Las condiciones de maximización serán ahora:

$$\rho\left(1 - \frac{s^i}{\epsilon}\right) - CM(\beta^i) = 0 \tag{1.14}$$

$$-x^i CM'(\beta^i) - 1 = 0 \tag{1.15}$$

Siendo $s^i = \frac{x^i}{x}$ la participación en el mercado de la empresa i-ésima. Llamando ϵ_{cm} a la elasticidad del coste medio respecto a los gastos en investigación y desarrollo (con signo negativo para que resulte positiva), las condiciones anteriores conducen a:

$$\frac{\beta^i}{\rho x^i} = \epsilon_{cm}\left(1 - \frac{s^i}{\epsilon}\right) \tag{1.16}$$

Expresión compatible con que el esfuerzo innovador sea mayor en industrias muy concentradas pero que sean las empresas comparativamente pequeñas las que carguen con la mayor parte del proceso.

El Lean que es un tipo de innovación de proceso basado en la simplificación de tareas y la supresión de aquellas que no aportan valor, se está aplicando a diferentes velocidades en EADS (compañía integrada por alemanes, franceses y españoles) dependiendo del tipo de negocio y países, aunque los mejores resultados hasta ahora se han producido en España[9].

El centro de excelencia de fibra de carbono se consolidada en España a través de CASA (Construcciones Aeronáuticas), la cual debe defender las ventajas adquiridas sobre todo frente a sus socios alemanes los cuales intentan el desarrollo de esta tecnología de fabricación[10].

CASA por ejemplo, se encontró forzada por la competencia internacional al establecimiento de un plan de innovación tecnológica en 1986. La actividad necesaria para ser competitiva sobrepasaba su capacidad, necesitando el apoyo de la administración para asegurar sus objetivos[11].

4.1. INNOVACIÓN APLICADA A AVIONES DE COMBATE

Los fabricantes determinan en función del objetivo a cumplir, qué condiciones deben tener para que resulten superiores a los posibles competidores. El diseño y fabricación responde a una necesidad que el futuro operador plantea en un momento determinado.

Si el objetivo está claramente identificado (ataque a blancos terrestres y/o defensa aérea ante posibles ofensivas aéreas enemigas, por ejemplo) los requisitos a cumplir serán gran capacidad de transporte de bombas y/o gran velocidad para interceptar

[9] "Lean news4", *Revista de comunicación interna DS España*, enero, 2010
[10] "La otra cara de la moneda", *EL PAÍS NEGOCIOS*, 10 ABRIL, 2005: 6
[11] "Germen de nuevos empleos. Innovación y desarrollo tecnológico", *Noticias CASA*, nº: 10, mayo-junio, 1986:10

aviones enemigos, sin embargo llegó un momento en el que los objetivos comenzaron a no estar claros. Los aviones que atacaban blancos terrestres pronto encontraron otros que defendían esos blancos y los aviones que atacaban llevaban su propia escolta o eran capaces de defenderse ellos mismos. El combate entre distintos aviones se hacía inevitable y ello unido al factor coste, provocó la aparición del que puede ser empleado para ataque y defensa.

La capacidad de carga y de ataque son los dos factores utilizados hoy en día para medir la eficiencia, a los que debemos sumar el coste de diseño, fabricación operatividad y mantenimiento[12]. La combinación de armamento, radar y aviónica con la tecnología adecuada, se considera lo más importante a la hora de garantizar el éxito de una misión, además de la relación empuje-peso, tiempo de subida, régimen de ascenso, tiempo de aceleración, radio de giro y factor de carga sostenida, e instantánea[13].

5. AVIONES MILITARES, UN BIEN PÚBLICO

Un avión militar reúne los principios requeridos para que un bien sea considerado público puro: nadie puede ser excluido de sus beneficios (la defensa nacional), y todos los agentes de la economía consumen la misma proporción.

Algunos problemas de eficiencia surgen en la oferta y demanda de este tipo de bienes:

- La generación de efectos externos.
- Los agentes no emiten señales individuales de mercado.
- Existencia de costes decrecientes.

[12] CALVO, L, "El arma más poderosa: programa JSF", *AVION REVUE*, nº: 170, agosto, 1996: 13
[13] CUADRADO, E, "El mejor caza del mundo es…", *AVION REVUE*, nº: 245, noviembre, 2002: 28-34

Analicemos teóricamente y comprobemos con la realidad, si la asignación competitiva es aplicable a nuestro mercado.

Supongamos una economía con dos bienes: x_1 bien público y x_2 bien privado, siendo H el número de consumidores. La tecnología vendrá representada por una función de transformación F $(x_1; x_2) = 0$

La solución al problema presentado a continuación, determinará una asignación óptima.

Maximizar: $U^1(x_1; x_2^1)$ (1.17)

Sujeta a la restricción $U^h(x_1; x_2^h) = \overline{\mu}^h$ (h = 2... H) (1.18)

$F(x_1; \sum_h x_2^h) = 0$ (1.19)

Ya que por ser x_1 un bien público $x_1^h = x_1$ (h = 1... H) y por ser x_2 privado:

$$x_2 = \sum_h x_2^h \quad (1.20)$$

La función auxiliar de Lagrange sería:

$$L(x_1 \dots x_2^H, \lambda_1 \dots \lambda_H) = U^1(x_1, x_2^1) - \sum_{h=2}^{H} \lambda_h \left(\overline{\mu}^h - U^h(x_1, x_2^h)\right) - \lambda_1 F(x_1, \sum_h x_2^h) \quad (1.21)$$

Sus condiciones de primer orden de máximo interior son:

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = \frac{\partial U^1}{\partial x_1} + \sum_{h=2}^{H} \lambda_h \frac{\partial U^h}{\partial x_1} - \lambda_1 \frac{\partial F}{\partial x_1} = 0 \quad (1.22)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2^1} = \frac{\partial U^1}{\partial x_2^1} - \lambda_1 \frac{\partial F}{\partial x_2} = 0 \tag{1.23}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2^h} = \lambda_h \frac{\partial U^h}{\partial x_2^h} - \lambda_1 \frac{\partial F}{\partial x_2} = 0 \qquad \text{(h= 2…H)} \tag{1.24}$$

Despejando λ_h en la anterior expresión, obtenemos:

$$\frac{1}{\lambda_1}\frac{\partial U^1}{\partial x_1} + \frac{\partial F}{\partial x_2}\sum_{h=2}^{H} \frac{{\partial U^h}/{\partial x_1}}{{\partial U^h}/{\partial x_2^h}} = \frac{\partial F}{\partial x_1} \tag{1.25}$$

Reordenando términos:

$$\sum_h \frac{{\partial U^h}/{\partial x_1}}{{\partial U^h}/{\partial x_2^h}} = \frac{{\partial F}/{\partial x_1}}{{\partial F}/{\partial x_2}} \tag{1.26}$$

Que es la condición de eficiencia paretiana para el caso de bienes públicos: la suma de las relaciones marginales de sustitución entre bien privado y público para todos los consumidores debe ser igual a la relación marginal de transformación entre ambos bienes. En equilibrio competitivo se verifica que:

$$\frac{{\partial U^h}/{\partial x_1}}{{\partial U^h}/{\partial x_2^h}} = \frac{{\partial F}/{\partial x_1}}{{\partial F}/{\partial x_2^h}} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \qquad \text{(h = 1... H)} \tag{1.27}$$

$$\left(\frac{{\partial U^h}/{\partial x_1}}{{\partial U^h}/{\partial x_2^h}}\right) E_C > \left(\frac{{\partial U^h}/{\partial x_1}}{{\partial U^h}/{\partial x_2^h}}\right) O_P \tag{1.28}$$

Lo que significa que la asignación competitiva podría mejorarse desde el punto de vista de los consumidores si disminuyera la RMS entre bien privado y público, que al ser decreciente por la cuasi-concavidad de las funciones de utilidad implica una sustitución del consumo del bien privado por el público.

La no emisión de señales individuales genera que la solución competitiva no sea un óptimo. El mercado no manifiesta el precio que cada consumidor estaría dispuesto a pagar por la oferta del bien público.

Las soluciones al desequilibrio señalado (no tienen por qué ser excluyentes entre sí) son tres: el gobierno intercambia información con los agentes individuales, fija la carga fiscal y determina la cantidad óptima del bien público. El inconveniente es que con esta forma de proceder se crea incentivos a los agentes individuales a falsear la información. La segunda alternativa, la subvención a la producción de dichos bienes (se obtendría gravando a empresas con costes crecientes o de otras fuentes fiscales) y por último, la producción del bien por parte de empresas públicas[14].

La realidad demuestra que en el mercado de aviones militares se producen todos los casos posibles:

La NASA fue presionada por la administración Bush en su exceso de gasto provocando la reducción de sus presupuestos y la cancelación de programas no prioritarios. El X38 fue uno de los que estuvieron en peligro[15].

El contribuyente norteamericano le ha concedido mayor importancia que sus aliados europeos –diferente carga fiscal-, a los aviones no tripulados (UAV), como lo

[14] SEGURA, J. (1994). *Análisis microeconómico*. Madrid, Alianza Universidad Textos: 313
[15] PONS, J, "X-380 el prototipo de la discordia", *AVION REVUE*, nº 235, enero, 2002: 72

demuestra la partida de mil millones de dólares del presupuesto militar del año dos mil cuatro[16].

Figura (1.6) Euromale

Figura (1.7) Talarion

Figura (1.8) Neuron

Sindicatos y políticos de los cuatro países integrantes del programa Eurofighter, se intercambiaron información para explicar las consecuencias que tendría para el desarrollo tecnológico e industrial de Europa la cancelación del mismo. Los estudios calcularon los retornos que les reportaría el proyecto, basándose en la carga fiscal y en las exportaciones previstas[17].

La clave en determinar la participación del Estado en el capital social de una empresa es saber si existe una finalidad estratégica detrás de esta decisión[18]. España por ejemplo tratará de aumentar su participación pública en EADS. La SEPI mantiene poco más del 5% a través de la empresa Construcciones Aeronáuticas (CASA) en el grupo aeronáutico: "no es admisible ni siquiera como hipótesis que el futuro de España en EADS sea la de un simple taller[19]".

[16] " Tendencias en el desarrollo de UAV", *M fórum***,** diciembre, 2005, enero, 2006: 14-15
[17] ROMAN J. et al, (1998). *CASA Los primeros 75 años*. Madrid, Lunwerg Editores: 372
[18] "La presencia del estado debe ser estratégica", *EL PAÍS NEGOCIOS*, 10 ABRIL, 2005: 7
[19] "La otra cara de la moneda", *EL PAIS NEGOCIOS*, 10 ABRIL, 2005: 6

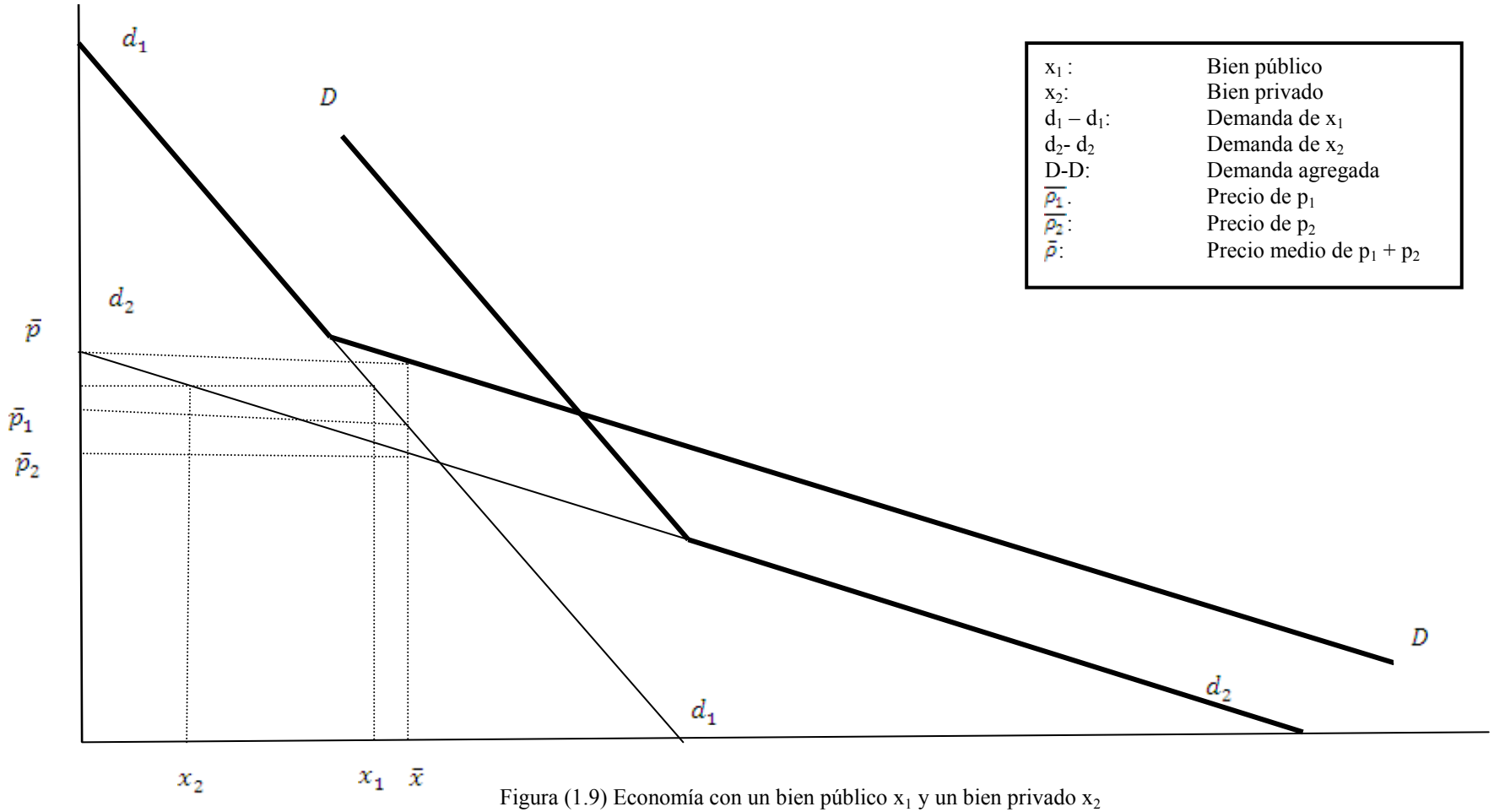

Figura (1.9) Economía con un bien público x_1 y un bien privado x_2

6. INDUSTRIA CON RENDIMIENTOS CRECIENTES

Los principios de gasto de defensa en España se recogen en la Directiva de Defensa Nacional regulada por la O.M. 37/2005 del 30 de marzo y adaptada a la OTAN. El proceso se inicia cada cuatro años siendo el máximo responsable de la planificación financiera y material, el secretario de Defensa[20].

La cantidad de fondos públicos disponibles en nuestro mercado determina su volumen de ventas. El apalancamiento operativo de la industria de aviones militares es muy alto[21]. Los costes medios son decrecientes disminuyendo a medida que es bien es utilizado.

El principio de igualación del precio al coste marginal con rendimientos crecientes produce pérdidas como demuestra la figura (1.9), por lo tanto habrá que encontrar procedimientos para financiar el déficit en el que se incurre.

H: El precio de mercado de un avión militar es superior a su coste marginal, dado que es un bien cuya elasticidad precio-demanda es muy baja.

$\underset{P}{\text{Máx}}\ V(\mathbf{p}.y)$ ⟹ Función indirecta de utilidad

s.a: $\sum_{i=1}^{s} p_{ix_i}(p_i, y) - C\big(x(p,y)\big) = 0$ (1.29)

Efectos cruzados entre los bienes $\left(\partial x_i / \partial p_j = 0\right)(i \neq j)$. (1.30)

La función de lagrange será:

$$L(\rho, \lambda) = V(\rho, y) - \lambda\left(\sum_{i=1}^{s} \rho_i x_i(\rho i, y) - C\big(x(\rho, y)\big)\right) \quad (1.31)$$

[20] Ministerio de Defensa. www.mde.es/politica/seguridad-defensa/objetivos

[21] El efecto positivo de un incremento de las ventas en el beneficio operativo será nulo a partir de cierto punto, puesto que las ventas no podrán ser incrementadas en el mercado nacional al encontrarse estas limitadas

Las condiciones de máximo interior son:

$$\frac{\partial L(\rho,\lambda)}{\partial \rho j} = \frac{\partial V}{\partial \rho_j} - \lambda\left(x_j + \rho j \frac{\partial x_j}{\partial \rho_j} - \frac{\partial C}{\partial x_j}\frac{\partial x_j}{\partial \rho_j}\right) = 0 \qquad (1.32)$$

La restricción se puede expresar como:

$$-x_j = \frac{\lambda}{\partial V / \partial y}\left(x_j + \frac{\partial x_j}{\partial \rho_j} - (\rho - C')\right) \qquad (1.33)$$

Donde llamando δ a la expresión $\frac{\lambda}{\frac{\partial V}{\partial y}}$ y multiplicando ambos términos por $\frac{\rho_j}{x_j}$ se obtiene:

$$\frac{1+\delta}{\delta} \quad \frac{1}{\varepsilon_j} = \frac{\left(\rho_j - C'_j\right)}{\rho_j} \qquad (j = 1 \ldots s) \qquad (1.34)$$

ϵ_j: elasticidad-precio de la demanda de x

Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo principalmente a un criterio de preferencia nacional.

La elasticidad-precio demanda es baja. Resúmenes de prensa también lo confirma:

EADS requiere de España, Francia y Alemania, el compromiso que comprarán las unidades previstas de uno de los proyectos claves; el avión no tripulado Talarion, seis sistemas completos Francia y Alemania y tres España, es decir, cuarenta y cinco aviones (cada sistema incluye tres aviones). La compañía ha amenazado con parar el proyecto si los países no lanzan la fase de diseño y desarrollo antes del verano del año 2010, suponiendo un desembolso total del 1.500 millones de euros[22].

[22] NORIEGA, J. L, "EADS amenaza con parar el proyecto de avión no tripulado, clave para España", *Cinco Días*, 20 enero, 2010
Diario en red Airbus Military, 20 enero, 2010

Cabe mencionar que el presidente Lula se decidió entre presiones por los cazas franceses. El Rafale encaja en el proyecto de defensa diseñado por su ministro. El paquete comercial comenzará con 36 unidades que serán fabricadas en Brasil, más un proceso de transferencia de tecnología y de producción industrial, para extenderse luego a 120 unidades. Francia aceptó además, una reserva de mercado para Brasil en América del Sur y la *soberanía irrestricta*[23].

Los ministros europeos de defensa aceptaron pedidos de más de 200 aviones Airbus A400M. El precio por unidad será de 80 millones de euros[24]. Los países socios ya saben que al presupuesto inicial fijado en 20.000 millones de euros habrá que sumarle otros 11.000 millones de coste, por lo que el precio de los 184 aparatos del pedido inicial se situaría aproximadamente en 145 millones por unidad[25].

El Transall C-160 procedía de unas especificaciones comunes acordes con las necesidades del ejército del aire francés y de la Luftwaffe. El nuevo avión debía ser el sucesor del Noratlas[26].

El número de unidades contratadas por cada país fue determinante para el reparto de trabajo y de los costes del programa Tornado[27].

Figura (1.10) Transall

Figura (1.11) A400M

Figura (1.12) Tornado

[23] GOSMAN, E, "Entre presiones y lobbys, Lula se decidió por los cazas franceses", *Clarín*, enero, 2010 *Diario Airbus Military,* 11 enero, 2010

[24] "El reino del A400M", *AVION REVUE*, nº: 209, julio, 2001:21-22

[25] GAVIRA, M. A, "EADS espera cerrar ya la financiación y exportar el avión A400M a seis países", *El economista*, 11 enero, 2010
Diario Airbus Military, nº: 2425, 11 enero, 2010

[26] FRISON, G, "Transall C-160… El principio de la verdadera cooperación franco-alemana", *Planet AeroSpace,* nº: 2, enero a marzo, 2001: 60

[27] MÜHLBAUER, W, "Con el Tornado el viento cambió a favor de la defensa europea", *Planet AeroSpace*, nº:17, octubre a diciembre, 2004:70-72

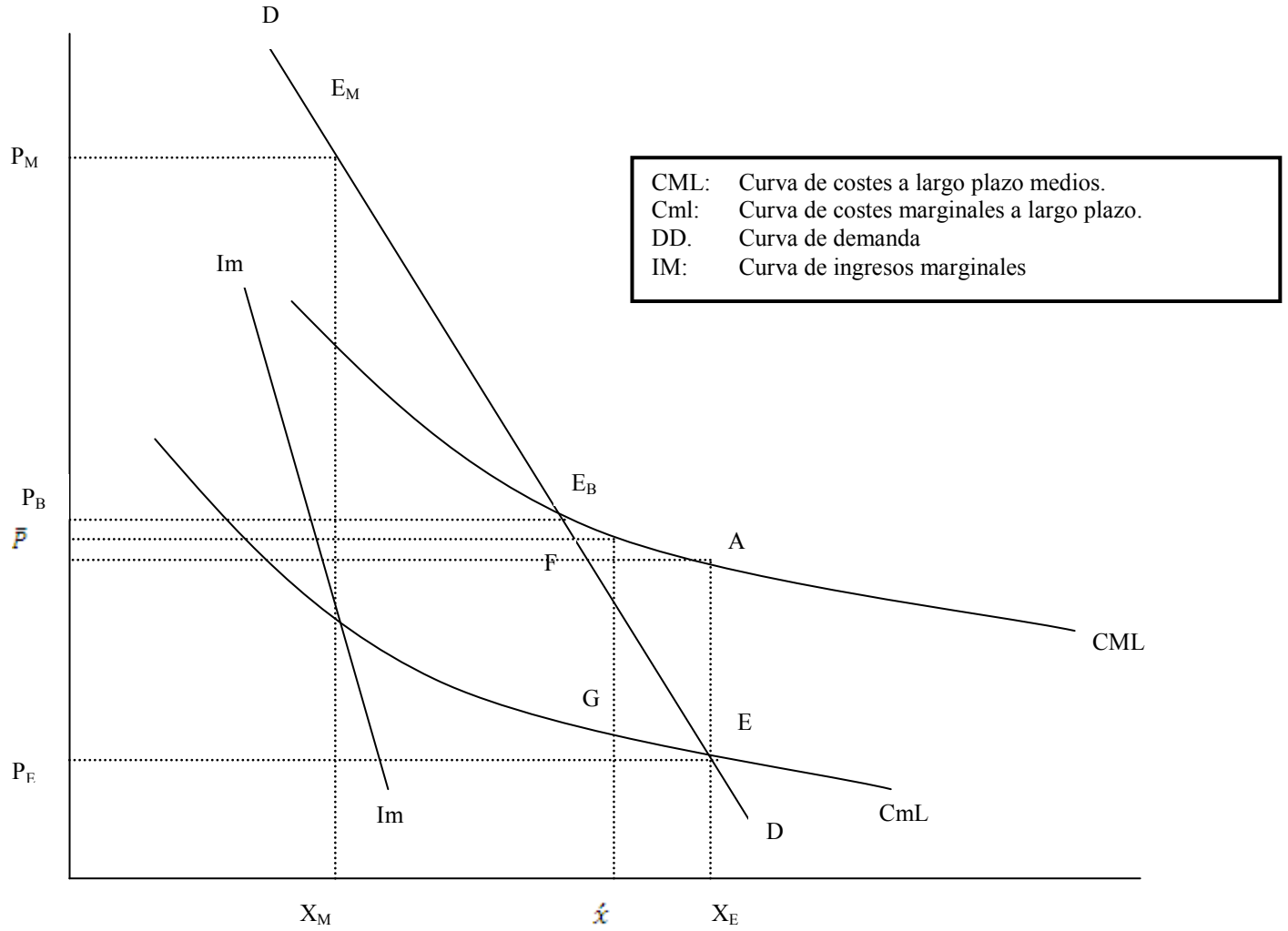

Figura (1.13) Rendimientos crecientes

Recordaremos que la elasticidad-precio o el cociente entre la proporción en que se modifica la demanda y la proporción de variación del precio responde a la expresión:

$$\varepsilon = -\frac{\frac{\Delta q}{q}}{\frac{\Delta p}{p}} \tag{1.35}$$

Donde q es la cantidad demandada y p el precio, además dado que precios y cantidades en la mayor parte de los bienes varían de forma inversa, el resultado del cociente es negativo, resultando preciso afectarle del signo menos para obtener valores absolutos.

Lo aplicamos a un ejemplo en el que el precio es p_1 y se incrementa hasta p_2, La demanda se reduce desde q_1 hasta q_2, calculándose la elasticidad de la siguiente forma:

$$\Delta p = p_2 - p_1 \tag{1.36}$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 \tag{1.37}$$

$$p = \frac{p_2 + p_1}{2} \tag{1.38}$$

$$q = \frac{q_2 + q_1}{2}; \tag{1.39}$$

Con lo cual:

$$\varepsilon = - \frac{p_2 + p_1}{q_2 + q_1} * \frac{q_2 + q_1}{p_2 + p_1} \tag{1.40}$$

Cuando se conoce la ecuación de la curva de demanda (q= f(p)), sustituyendo variaciones finitas por diferenciales, resulta:

$$\varepsilon = - \frac{\frac{dp}{q}}{\frac{dp}{p}} = - \frac{dq}{dp} * \frac{p}{q} \tag{1.41}$$

La elasticidad se expresará entonces como la derivada de la función multiplicada por el cociente entre el precio y la cantidad correspondiente al punto que se trate, todo ello cambiado de signo.

En las zonas de la curva en que la elasticidad sea superior a la unidad la demanda será elástica, –reduciendo el precio se produciría un incremento en la cantidad demandada en proporción superior que el descenso del primero, por lo que los ingresos se incrementarían, si por el contrario la demanda fuera inelástica $\varepsilon < 1$ una reducción del precio originaría un aumento de la demanda de menor proporción, con lo que los ingresos se reducirían. La elasticidad normal $\varepsilon = 1$ es aquella para la cual las modificaciones de precios producen iguales modificaciones proporcionales en la variable demanda.

7. COMPORTAMIENTOS COLUSIVOS DE SUS AGENTES

H: Los fabricantes de aviones militares compiten en un entorno de oligopolio, son pocos, interdependientes en sus estrategias y actúan paramétricamente respecto a los precios, maximizando el beneficio sujeto a la restricción que el resto mantendrá el suyo invariable (modelo de Malinvaud).

Matemáticamente, el problema consiste para el segundo agente en resolver:

$$\left.\begin{array}{l} \text{Maximizar: } \underset{x^2}{} \pi^2(x^1,x^2) = x^2F(x^1,x^2) - C^2(x^2) \\ \\ \text{s.a. } x^1F(x^1+x^2) - C^1(x^1) = \overline{\pi^1} \end{array}\right\} \quad (1.42) \quad (1.43)$$

La función auxiliar de Lagrange para el caso de demanda lineal y costes marginales constantes e iguales para los dos agentes:

$$L(x^1, x^2, \lambda) = x^2((a - b(x^1 + x^2)) - c_0 - cx^2 + +\lambda\left(x^1(a - b(x^1+x^2))-c_0 - cx^1 - \overline{\pi^1}\right) \quad (1.44)$$

Las condiciones de primer orden de máximo interior conducen eliminando el multiplicador, a:

$$\frac{(-bx^2+\rho-c)}{bx^2} = \frac{bx^1}{(-bx^1+\rho-c)} \quad (1.45)$$

Y su simplificación a:

$$(\rho - c)b(x^1 + x^2) = (\rho - c)^2 \quad (1.46)$$

$$x_m^1 + x_m^2 = \frac{(a-c)}{2b} \quad (1.47)$$

Lo comprobamos desde el punto de vista de la oferta, con ejemplos de coaliciones y repartos de cuota:

La creación de EADS (European Aeronautics Defence & Space) en 1999, la convirtió en el cuarto lugar del ranking mundial detrás de Lockheed Martin, Boeing y British Aeorspace. La decisión fue fruto de las negociaciones entre los gobiernos alemán, francés y español. La particular composición de su capital social (alemanes y franceses lo comparten al 50%), hace pensar en la actuación conjunta. El Estado español también podrá vetar aquellos aspectos relativos a proyectos estratégicos que afecten negativamente a CASA. Dassault Aviation (integrante del grupo EADS y participada por Aeroespatiale Matra en un 45,76%), a su vez ha formado con British Aerospace una empresa mixta denominada European Aerosystems para llevar a cabo desarrollos de futuros aviones de combate[28].

[28] SÁENZ, J. M, "Al fin una sola industria", *AVION REVUE*, nº: 214, abril, 2000: 69-70
Aunque el Eurofighter y el Rafale pueden parecer competidores, lo cierto es que cada uno tiene su nicho de mercado

La fusión de Martin Marietta y Lockheed en Estados Unidos, ha convertido a ésta última en la más importante empresa de aviones militares en el mundo.

Los fabricantes rusos ofrecen una escasa garantía: falta de compensaciones industriales y económicas más un elevado precio hacen complicado abrir nuevos nichos de mercado[29].

Figura (1.14) Sukhoi

Figura (1.15) F-15

El sukhoi Su-27 llega a superar en algunos aspectos al F-15 Eagle de Mc Donnell Douglas.

"El tiempo, su peor enemigo"
AVION REVUE, nº: 230, agosto, 2001

Los tres socios principales del X-35 se han repartido los trabajos:

- BAE Systems, fabricará el fuselaje trasero
- Northrop Grumman, fabricará el fuselaje central y cajón alar
- Lockheed, fabricará el fuselaje delantero, cabina del piloto y realizará además el ensamblaje.
- Boeing trata de mantener una segunda línea de montaje o que uno de los socios le traspase la responsabilidad (diseño y fabricación) de alguna sección estructural.

Figura (1.16) Gripen

Figura (1.17) F-16

Hungría terminó su evaluación para re-equipar sus aviones. El modelo seleccionado ha sido el JAS-39 Gripen, comenzando ahora las negociaciones para determinar precios y periodos de entrega, Saab y BAE Systems, partícipes al 50% en la venta y apoyo al Gripen, han anunciado que la industria húngara recibirá compensaciones equivalentes al 100% del contrato.

"Hungría selecciona el Gripen",
AVION REVUE, nº: 232, octubre, 2001: 10

[29] SÁENZ, J. M, "Sukhoi Su-35 El tiempo su peor enemigo", *AVION REVUE* nº: 230, agosto, 2001: 29

Figura (1.18) F-18

El F-16A fue candidato por el Ejército del Aire español en el programa FACA, el motivo principal de inclinar la balanza a favor del F-18 fue su concepción de dos motores y factores de carácter político, industrial y económico.

"España contempló la adquisición del F-16",
AVION REVUE, nº: 229, julio, 2001: 34

Figura (1.19) C-130H

El Estado Mayor del Aire decidió acometer un programa de modernización de la flota de los C-130H Hércules. Las empresas que han presentado oferta son CASA en asociación con Lockheed e Iberia asociada con Israel Aircraft Industries.

"Modernización de los Mirage F-1 y C-130 Hercules"
AVION REVUE, nº: 158, agosto, 1995:19

Más casos: El consorcio Eurofighter realizó una oferta de contrapartidas industriales al gobierno holandés por valor de 7.000 millones de euros, por la cual la industria holandesa podría participar en la producción inicial y sistemas de armamento de este avión, así como su integración en otros programas civiles y militares de EADS y BAE Systems[30].

Los fabricantes del Eurofighter ofrecen compensaciones y beneficios industriales imposibles de ser igualados por Boeing y Lockheed Martin dada la legislación norteamericana para las exportaciones y la cooperación industrial con terceros países, algo que se ha tratado de corregir con el JSF, si bien queda por ver la aplicación del principio "Best-value partnership" y empresas como Alenia o Konsberg, por ejemplo, alcanzan una participación o carga de trabajo tan importante como las norteamericanas.

En el proyecto del avión JSF el Departamento de Defensa norteamericano ha decidido que sea el motor Pratt & Whitney F119 el que equipe al avión ganador, si bien se ha dejado una puerta abierta a un posible uso de motores General Electric.

[30] "Oferta de Eurofighter a Holanda", *AVION REVUE*, nº: 234, diciembre, 2001: 11

Pratt & Whitney ha llegado a un acuerdo con Rolls-Royce para el desarrollo de la versión para el modelo de aterrizaje vertical. Allison Co. Empresa subsidiaria de Rolls – Royce, participa en el desarrollo de sistemas de sustentación[31].

Alemania amenazó a sus socios europeos con una rebaja de sus pedidos del avión Airbus A400M. Las repercusiones económicas industriales indican que serán proporcionales a la participación de cada país en el programa[32].

El proyecto de avión no tripulado (UAV) Talarion, es un proyecto clave para España, de la viabilidad del mismo depende buena parte que EADS instale su centro de excelencia de aviones no tripulados así como, un centro de pruebas y entrenamiento para este tipo de aviones. EADS estima que el Talarion crearía 3.000 nuevos puestos de trabajo en España, donde también se levantaría la línea de ensamblaje final de la aeronave liderando nuestro país el sistema de comunicaciones y el sistema terrestre[33].

A finales de los años sesenta los costes de los grandes programas de la aviación militar superaban con mucho la capacidad económica de cada país europeo. El programa Tornado requirió la creación de empresas y grupos internacionales. Las empresas MBB, BAC y AIT fundaron Panavia Aircraft GmbH, como gestora del programa.

---

[31] "El arma más poderosa", *AVION REVUE*, nº: 170, agosto, 1996: 17

[32] SÁENZ, J. M, " Más problemas para el súper transporte europeo", *AVION REVUE*, nº: 235, enero, 2002: 34

[33] NORIEGA, L, "EADS amenaza con parar el proyecto de avión no tripulado, clave para España", *Cinco Días*, 20 enero, 2010
Diario Airbus Military, nº: 2432, 20 enero, 2010

8. INICIATIVAS DE FINANCIACIÓN PRIVADA EN DEFENSA

Tradicionalmente la colaboración entre los sectores públicos y privados para la provisión de servicios ha presentado una gran complejidad, sin embargo en el Reino Unido su Ministerio de Defensa ha multiplicado las iniciativas en ese sentido desde mediados de los años noventa.

La idea que trasciende es que el sector público recurra al privado para la provisión de servicios más allá de la compra de equipos o la subcontratación de servicios básicos, siendo el objetivo buscado la contención de costes, la aceleración en los plazos de entrega, así como respeto por los compromisos económicos a través de la optimización económica y la transferencia del riesgo.

El Ministerio de Defensa del Reino Unido ha puesto en marcha sesenta y seis proyectos bajo esta fórmula por un montante aproximado de 12.000 millones de libras. La idea subyacente es acudir a empresas privadas para obtener una serie de servicios extendidos en el tiempo que requieren la inversión en infraestructuras por parte de la empresa. La suministradora del servicio suele constituirse *ad hoc* por la unión de intereses de distintas sociedades, que se unen para explotar sus ventajas trasladándole los riesgos al contratista. El papel de la banca se hace fundamental para obtener la financiación necesaria para que la empresa acometa las inversiones con las que ofrecer el servicio al que se ha comprometido. La fórmula está resultando exitosa y cada vez son más los contratos que se firman bajo este modelo. La supervisión financiera de la ejecución las realiza el Tesoro y cada diez años se revisan los contratos colaborando en ello el Tribunal de Cuentas.

9. ASOCIACIÓN PÚBLICO-PRIVADA (PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP)

Las siguientes modalidades serán citadas, siguiendo la terminología británica que es la más extendida por toda la Unión Europea:

- PFI (Private Finance Initiative)

El sector privado realiza la inversión, gestión y operación de activos de capital necesarios para proporcionar un servicio específico. El contratista tendrá que recurrir al mercado para encontrar financiación

- Build Own Operate Transfer

El empresario presta un servicio o entrega de un bien. La financiación de la actividad es asumida en principio por el empresario que comienza a recibir el precio una vez acabadas sus obligaciones contractuales, no obstante, la Administración puede decidir financiar la obra, el bien o servicio directamente con cargo a presupuestos de inversiones o establecer algún mecanismo financiador asociado al uso del bien, su producto o rentabilidad y que puede vincularse a ciertos elementos de medida como por ejemplo la hora de vuelo.

- Design & Build Own

La propia empresa financiadora participa en el proceso de definición del contrato, ya sea identificando la necesidad y/o estableciendo los criterios de financiación.

- Build Lease Transfer

La empresa cumple el objeto del contrato y después la alquila bajo un régimen de arrendamiento financiero a la Administración.

Las negociaciones entre el Ministerio de Defensa Norteamericano y la compañía Boeing para el leasing de 100 aviones Boeing 707 con capacidad de reabastecimiento en vuelo es un ejemplo de esta alternativa.

- Design Built Finance Operate

La fase operativa del bien total o parcialmente es financiada por la empresa.

- Design, Construct, Manage & Finance

El bien ha sido financiado por la empresa y esta misma o una tercera es responsable de la gestión del servicio o su explotación del bien, asumiendo todos los riesgos. La participación privada tiene un plazo de vigencia que una vez terminado, tanto el bien como la gestión revierten en la Administración.

- Build Own Operate

La empresa no sólo diseña y fabrica el bien o presta el servicio, sino que mantiene su control, siendo responsable de su gestión sin límite temporal. El papel de la Administración se limita a ser receptora del servicio o de la operativa de un bien, abonando el precio determinado, pudiendo la empresa comercializar la capacidad excedente frente a terceros.

El objetivo es el reemplazo de los VC10 y los Tristar que se encuentran al final de su vida operativa. El ministerio de Defensa británico utilizará los aviones cuando lo aconsejen sus operaciones, mientras que la inversión en la adquisición y la propiedad pertenecerán al sector privado. Los pagos se basarán en la disponibilidad de aviones y en el uso que realizará la Royal Air Force, pagándose el servicio una vez se entrega conforme a los estándares previstos. El contratista propietario podrá obtener recursos adicionales del uso de los aviones para operaciones comerciales, aunque la RAF mantendrá un derecho preferente de recuperación inmediata de servicio en caso de emergencia. La duración prevista del contrato será de veintisiete años, estableciéndose un mecanismo de pago en función de la disponibilidad y uso, estableciéndose precios fijos para los servicios y clausulas de actualización de precios, existiendo contactos para compartir activos entre Australia, Canada y Estados Unidos.

"FUTURE STRATEGIC TANKER AIRCRAFT"
FUERZAS de DEFENSA y SEGURIDAD mayo, 2010

Figura (1.20) VC10

Figura (1.21) Tristar

CAPITULO II: LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL

1. INTRODUCCIÓN. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La gestión de contratos implica conflictos entre su alcance, plazo y presupuesto. Las empresas se encuentran obligadas en la realidad a decidirse por un sólo objetivo sacrificando el resto de ellos. Los siguientes síntomas son comúnmente identificados en la gestión de los proyectos:

- Alta presión por ofrecer plazos cada vez más cortos y difíciles de cumplir
- Incertidumbre respecto a la capacidad de cuantos proyectos se pueden asumir sin que unos provoquen retrasos en los otros.
- Los responsables de proyectos no tienen disponibilidad de recursos cuando lo necesitan y compiten entre ellos por captarlos.
- Los recursos se sienten presionados para moverse entre tareas urgentes y simultáneas.
- Dificultad en estimar la duración exacta de las tareas y controlar su ejecución. Las actividades se retrasan y se acumulan produciendo incumplimientos.
- Las planificaciones sólo son utilizadas al principio, justificado por el esfuerzo que supondría actualizar los cambios.
- Insuficiente visibilidad y control del estado del proyecto.

El punto de partida consiste en aceptar que las situaciones anteriores son aplicables a la industria de aviones militares, por lo que partimos de un supuesto de inicial y concretamos su desarrollo.

Una de las dos condiciones que asumimos y que consideramos como necesaria para realizar una buena gestión es primero controlar los costes, siendo la segunda proteger

su throughput[34]. La dirección deberá actuar de acuerdo al mundo del valor si quiere realizarlo, es decir, tienen que dejar de considerar que la única forma de lograr un bajo coste sería mejorando la eficiencia local en todas las áreas.

Uno de nuestros objetivos consistirá en proponer un modelo eficaz de planificación y control que mejore el instalado y utilizado en la industria de aviones militares, demostrando de esta forma los beneficios asociados al mismo.

El medio elegido para conseguirlo será reconocer el método que cuenta con más aceptación, e incluyendo la identificación de aquellas variables que participan en el proceso.

Una de las características que define la fabricación de un avión militar es la asociación de importantes inversiones iniciales. Los planes de negocio que las originan ya prevén desde un principio un largo periodo de amortización antes de conseguir tasas de retorno positivas, no siendo posible garantizar el cumplimiento de las premisas técnicas, comerciales y de mercado que sirven de base a dichos planes, ni que en consecuencia, se consigan cumplir los beneficios estimados en un primer momento[35].

- *Estas son nuestras hipótesis reales de partida:*

H_0: Las tareas que componen el desarrollo y/o producción de un avión militar se encuentran sometidas a un alto grado de incertidumbre debido principalmente a que en su mayoría no son repetitivas, por lo tanto, un tiempo de protección estimado sobre la duración de cada etapa es añadido.

---

[34] Throughput: índice por el cual el sistema genera dinero a través de las ventas. Lo que fuera producido pero no fuera vendido no puede ser considerado throughput, pues no genera flujo de caja. No hay que confundirlo con ventas, pues es el precio de venta menos los montos de dinero no generados por el sistema, excluyéndose, además del monto pagado a los proveedores, por los ítems y materiales que entraron en el producto vendido, los gastos de subcontratación, comisión pagada a vendedores externos, tasa aduanera y de transporte.

[35] Informe Financiero de EADS 2006

H_1: Al tratarse en muchos casos de tecnología no probada la industria puede argumentar dificultades técnicas en el cumplimiento de los hitos contractuales, consiguiendo aplazamientos en sus entregas sin penalizaciones.

H_2: En el mercado de aviones de militares es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto.

H_3: Aumentar el activo circulante de una empresa mediante la acumulación del inventario de productos intermedios sin tener en consideración las restricciones del sistema, conduce a un efecto negativo en el balance[36].

H_4: La industria por lo general actúa en los proyectos tratando de asignar de manera óptima sus recursos, teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias y reduciendo su objetivo a un problema de Programación Lineal.

H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

- *Si hemos considerado la hipótesis de trabajo que:*

H_0: Las tareas que componen el desarrollo y/o producción de un avión militar se encuentran sometidas a un alto grado de incertidumbre debido principalmente a que en su mayoría no son repetitivas, por lo tanto, un tiempo de protección estimado sobre la duración de cada etapa es añadido.

La aplicación de la misma se realizará a los siguientes modelos de aviones:

El avión JAS 39 Gripen surgió a petición de la Dirección de Material de Defensa sueca en Junio de 1980. El requerimiento consistía en un avión de combate multifunción capaz de sustituir a los SAAB 35 Draken y 37 Viggen en servicio. El 30 de junio de 1981 se firmaba un contrato de 5 prototipos y 30 aviones de

[36] Aumento de la obra en curso: Parte del activo de una empresa formado tanto por el activo circulante en proceso de fabricación o montaje (productos intermedios) como por aquellas obras y trabajos desarrollados por la empresa para incorporarse al activo fijo de terceros

producción con una opción sobre 110 aparatos más. El 26 de abril de 1987 salía del hangar el primer avión, volando el 09 de diciembre de 1988.

La mayor parte del retraso en el 1er vuelo fue debido a problemas de desarrollo del software del sistema de mandos fly-by-wire del avión.

El 08 de junio de 1993 dos meses más tarde de ser entregado oficialmente el primer ejemplar de serie, se perdía como consecuencia de un problema de mandos al ampliarse de forma incontrolada una ligera oscilación iniciada por el piloto, después de ello se introdujo una nueva versión de software con once filtros para evitar esta situación[37].

Figura (2.1) JAS 39 Gripen

Figura (2.2) MIG-15

El primer prototipo MIG-15 voló el 02 de julio de 1947 perdiéndose en un accidente pocos días después. El 30 de diciembre de ese mismo año volaba el segundo aparato denominado S-01 con bastantes modificaciones respecto al primero. La autorización para su fabricación en serie fue en marzo de 1948, produciéndose al año siguiente las primeras entregas[38].

Entre la entrega de los primeros aviones y su entrada en servicio el equipo del MIG había revisado el diseño y había puesto en vuelo al MIG-15 bis, que se convertiría en la principal versión de producción, y el MIG-15 UTI, biplaza de entrenamiento.

El Eurofighter en su periodo de investigación y desarrollo y pruebas en vuelo no progresó al ritmo deseado, así hasta mediados de 1998 los siete prototipos fabricados –aunque deberían ser considerados más aviones de desarrollo-, habían acumulado

[37] "Aviones para la historia SAAB-JAS 39", *AVION REVUE,* nº: 207, septiembre, 1999: 48
[38] "Aviones para la historia: MIG-15", *AVION REVUE*, nº: 206, agosto, 1999: 48

aproximadamente poco más de 600 horas, unos 750 vuelos de los cuales 250 fueron realizados los últimos siete meses, cifra baja teniendo en cuenta que el primero de ellos fue realizado en 1994.

Figura (2.3) Eurofighter

Los problemas surgidos inicialmente con el sistema digital de control de vuelo se fue resolviendo con modificaciones progresivas de software. Se estudiaron posibles mejoras del avión más allá de los requerimientos operativos iniciales, tales como las toberas de empuje vectorial capaces de ser orientadas que exigían un nuevo software para el sistema de control de vuelo.

El avión English Electric P-1 surgió en el periodo comprendido entre 1948 y 1950 como respuesta a la especificación F23/49 del Ministerio del Aire Británico por la que se solicitaba un interceptor supersónico de elevadas prestaciones. El diseño de este avión se enfrentó a dos dificultades importantes desde su nacimiento: la competencia con el prototipo Fairey FD-2 de ala delta y la gran cantidad de problemas surgidos en el túnel aerodinámico durante las pruebas de resistencia estructural. Los problemas mencionados anteriormente tardaron en resolverse decidiéndose por encargar a la casa Short la fabricación de un modelo a escala reducida y dotado de tobera de admisión limpia, es decir, sin el cono que sería característica en modelos posteriores y que tenía como misión proteger el radar de intercepción[39]. El prototipo realizó su primer vuelo el 02 de diciembre de 1952 con estabilizadores experimentales. Los dos primeros prototipos del P-1 tuvieron bastante trabajo probando soluciones alares y estabilizadores. El WG-760 se elevó el primero el 04 de agosto de 1954. El WG-763 voló por primera vez el 18 de julio de 1955.

[39] SANTIBÁÑEZ, C, "English Electric Lightning. El fin del relámpago", *AVION REVUE*, nº:77, noviembre, 1988: 30-31

En estos primeros prototipos se ensayaron diversas combinaciones de armamento. El tercero de ellos nunca llegó a volar, sirviendo para pruebas aerodinámicas en el túnel de viento.

Figura (2.4) English Electric P-1

H_1: Al tratarse en muchos casos de tecnología no probada la industria puede argumentar dificultades técnicas en el cumplimiento de los hitos contractuales, consiguiendo aplazamientos en las entregas sin penalizaciones.

La ley de la Contratación con las Administraciones Públicas a pesar de afirmar que la principal obligación del contratista es la prestación del objeto del contrato dentro del plazo fijado para ello, produciéndose la mora de forma automática y sin necesidad de intimación por parte de la Administración, permite en determinados casos prorrogar el plazo inicialmente acordado[40].

(Artículo 96.2 TRLCAP): finalmente si el retraso fuese producido por motivos no imputables al contratista y éste ofreciera cumplir sus compromisos dándole prórroga del tiempo que se le había señalado, se concederá por la Administración un plazo que sería por lo menos igual al tiempo perdido, a no ser que el contratista pidiese otro menor.

Señalamos que en esta materia, los artículos 98 y 99 del RGLC determinan que:

- Si el órgano de contratación opta por la imposición de penalidades debe conceder al contratista la ampliación de plazo que resulte necesaria para la terminación del contrato.

[40] La Administración en caso de mora puede optar indistintamente por la resolución del contrato, o por la imposición de penalizaciones diarias en la proporción de 0,12 euros por cada 601,01 euros del precio del contrato. Artículo 95 del TRLCAP apartado nº: 3

- Los importes de las penalidades por demora se harán efectivos mediante deducción de los mismos en las certificaciones de obra o en los documentos de pago al contratista, respondiendo la garantía en todo caso de la efectividad de aquellos.
- Dichas penalizaciones no excluyen la indemnización a que la Administración pueda tener derecho por daños y perjuicios ocasionados con motivo del retraso imputable al contratista.

> ***EADS trata de suavizar las penalizaciones por los retrasos en el A-400M***
> Negocia con los clientes del avión militar (Cinco días, 26 de febrero de 2008)
>
> Tras una auditoría interna, EADS revisó el pasado mes de octubre el calendario de entregas de los aviones, que acumula un retraso de seis meses que se podría ampliar seis meses más. Según el rotativo alemán Financial times Deutschland, la empresa quiere revisar el montante de las indemnizaciones que deberá pagar en caso de demora, así como garantizarse un año de gracia en el que se suspendería la aplicación de penalizaciones. Además quiere modificar los plazos que tienen los clientes para anular sus pedidos y solicitar el reembolso de las cantidades adelantadas.
>
> *Diario CASA 26 de febrero*

H_2: En el mercado de aviones de militares es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto.

Mientras que en la aviación comercial los criterios utilizados para establecer la eficiencia de una aeronave son la disminución al máximo posible del coste pasajero (kilogramo transportado), en la aviación de combate son los fabricantes los que determinan en función del objetivo a cumplir por los distintos aviones, que condiciones deben tener para que sean superiores competidores.

H_3: Aumentar el activo circulante de una empresa mediante la acumulación del inventario de productos intermedios sin tener en consideración las restricciones del sistema (exceso de carga de trabajo de algunos centros productivos y falta en otros), conduce a un efecto negativo en el balance. Un aumento del throughput sin aumentar el nivel de inventario o el gasto operativo repercute positivamente sobre el beneficio neto, el retorno de la inversión y el flujo de caja. Un resultado similar es conseguido

reduciendo el gasto operativo sin disminuir el throughput y sin aumentar el nivel de inventario. La reducción de este último influye directamente en el retorno sobre la inversión y el flujo de caja. Existe una relación indirecta del nivel de inventario sobre el gasto operativo toda vez que una reducción del inventario reduce simultáneamente los costos de almacenamiento, obsolescencia, reproceso y movimiento de materiales[41].

H_4: La industria por lo general actúa tratando de asignar de manera óptima sus recursos teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias, reduciendo su objetivo a un problema de Programación Lineal.

La interacción entre la capacidad disponible de los recursos y la contribución de cada proyecto individual para los beneficios de la empresa propicia la asignación más apropiada de recursos a los proyectos. El reparto de recursos a los proyectos puede ser conseguido por el modelado y solución de métodos matemáticos de Programación Lineal, donde la función objetivo dirige la selección de los proyectos que maximizan el beneficio consideradas las restricciones de demanda y capacidad de los empleados.

H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

No se puede soslayar que la esperanza de la industria aeronáutica francesa para continuar como una potencia de primer orden unido a la disputa con el Reino Unido por el liderazgo en el programa Eurofighter, fue el motivo principal de su abandono

[41] EADS necesitará centrarse en lograr avances en capital y efectivo. Para lograrlo de cara al Operative Planning del 2007 EADS va a introducir un concepto de gestión basado en el valor, que vincula las medidas orientadas a resultados (EBIT y Cash-flow disponible) de EADS con los recursos de capital precisos, junto con operaciones, la dirección financiera tiene que identificar los impulsores claves del valor para el nivel operativo adecuado (por ejemplo Business-Units) que deben estar anclados en objetivos/incentivos operativos
BÖHMER, M, "Para formar y actuar como un solo equipo*", forum*, nº 48, mayo, 2007: 6-7

del avión de combate europeo. El programa Rafale para Francia y a pesar de su elevado coste supuso continuar con su política de autonomía en sistema de armas, pues su desarrollo y producción son enteramente nacionales[42].

2. EL COSTE DEL CICLO DE VIDA DE UN PROGRAMA

El sistema de Programación de Armamento por Fases, PAPS –Phased Armaments Programming System-, fue creado con el fin de armonizar dentro de la OTAN la metodología, procedimientos, actividades y documentos en los programas de adquisición, constituyendo una herramienta importante en todos los escalones de su gestión para la toma de decisiones. El Secretario de Estado de Defensa por medio de la Directiva 68/2000 dispuso que los procedimientos y metodología del PAPS, fuera también un marco de referencia para el desarrollo de los programas destinados a satisfacer las necesidades nacionales comunes a los tres ejércitos y Órgano Central[43].El proceso se divide en ocho fases cada una precedida por un hito documental excepto el primero, que supone el inicio del proceso constituyendo estos últimos un punto de control y reflexión sobre los trabajos desarrollados en las fases anteriores y el punto de partida de la siguiente.

2.1. LAS FASES EN UN PROGRAMA DE ADQUISICIÓN

La Necesidad Operativa es un documento redactado por el Ejército del Aire al detectar éste, una carencia que dificulta el cumplimiento de una misión. La fase conceptual del programa se inicia a partir de este punto y finaliza en la de *Pre-viabilidad*. Las posibles opciones conceptuales y una estimación de costes debe ser

[42] MATÉ, S, "Dassault Rafale Desafío Francés", *AVION REVUE*, nº:125, noviembre, 1992: 11
[43] TORRES, V. (2001). *CONTRATACIÓN MILITAR, ELEMENTOS PROCEDIMENTALES*. Madrid, ISDEFE Gerencia de Cooperación Industrial

redactada bajo el documento con título de *Objetivo de Estado Mayor*. La fase de *Viabilidad* es la siguiente, encargándose de analizar las opciones técnico-operativas. El hito número seis es denominado *Producción* y consiste en trasladar la definición operativa del sistema en función de condiciones contractuales, acabándose con la entrega del sistema al usuario. Los siguientes hitos pendientes por describir para completar el ciclo serían: la *Definición del proyecto,* en la que se estudian todos los aspectos del programa, se desarrolla la especificación de la opción seleccionada y se realizan aproximaciones al diseño y la quinta fase: *Diseño y Desarrollo* que integra la ingeniería de diseño y se fabrican y ensayan prototipos[44]. Las configuraciones varían en función de la evolución del programa, haciéndose necesario en este punto realizar diferentes análisis del coste del ciclo de vida del producto, incluyendo la evaluación de cada alternativa y comparando los resultados con los objetivos de coste. El Apoyo Logístico aparece en este momento e incorporando el análisis de las diferentes opciones de mantenimiento, abastecimiento y entrenamiento existentes, además de elegir la clase de estos últimos: orgánico íntegramente, mezcla de este último e inorgánico (realizado por la industria), más la elección de la opción compra o alquiler, la alternativa de si el entrenamiento será recibido en un centro de enseñanza inorgánico o externo al Ejército del Aire, o en sus propias unidades, etc. *Requisito de Entrada en Servicio* y *Baja en servicio* da por finalizado todo este ciclo[45].

[44] H_2: En el mercado de aviones de combate es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto

[45] MUÑOZ, A, "El coste del ciclo de vida de un programa y sus relaciones con la programación por fases*", Revista de Aeronáutica y astronáutica*. *EL GRUPO DE TRANSMISIONES DEL EJERCITO DEL AIRE,* n$^{o.}$754, Junio, 2006: 502-505

Nº HITO	Nº FASE	HITO	FASE	DOCUMENTO DEL HITO
1		Necesidad Operativa		Necesidad Operativa (MND)
	1		Necesidad Operativa (MNE)	
2		Objetivo Preliminar de Estado Mayor		Concepto Preliminar de Objetivo de Estado Mayor (ONST)
	2		Pre-viabilidad	
3		Objetivo de Estado Mayor		Objetivo Estado Mayor (NST)
	3		Viabilidad	
4		Requisitos de Estado Mayor		Requisitos de Estado Mayor (NSR)
	4		Definición del proyecto (PD)	
5		Especificaciones de Diseño y Desarrollo		Especificaciones de Diseño y Desarrollo (NADDO)
	5		Diseño y Desarrollo (DDP)	
6		Especificaciones de Producción		Especificaciones de Producción (NAPO)
	6		Producción (PP)	
7		Entrada en Servicio		Requisitos de Entrada en servicio (NISEG)
8		Baja en servicio		Intención de Baja en Servicio (NADI)
	8		Baja en servicio	

Tabla (2.1) Sistema de Programación de Armamento por Fases

3. EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

Las empresas deberían establecer claramente cuáles son los objetivos que se persiguen al aceptar un proyecto: su presupuesto, el contenido de las tareas y el plazo de inicio y finalización de las mismas. La estructura completa de trabajo se representa a través de diagramas en forma de árbol, de forma jerárquica y que responde a preguntas del tipo: qué hay que hacer, quién debe hacerlo, cuáles son los recursos a utilizar y como serán utilizados.

Lo aplicamos al siguiente ejemplo:

Supongamos que se ha firmado un expediente de contratación cuyo objeto es la adquisición de componentes estructurales para un avión CXX. Las tareas contenidas en el mismo se componen de: diseño, fabricación y adquisición de los componentes necesarios para la realización en una Maestranza de su modernización estructural, además de la adquisición del material necesario para proceder a su instalación en las tres primeras unidades de acuerdo a su Plan de Prescripción Técnica[46].

El medio elegido consiste en describir los hitos que componen el proyecto (mediante un ejemplo), los paquetes de trabajo/centros de coste que participan en el mismo, controlar su evolución e informar del progreso transcurridos 12 meses desde la firma del contrato y utilizando para ello las variables que habitualmente son aplicadas en este tipo de actividades de gestión.

Hito nº	**Descripción**	**Fecha**	**euros**
1	Pago a cuenta por acopio de material y trabajos ingeniería	01-nov-08	3.278.626,87
2	Propuesta de calendario de entregas	01-dic-08	170.327,96
3	Propuesta del Plan de Calidad	31-dic-08	170.327,96
4	Recepción 1er artículo. Componentes estructurales kits nº.1 al 8 y del 15 al 22	30-nov-09	6.392.617,42
5	Recepción 1er artículo. Componentes estructurales resto de los kits	31-dic-09	880.130,46
6	Entregas kits 1ero y 2do avión total 2 kits de cada tipo	01-jun-10	7.192.306,93
7	Entrega del resto de kits, excepto nº.17 y nº 7	01-oct-10	6.072.824,94
8	Entrega de los kits nº. 17 y nº 7	30-nov-10	3.129.473,55
	Total		**27.286.636,09**

Tabla (2.2) Plan de Prescripción Técnica

[46] Los Pliegos de Cláusulas Generales (ya sean las Administrativas o las de Prescripción Técnica) tienen valor reglamentario para la Administración contratante, pero que se transforman en estipulaciones contractuales en cuánto son aceptadas por los contratistas. Obtienen el rango de inmutabilidad a partir de la conclusión del contrato, no pudiendo ser modificadas
TORRES, V. (2001). *CONTRATACIÓN MILITAR, ELEMENTOS PROCEDIMENTALES*. Madrid, ISDEFE Gerencia de Cooperación Industrial

Centro coste	*Año*	*Fuselaje Anterior*	*Fuselaje Central*	*Paños de tobera*	*Total*
XX1 programas	2008				5.760,00
	2009				5.760,00
	2010				5.760,00
XX2 Ing. Estructural	2008	5.175,70	2.156,53	1.293,93	8.626,16
	2009	12.404,89	5.168,70	3.101,22	20.674,81
	2010	29.875,45	12.448,11	7.468,86	49.792,42
XX3 Ing. Producción	2008	6.038,31	2.515,96	1.509,58	10.063,85
	2009	14.472,54	6.030,25	3.618,15	24.120,94
	2010	34.855,04	14.522,93	8.713,75	58.091,72
XX4 Manto. Aviones	2008	6.900,94	2.875,39	1.725,24	11.501,57
	2009	16.540,03	6.891,69	4.135,02	27.566,74
	2010	39.834,31	16.597,63	9.958,57	66.390,51
XX5 Compras	2008				9.600,00
	2009				9.600,00
	2010				9.600,00

Notas: La Gestión del Programa y área de Compras igual carga de trabajo para cada año y paquete

Tabla (2.3) presupuesto desglosado en horas y por centro de coste

Llegados a este punto se hace necesario introducir algunos conceptos contables.

Los gastos de transformación anuales de cada centro de coste dividido por sus horas teóricas nos dará como resultado la tarifa horaria estándar, imprescindible para el cálculo del Coste Real y el Coste Presupuestado del Trabajo Planificado de una actividad, elemento del paquete de trabajo o del total del proyecto, que a su vez es

marco de referencia respecto al cual se medirá el rendimiento del contrato. Otra magnitud a manejar será el Valor Ganado que no es más que la diferencia entre el Coste Presupuestado del Trabajo Planificado y el Coste Presupuestado del Trabajo Realizado, es decir, una foto instantánea del progreso del trabajo en un momento dado del proyecto, por lo que la suma de todas las contribuciones de todas las tareas finalizadas o en curso en el momento de su análisis, nos dará el valor acumulado para cada una de las magnitudes mencionadas. Si ambos valores coinciden, es decir, el Coste Presupuestado del Trabajo Planificado y el Real, entonces podemos afirmar que el proyecto marcha según el plazo previsto; en caso contrario indicará que progresa con adelanto, o que se desarrolla con retraso. La diferencia entre los anteriores valores nos informará de la desviación en programación[47].

El Valor Ganado nos proporciona una medida de lo que deberíamos haber gastado dado el progreso del trabajo valorado según el coste presupuestado, lo cual no quiere decir que se haya gastado según lo estimado.

La mayoría de las empresas del sector utilizan la herramienta SAP para calcular el grado de avance o Valor Ganado de sus proyectos, fijando previamente una serie de parámetros y métodos que serán volcados a su sistema informático en el módulo de planificación y control[48].

La siguiente página recoge todas las variables y fórmulas utilizadas que forma parte de las tareas de control de un proyecto.

---

[47] La desviación en programación no ofrece una medida directa de la desviación en plazo, no sólo porque la unidad de medida sea monetaria y no de tiempo, sino porque tiene que ver más con el esfuerzo que con la duración

[48] La mayoría de empresas cabeceras del sector utiliza el sistema informático SAP, el cual pertenece a una empresa alemana y es sinónimo de "Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung", siendo sus traducción al castellano "Sistemas, Aplicaciones y Productos en tratamiento de datos". SAP R/3 Módulos de Ventas y Distribución. Glynn C. Williams, Osborne Mc-Graw – Hill. Aravaca, Madrid, 2001

FÓRMULAS Y PARÁMETROS DE CONTROL

Donde:

(1) BCWP: Budgeted Cost of Work Performed o Coste Presupuestado del Trabajo Realizado.
(2) BCWS: Budgeted Cost of Work Scheduled o Coste Presupuestado del Trabajo Planificado.
(3) ACWP: Actual Cost of Work Performed o Coste Real del Trabajo Ejecutado.
(4) BAC: Budgeted At Completion o Coste Total Presupuestado a la Finalización del Proyecto.

$$BAC = BCWP + BCWS$$

(5) EAC: Estimate To Complete o Valor Estimado del Trabajo Planificado.

$$EAC = ACWP/BCWP * BAC$$

(6) CV: Cost Variation o Variación de Costes

$$CV = BCWP - ACWP$$

(7) SV: Schedule Variation o Variación del Programa

$$SV = BCWP - BCWS$$

(8) SPI: Scheduled Performance Index o Indice de Rendimiento

$$SPI = BCWP/BCWS$$

(9) CPI: Cost Performance Index o Coeficiente entre Valor Ganado y Real

$$CPI = BCWP/ACWP$$

COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO PLANIFICADO												Importe en euros
	ene-08	**feb-08**	**mar-08**	**abr-08**	**may-08**	**jun-08**	**jul-08**	**ago-08**	**sep-08**	**oct-08**	**nov-08**	**dic-08**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00
Ing. Estructural												
Horas	612,00	621,79	631,93	652,28	693,05	713,42	727,69	747,84	768,03	788,24	811,01	858,87
Gasto	48.421,44	49.196,18	49.998,16	51.608,18	54.833,75	56.445,78	57.574,61	59.169,49	60.766,89	62.365,30	64.167,49	67.953,44
Ing. Producción												
Horas	714,00	725,42	737,25	760,99	808,55	832,33	848,97	872,49	896,04	919,61	946,19	1.002,02
Gasto	55.527,78	56.416,22	57.335,90	59.182,20	62.881,24	64.730,02	66.024,51	67.853,46	69.685,38	71.518,29	73.585,22	77.926,79
Manto. De Aviones												
Horas	816,00	829,06	842,57	869,70	924,06	951,23	970,26	997,13	1.024,05	1.050,99	1.081,36	1.145,16
Gasto	58.596,96	59.534,51	60.505,02	62.453,37	66.356,94	68.308,03	69.674,07	71.604,11	73.537,35	75.471,51	77.652,42	82.233,97
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00

Tabla (2.4) Coste Presupuestado del Trabajo Planificado año 2008

Notas: (1) Número de horas teóricas mensuales consideradas por persona 160

(2) Para calcular los gastos se ha tenido en cuenta los siguientes conceptos: coste de personal (incluidos los de los centros auxiliares), coste de tributos, coste de trabajos, suministros y servicios exteriores, coste de transporte y fletes, costes diversos de gestión, costes internos que incluyen las amortizaciones. Son costes de los factores circulantes no inventariables y de los factores fijos que configuran el valor añadido de la producción, es decir, que representan la parte del coste industrial que hay que añadir al de materiales para obtener el coste total

(3) A excepción de los gastos de personal de cada uno de los centros de coste principales, los cuales son asignados en función de su plantilla, el resto de gastos se asignan a cada centro de coste principal, en proporción al gasto que representa cada uno de ellos respecto del total

COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO PLANIFICADO Importe en euros

	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	jul-09	ago-09	sep-09	oct-09	nov-09	dic-09
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00
Ing. Estructural												
Horas	899,23	1.010,28	1.161,82	1.303,22	1.425,85	1.616,20	1.769,57	1.969,54	2.120,99	2.282,40	2.449,70	2.666,01
Gasto	74.132,69	83.287,85	95.780,82	107.437,11	117.546,68	133.239,23	145.883,56	162.368,64	174.854,78	188.161,30	201.953,44	219.786,05
Ing. Producción												
Horas	1.049,11	1.178,67	1.355,48	1.520,44	1.663,51	1.885,59	2.064,53	2.297,82	2.474,53	2.662,84	2.858,02	3.110,38
Gasto	85.019,73	95.519,72	109.847,94	123.216,26	134.810,98	152.808,30	167.309,59	186.215,67	200.535,62	215.796,35	231.614,01	252.065,33
Manto. De Aviones												
Horas	1.198,98	1.347,06	1.549,11	1.737,64	1.901,15	2.154,95	2.359,46	2.626,08	2.828,03	3.043,24	3.266,31	3.554,73
Gasto	89.720,01	100.800,25	115.920,07	130.027,61	142.263,24	161.255,21	176.558,21	196.509,51	211.621,22	227.725,66	244.417,81	266.000,11
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00

Tabla (2.5) Coste Presupuestado del Trabajo Planificado año 2009

Notas: (1) Número de horas teóricas mensuales consideradas por persona 160

(2) Para calcular los gastos se ha tenido en cuenta los siguientes conceptos: coste de personal (incluidos los de los centros auxiliares), coste de tributos, coste de trabajos, suministros y servicios exteriores, coste de transporte y fletes, costes diversos de gestión, costes internos que incluyen las amortizaciones. Son costes de los factores circulantes no inventariables y de los factores fijos que configuran el valor añadido de la producción, es decir, que representan la parte del coste industrial que hay que añadir al de materiales para obtener el coste total

(3) A excepción de los gastos de personal de cada uno de los centros de coste principales, los cuales son asignados en función de su plantilla, el resto de gastos se asignan a cada centro de coste principal, en proporción al gasto que representa cada uno de ellos respecto del total

	COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO PLANIFICADO									Importe en euros		
	ene-10	**feb-10**	**mar-10**	**abr-10**	**may-10**	**jun-10**	**jul-10**	**ago-10**	**sep-10**	**oct-10**	**nov-10**	**dic-10**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00
Ing. Estructural												
Horas	2.928,35	3.180,77	3.483,59	3.776,21	3.988,05	4.220,16	4.421,88	4.643,86	4.744,63	4.794,92	4.805,00	4.805,00
Gasto	251.545,25	273.228,52	299.240,11	324.376,07	342.573,78	362.511,81	379.839,91	398.907,78	407.563,89	411.884,00	412.749,23	412.749,23
Ing. Producción												
Horas	3.416,45	3.710,94	4.064,23	4.405,62	4.652,77	4.923,57	5.158,91	5.417,89	5.535,46	5.594,13	5.605,88	5.605,88
Gasto	288.484,65	313.352,19	343.183,43	372.010,74	392.880,29	415.745,87	435.618,48	457.486,58	467.414,00	472.368,56	473.360,65	473.360,65
Manto. De Aviones												
Horas	3.904,51	4.241,08	4.644,83	5.034,99	5.317,45	5.626,93	5.895,89	6.191,87	6.326,23	6.393,29	6.406,72	6.406,72
Gasto	304.434,57	330.676,78	362.157,01	392.577,99	414.601,67	438.731,39	459.702,80	482.779,74	493.256,25	498.484,81	499.531,62	499.531,62
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00

Tabla (2.6) Coste del Trabajo Planificado año 2010

Notas: (1) Número de horas teóricas mensuales consideradas por persona 160

(2) Para calcular los gastos se ha tenido en cuenta los siguientes conceptos: coste de personal (incluidos los de los centros auxiliares), coste de tributos, coste de trabajos, suministros y servicios exteriores, coste de transporte y fletes, costes diversos de gestión, costes internos que incluyen las amortizaciones. Son costes de los factores circulantes no inventariables y de los factores fijos que configuran el valor añadido de la producción, es decir, que representan la parte del coste industrial que hay que añadir al de materiales para obtener el coste total

(3) A excepción de los gastos de personal de cada uno de los centros de coste principales, los cuales son asignados en función de su plantilla, el resto de gastos se asignan a cada centro de coste principal, en proporción al gasto que representa cada uno de ellos respecto del total

TARIFA PRESUPUESTADA											Importe en euros	
	ene-08	**feb-08**	**mar-08**	**abr-08**	**may-08**	**jun-08**	**jul-08**	**ago-08**	**sep-08**	**oct-08**	**nov-08**	**dic-08**
Programas	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15	82,15
Ing. Estructural	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12	79,12
Ing. Producción	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77	77,77
Manto. De Aviones	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81	71,81
Compras	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11	71,11

Tabla (2.7) Tarifa Presupuestada año 2008

Notas: (1) La tarifa es el resultado de la división de los gastos de transformación señalados en las tablas (2.4); (2.5) y (2.6) y sus horas mensuales presupuestadas
(2) La tarifa real coincide con la presupuestada

TARIFA PRESUPUESTADA											Importe en euros	
	ene-09	**feb-09**	**mar-09**	**abr-09**	**may-09**	**jun-09**	**jul-09**	**ago-09**	**sep-09**	**oct-09**	**nov-09**	**dic-09**
Programas	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60	85,60
Ing. Estructural	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44	82,44
Ing. Producción	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04	81,04
Manto. De Aviones	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83	74,83
Compras	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10	74,10

Tabla (2.8) Tarifa Presupuestada año 2009

Notas: (1) Se ha aplicado a las tarifas un incremento del 4,2% respecto a las del año 2008 debido al IPC
(2) La tarifa real coincide con la presupuestada

	TARIFA PRESUPUESTADA										Importe en euros	
	ene-10	**feb-10**	**mar-10**	**abr-10**	**may-10**	**jun-10**	**jul-10**	**ago-10**	**sep-10**	**oct-10**	**nov-10**	**dic-10**
Programas	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20	89,20
Ing. Estructural	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90	85,90
Ing. Producción	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44	84,44
Manto. De Aviones	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97	77,97
Compras	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21	77,21

Tabla (2.9) Tarifa Presupuestada año 2010

Notas: (1) Se ha aplicado a las tarifas un incremento del 4,2% respecto a las del año 2009 debido al IPC
(2) La tarifa real coincide con la presupuestada

	COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO REALIZADO										importe en euros	
	ene-08	**feb-08**	**mar-08**	**abr-08**	**may-08**	**jun-08**	**jul-08**	**ago-08**	**sep-08**	**oct-08**	**nov-08**	**dic-08**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00
Ing. Estructural												
Horas	520,20	528,52	537,14	554,44	589,09	606,41	618,53	635,67	652,83	670,00	689,36	730,04
Gasto	41.158,22	41.816,50	42.498,52	43.867,29	46.608,80	47.979,16	48.938,09	50.294,21	51.651,91	53.010,40	54.542,16	57.760,76
Ing. Producción												
Horas	606,90	616,61	626,66	646,84	687,27	707,48	721,63	741,62	761,64	781,67	804,26	851,71
Gasto	47.198,61	47.953,76	48.735,35	50.304,75	53.448,99	55.020,72	56.121,17	57.675,79	59.232,74	60.790,48	62.547,30	66.237,49
Manto. De Aviones												
Horas	693,60	704,70	716,19	739,25	785,45	808,55	824,72	847,56	870,45	893,34	919,16	973,39
Gasto	49.807,42	50.604,51	51.429,60	53.085,54	56.403,16	58.061,98	59.223,14	60.863,28	62.507,01	64.150,75	66.004,88	69.899,14
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00

Tabla (2.10) Coste Presupuestado del Trabajo Realizado año 2008

Notas: (1) Número de horas mensuales: las realmente incurridas

(2) Para reflejar los gastos reales se ha tenido en cuenta los siguientes conceptos: coste de personal (incluidos los de los centros auxiliares), coste de tributos, coste de trabajos, suministros y servicios exteriores, coste de transporte y fletes, costes diversos de gestión, costes internos que incluyen las amortizaciones. Son costes de los factores circulantes no inventariables y de los factores fijos que configuran el valor añadido de la producción, es decir, que representan la parte del coste industrial que hay que añadir al de materiales para obtener el coste total

(3) A excepción de los gastos de personal de cada uno de los centros de coste principales, los cuales son asignados en función de su plantilla, el resto de gastos se asignan a cada centro de coste principal, en proporción al gasto que representa cada uno de ellos respecto del total

	COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABAJO REALIZADO											importe en euros
	ene-09	**feb-09**	**mar-09**	**abr-09**	**may-09**	**jun-09**	**jul-09**	**ago-09**	**sep-09**	**oct-09**	**nov-09**	**dic-09**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00
Ing. Estructural												
Horas	764,35	858,74	987,55	1.107,73	1.211,97	1.373,77	1.504,14	1.674,11	1.802,85	1.940,04	2.082,25	2.266,11
Gasto	63.013,01	70.794,53	81.413,62	91.321,26	99.914,81	113.253,60	124.001,30	138.013,63	148.626,95	159.936,90	171.660,69	186.818,11
Ing. Producción												
Horas	891,74	1.001,87	1.152,16	1.292,37	1.413,98	1.602,75	1.754,85	1.953,15	2.103,35	2.263,41	2.429,32	2.643,82
Gasto	72.266,61	81.191,54	93.371,05	104.733,66	114.588,94	129.886,86	142.213,04	158.283,28	170.455,48	183.426,75	196.872,09	214.255,17
Manto. De Aviones												
Horas	1.019,14	1.145,00	1.316,75	1.476,99	1.615,98	1.831,71	2.005,54	2.232,17	2.403,82	2.586,75	2.776,36	3.021,52
Gasto	76.262,25	85.680,35	98.532,40	110.523,16	120.923,78	137.066,86	150.074,56	167.033,28	179.877,85	193.566,50	207.755,02	226.100,34
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00

Tabla (2.11) Coste Presupuestado del Trabajo Realizado año 2009

Notas: (1) Número de horas mensuales: las realmente incurridas

(2) Para reflejar los gastos reales se ha tenido en cuenta los siguientes conceptos: coste de personal (incluidos los de los centros auxiliares), coste de tributos, coste de trabajos, suministros y servicios exteriores, coste de transporte y fletes, costes diversos de gestión, costes internos que incluyen las amortizaciones. Son costes de los factores circulantes no inventariables y de los factores fijos que configuran el valor añadido de la producción, es decir, que representan la parte del coste industrial que hay que añadir al de materiales para obtener el coste total

(3) A excepción de los gastos de personal de cada uno de los centros de coste principales, los cuales son asignados en función de su plantilla, el resto de gastos se asignan a cada centro de coste principal, en proporción al gasto que representa cada uno de ellos respecto del total

	COSTE PRESUPUESTADO DEL TRABABJO REALIZADO											importe en euros
	ene-10	**feb-10**	**mar-10**	**abr-10**	**may-10**	**jun-10**	**jul-10**	**ago-10**	**sep-10**	**oct-10**	**nov-10**	**dic-10**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00
Ing. Estructural												
Horas	2.489,10	2.703,66	2.961,05	3.209,77	3.389,85	3.587,14	3.758,60	3.947,28	4.032,94	4.075,69	4.084,25	4.084,25
Gasto	213.813,69	232.244,39	254.354,20	275.719,24	291.188,12	308.135,33	322.863,74	339.071,35	346.429,55	350.101,77	350.837,08	350.837,08
Ing. Producción												
Horas	2.903,98	3.154,30	3.454,59	3.744,78	3.954,86	4.185,03	4.385,07	4.605,21	4.705,14	4.755,01	4.765,00	4.765,00
Gasto	245.212,07	266.349,09	291.705,58	316.209,22	333.948,38	353.383,93	370.275,31	388.863,93	397.302,02	401.513,04	402.356,60	402.356,60
Manto. De Aviones												
Horas	3.318,83	3.604,92	3.948,10	4.279,74	4.519,83	4.782,89	5.011,51	5.263,09	5.377,30	5.434,30	5.445,71	5.445,71
Gasto	258.769,18	281.075,61	307.833,36	333.691,33	352.411,15	372.921,93	390.747,43	410.363,13	419.268,08	423.712,37	424.602,01	424.602,01
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00

Tabla (2.12) Coste Presupuestado del Trabajo Realizado año 2010

Notas: (1) Número de horas mensuales: las realmente incurridas

(2) Para reflejar los gastos reales se ha tenido en cuenta los siguientes conceptos: coste de personal (incluidos los de los centros auxiliares), coste de tributos, coste de trabajos, suministros y servicios exteriores, coste de transporte y fletes, costes diversos de gestión, costes internos que incluyen las amortizaciones. Son costes de los factores circulantes no inventariables y de los factores fijos que configuran el valor añadido de la producción, es decir, que representan la parte del coste industrial que hay que añadir al de materiales para obtener el coste total

(3) A excepción de los gastos de personal de cada uno de los centros de coste principales, los cuales son asignados en función de su plantilla, el resto de gastos se asignan a cada centro de coste principal, en proporción al gasto que representa cada uno de ellos respecto del total

	COSTE REAL DEL TRABAJO REALIZADO											importe en euros
	ene-08	**feb-08**	**mar-08**	**abr-08**	**may-08**	**jun-08**	**jul-08**	**ago-08**	**sep-08**	**oct-08**	**nov-08**	**dic-08**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00	39.432,00
Ing. Estructural												
Horas	520,20	528,52	537,14	554,44	589,09	606,41	618,53	635,67	652,83	670,00	689,36	730,04
Gasto	41.158,22	41.816,50	42.498,52	43.867,29	46.608,80	47.979,16	48.938,09	50.294,21	51.651,91	53.010,40	54.542,16	57.760,76
Ing. Producción												
Horas	606,90	616,61	626,66	646,84	687,27	707,48	721,63	741,62	761,64	781,67	804,26	851,71
Gasto	47.198,61	47.953,76	48.735,35	50.304,75	53.448,99	55.020,72	56.121,17	57.675,79	59.232,74	60.790,48	62.547,30	66.237,49
Manto. De Aviones												
Horas	693,60	704,70	716,19	739,25	785,45	808,55	824,72	847,56	870,45	893,34	919,16	973,39
Gasto	49.807,42	50.604,51	51.429,60	53.085,54	56.403,16	58.061,98	59.223,14	60.863,28	62.507,01	64.150,75	66.004,88	69.899,14
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00	56.888,00

Tabla (2.13) Coste Real del Trabajo Realizado año 2008

Notas: (1) Para simplificar el número de tablas de los datos base utilizados para el análisis, se parte de la hipótesis que la plantilla se ajusta con exactitud a lo programado, por lo tanto los gastos de transformación que intervienen para el cálculo de la tarifa coinciden para el real y el estimado –no hay desviación en tarifa-. Las desviaciones a analizar en este estudio son debidas exclusivamente a las horas

(2) En caso de incurrir en la realidad menos horas que las presupuestadas, indicará un exceso de capacidad teórica sobre la real, es decir, –capacidad cesante-

	COSTE REAL DEL TRABAJO REALIZADO										importe en euros	
	ene-09	**feb-09**	**mar-09**	**abr-09**	**may-09**	**jun-09**	**jul-09**	**ago-09**	**sep-09**	**oct-09**	**nov-09**	**dic-09**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00	41.088,00
Ing. Estructural												
Horas	764,35	858,74	987,55	1.107,73	1.211,97	1.373,77	1.504,14	1.674,11	1.802,85	1.940,04	2.082,25	2.266,11
Gasto	63.013,01	70.794,53	81.413,62	91.321,26	99.914,81	113.253,60	124.001,30	138.013,63	148.626,95	159.936,90	171.660,69	186.818,11
Ing. Producción												
Horas	891,74	1.001,87	1.152,16	1.292,37	1.413,98	1.602,75	1.754,85	1.953,15	2.103,35	2.263,41	2.429,32	2.643,82
Gasto	72.266,61	81.191,54	93.371,05	104.733,66	114.588,94	129.886,86	142.213,04	158.283,28	170.455,48	183.426,75	196.872,09	214.255,17
Manto. De Aviones												
Horas	1.019,14	1.145,00	1.316,75	1.476,99	1.615,98	1.831,71	2.005,54	2.232,17	2.403,82	2.586,75	2.776,36	3.021,52
Gasto	76.262,25	85.680,35	98.532,40	110.523,16	120.923,78	137.066,86	150.074,56	167.033,28	179.877,85	193.566,50	207.755,02	226.100,34
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00	59.280,00

Tabla (2.14) Coste Real del Trabajo Realizado año 2009

Notas: (1) Para simplificar el número de tablas de los datos base utilizados para el anáisis, se parte de la hipótesis que la plantilla se ajusta con exactitud a lo programado, por lo tanto los gastos de transformación que intervienen para el cálculo de la tarifa coinciden para el real y el estimado –no hay desviación en tarifa-. Las desviaciones a analizar en este estudio son debidas exclusivamente a las horas

(2) En caso de incurrir en la realidad menos horas que las presupuestadas, indicará un exceso de capacidad teórica sobre la real, es decir, –capacidad cesante-

	COSTE REAL DEL TRABAJO REALIZADO										importe en euros	
	ene-10	**feb-10**	**mar-10**	**abr-10**	**may-10**	**jun-10**	**jul-10**	**ago-10**	**sep-10**	**oct-10**	**nov-10**	**dic-10**
Programas												
Horas	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00	480,00
Gasto	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00	42.816,00
Ing. Estructural												
Horas	2.489,10	2.703,66	2.961,05	3.209,77	3.389,85	3.587,14	3.758,60	3.947,28	4.032,94	4.075,69	4.084,25	4.084,25
Gasto	213.813,69	232.244,39	254.354,20	275.719,24	291.188,12	308.135,33	322.863,74	339.071,35	346.429,55	350.101,77	350.837,08	350.837,08
Ing. Producción												
Horas	2.903,98	3.154,30	3.454,59	3.744,78	3.954,86	4.185,03	4.385,07	4.605,21	4.705,14	4.755,01	4.765,00	4.765,00
Gasto	245.212,07	266.349,09	291.705,58	316.209,22	333.948,38	353.383,93	370.275,31	388.863,93	397.302,02	401.513,04	402.356,60	402.356,60
Manto. De Aviones												
Horas	3.318,83	3.604,92	3.948,10	4.279,74	4.519,83	4.782,89	5.011,51	5.263,09	5.377,30	5.434,30	5.445,71	5.445,71
Gasto	258.769,18	281.075,61	307.833,36	333.691,33	352.411,15	372.921,93	390.747,43	410.363,13	419.268,08	423.712,37	424.602,01	424.602,01
Compras												
Horas	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Gasto	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00	61.768,00

Tabla (2.15) Coste Real del trabajo Realizado año 2010

Notas: (1) Para simplificar el número de tablas de los datos base utilizados para el anáisis, se parte de la hipótesis que la plantilla se ajusta con exactitud a lo programado, por lo tanto los gastos de transformación que intervienen para el cálculo de la tarifa coinciden para el real y el estimado –no hay desviación en tarifa-. Las desviaciones a analizar en este estudio son debidas exclusivamente a las horas

(2) En caso de incurrir en la realidad menos horas que las presupuestadas, indicará un exceso de capacidad teórica sobre la real, es decir, –capacidad cesante-

4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE UN PROYECTO

Las variables financieras Beneficio Neto, Rentabilidad y Liquidez son las habitualmente utilizadas para analizar el grado de cumplimiento de los objetivos de una empresa.

- *El Beneficio Neto* como medida absoluta del dinero ganado durante un determinado periodo de tiempo.
- *La Rentabilidad* como medida relativa que complementa a la anterior calculando la productividad del dinero invertido.
- *La Liquidez* considerada en sentido tradicional, la cual puede convertirse en el factor determinante del éxito o del fracaso de una empresa.
- *El Valor Económico Agregado* es un nuevo enfoque que se está aplicando como método de medida y mejora de resultados. La característica de esta variable es vincular el importe gastado con el invertido. El valor solamente será creado cuando el beneficio supere lo desembolsado. La intención es relacionar de forma más clara inversión-rentabilidad, teniendo como objetivo mejorar el entorno de la compañía en general[49].

Nuestro trabajo pretende demostrar que estos indicadores son demasiados generales para ayudar a la toma de decisiones a niveles operativos, debiendo orientarse la gestión a la planificación y control de actividades[50].

---

[49] Revista Forum nº: 57, octubre, 2008

[50] EADS no cumple de momento todos los requisitos para contabilizar el programa según las normas internacionales, dado que no puede estimarse con fiabilidad el resultado del contrato de construcción Airbus A400M. El método de contabilización de hitos se ha suspendido y se ha reconocido los costes que ya han sido reflejados en la cuenta de resultados, así como, aquellos ingresos en la medida en que dichos costes soportados, sean recuperables según las reglas contables. La provisión para el coste de terminación, se ha actualizado sólo, para cubrir pérdidas que pueden ser estimadas con fiabilidad Unaudited Condensed Consolidated Financial Information of EADS N.V. for the nine month period ended September 30, 2009

La mayoría que trabajadan en fábricas tienen dificultades para controlar las operaciones a partir de los costes, sin embargo, pocos se han atrevido a desafíar a esta vaca sagrada[51].

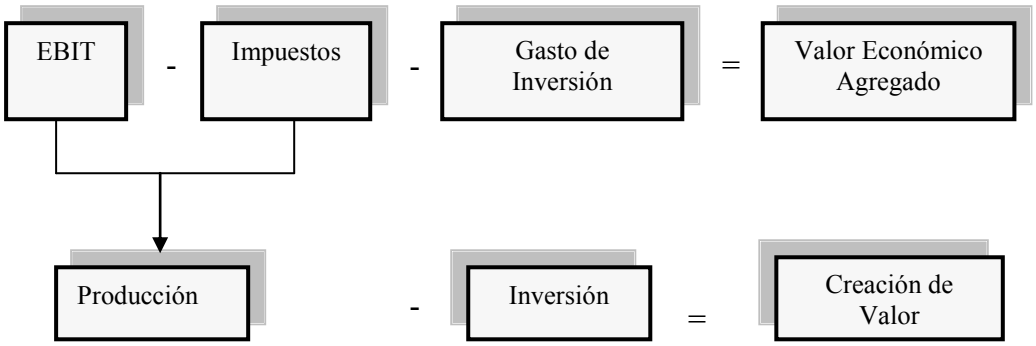

Gráfico (2.1) Cálculo del El Valor Económico Agregado

Apoyándonos en conocimientos adquiridos previamente, establecemos ya, para nuestro proyecto unas conclusiones:

Importe en miles de euros

Fecha	Plan de Pagos	BCWP	BCWS	ACWP	BAC	EAC
enero-08; dici-08	3.619,28	3.103,27	3.446,94	3.103,27	6.550,21	3.103,27
enero-09; dici-10					22.540,34	
enero-08; dici-10	27.286,64	22.631,48	25.987,27	22.631,48	25.643,61	25.643,61

Tabla (2.16) Tabla de resultados de variables del proyecto

Donde: (1) BCWP: Budgeted Cost of Work Performed o Coste Presupuestado del Trabajo Realizado.
(2) BCWS: Budgeted Cost of Work Scheduled o Coste Presupuestado del Trabajo Planificado.
(3) ACWP: Actual Cost of Work Performed o Coste Real del Trabajo Ejecutado.
(4) BAC: Budgeted At Completion o Coste Total presupuestado a la Finalización del Proyecto.

(5) BAC enero/08-dici/10 = BCWP enero/08 – dici/08 + BCWS enero/09-dici/10

(6) EAC: Estimate To Complete o Valor Estimado del Trabajo Planificado.

(7) EAC = ACWP/BCWP*BAC

Nota de prensa EADS 17 noviembre, 2009; *Diario Airbus Military*, nº: 2393
[51] GOLDRATT, E. (1997). *Critical Chain*. Great Barrington, North River Press

El proyecto de nuestro ejemplo se desarrolla con retraso, ya que el valor ganado es una cantidad negativa, siendo el valor económico agregado positivo debido a que el Coste del Trabajo Realizado es menor que el Coste del Trabajo Presupuestado, nos mantenemos dentro del presupuesto porque hasta ahora la cantidad ganada supera la cantidad invertida.

El Plan de pagos a diciembre-08 es menor que el Coste Presupuestado del Trabajo Realizado.

Importe en miles de euros

Fecha	CV	SV	SPI	CPI
enero-08; dici-08	0,00	-343,66	90%	100%
enero-08; dici-10	0,00	-3.355,80	87%	100%

Tabla (2.17) Tabla de desviaciones del proyecto

CV= BCWP – ACWP
SV = BCWP – BCWS
SPI = BCWP / BCWS
CPI = BCWP / ACWP

Donde: (1) CV: Cost Variation o Variación de Costes
(2) SV: Schedule Variation o Variación del Programa
(3) SPI: Scheduled Performance Index o Indice de Rendimiento
(4) CPI: Cost Performance Index o Coeficiente entre Valor Ganado y Real

Tratándose de contratos en construcción – como es nuestro caso-, el Plan General de Contabilidad indica que el ingreso se reconocerá según el grado de avance del proyecto, siendo éste determinado de varias formas: a medida que se van alcanzando los hitos contractualmente acordados, en función del grado de avance de la obra o en base de la entrega de unidades.

Nuestro ejemplo *plantea la existencia de un conflicto* entre dos condiciones necesarias

- La determinación e imputación de los ingresos del contrato en función del grado de avance del mismo –recordemos que el proyecto se desarrolla con retraso-.
- La estimación al final del proyecto de un Margen Industrial positivo.

H_1: Al tratarse en muchos casos de tecnología no probada la industria podría argumentar dificultades técnicas en el cumplimiento de los hitos contractuales, consiguiendo aplazamientos en sus entregas sin penalizaciones.

Hipótesis que da paso a la siguiente:

H_4: La industria por lo general actúa en los proyectos tratando de asignar de manera óptima sus recursos teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias, reduciendo su objetivo a un problema de Programación Lineal.

La interacción entre la capacidad disponible de recursos y la contribución de cada proyecto a los beneficios de la empresa, propicia la asignación más apropiada de los primeros. La distribución puede ser conseguida por el modelado y solución de métodos matemáticos de Programación Lineal donde la función objetivo dirige la selección de los proyectos que maximizan el beneficio, consideradas las restricciones de demanda y capacidad de los empleados.

		Horas Reales * Tarifa				Horas Teóricas * Tarifa
		Fuselaje Anterior (1)	Fuselaje Central (2)	Paños de Tobera (3)		Restricciones
Programas	1	$H_{R11}*T_1$	$H_{R12}*T_1$	$H_{R13}*T_1$	<=	$(H_{T1}*T_1)*91\%$
Ing. Estructural	2	$H_{R21}*T_2$	$H_{R22}*T_2$	$H_{R23}*T_2$	<=	$(H_{T2}*T_2)*91\%$
Ing. de la Producción	3	$H_{R31}*T_3$	$H_{R32}*T_3$	$H_{R33}*T_3$	<=	$(H_{T3}*T_3)*91\%$
Manto. Aviones	4	$H_{R41}*T_4$	$H_{R42}*T_4$	$H_{R43}*T_4$	<=	$(H_{T4}*T_4)*91\%$
Compras	5	$H_{R51}*T_5$	$H_{R52}*T_5$	$H_{R53}*T_5$	<=	$(H_{T5}*T_5)*91\%$

Función objetivo: $\sum H_R * T <= (H_T * T) * 91\%$

Notas: (1) Siendo: H_R = Horas Reales; H_T = Horas Teóricas; T= Tarifa
(2) Horas reales en el proyecto * tarifas de centro de costes no deben superar el 91% de horas teóricas del proyecto * tarifas de centros de costes

Tabla (2.18) Planteamiento del problema de Programación Lineal

RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA APLICANDO PROGRAMACIÓN LINEAL (UTILIZANDO EXCEL)																																euros
$XX1_{11}$	*	82,15	+	$XX1_{12}$	*	82,15	+	$XX1_{13}$	*	82,15	1.920,00	*	82,15	+	1.920,00	*	82,15	+	1.920,00	*	82,15										=	473.184,00
$XX2_{21}$	*	79,12	+	$XX2_{22}$	*	79,12	+	$XX2_{23}$	*	79,12	3.738,00	*	79,12	+	2.444,08	*	79,12	+	2.444,08	*	79,12										=	682.501,78
$XX3_{31}$	*	77,77	+	$XX3_{32}$	*	77,77	+	$XX3_{33}$	*	77,77	4.217,22	*	77,77	+	2.923,29	*	77,77	+	2.923,29	*	77,77										=	782.661,73
$XX4_{41}$	*	71,81	+	$XX4_{42}$	*	71,81	+	$XX4_{43}$	*	71,81	3.833,83	*	71,81	+	3.833,83	*	71,81	+	3.833,83	*	71,81										=	825.922,72
$XX5_{51}$	*	71,11	+	$XX5_{52}$	*	71,11	+	$XX5_{53}$	*	71,11	2.559,99	*	71,11	+	3.520,01	*	71,11	+	3.520,01	*	71,11										=	682.656,00
AÑO 2008											**16.269,04**				**14.641,21**				**14.641,21**												**=**	**3.446.926,22**
$XX1_{11}$	*	85,60	+	$XX1_{12}$	*	85,60	+	$XX1_{13}$	*	85,60	1.920,00	*	85,60	+	1.920,00	*	85,60	+	1.920,00	*	82,15										=	493.056,00
$XX2_{21}$	*	82,44	+	$XX2_{22}$	*	82,44	+	$XX2_{23}$	*	82,44	2.875,39	*	82,44	+	2.875,39	*	82,44	+	2.875,39	*	79,12										=	711.140,63
$XX3_{31}$	*	81,04	+	$XX3_{32}$	*	81,04	+	$XX3_{33}$	*	81,04	3.354,60	*	81,04	+	3.354,60	*	81,04	+	3.354,60	*	77,77										=	815.570,35
$XX4_{41}$	*	74,83	+	$XX4_{42}$	*	74,83	+	$XX4_{43}$	*	74,83	3.833,83	*	74,83	+	3.833,83	*	74,83	+	3.833,83	*	71,81										=	860.657,25
$XX5_{51}$	*	74,10	+	$XX5_{52}$	*	74,10	+	$XX5_{53}$	*	74,10	3.200,00	*	74,10	+	3.200,00	*	74,10	+	3.200,00	*	71,11										=	711.360,00
AÑO 2009											**15.183,82**				**15.183,82**				**15.183,82**												**=**	**3.591.784,23**
$XX1_{11}$	*	89,20	+	$XX1_{12}$	*	89,20	+	$XX1_{13}$	*	89,20	1.920,00	*	89,20	+	1.920,00	*	89,20	+	1.920,00	*	82,15										=	513.792,00
$XX2_{21}$	*	85,90	+	$XX2_{22}$	*	85,90	+	$XX2_{23}$	*	85,90	2.875,39	*	85,90	+	2.875,39	*	85,90	+	2.875,39	*	79,12										=	740.987,14
$XX3_{31}$	*	84,44	+	$XX3_{32}$	*	84,44	+	$XX3_{33}$	*	84,44	3.354,60	*	84,44	+	3.354,60	*	84,44	+	3.354,60	*	77,77										=	849.787,27
$XX4_{41}$	*	77,97	+	$XX4_{42}$	*	77,97	+	$XX4_{43}$	*	77,97	3.833,83	*	77,97	+	3.833,83	*	77,97	+	3.833,83	*	71,81										=	896.771,96
$XX5_{51}$	*	77,21	+	$XX5_{52}$	*	77,21	+	$XX5_{53}$	*	77,21	3.200,00	*	77,21	+	3.200,00	*	77,21	+	3.200,00	*	71,11										=	741.216,00
AÑO 2010											**15.183,82**				**15.183,82**				**15.183,82**													**3.742.554,37**
																															Horas	
										$XX1_{11}$	5.760,00		$XX1_{12}$		5.760,00		$XX1_{13}$		5.760,00											=	17.280,00	1.480.032,00
										$XX2_{21}$	9.488,78		$XX2_{22}$		8.194,85		$XX2_{23}$		8.194,85											=	25.878,48	2.134.629,55
										$XX3_{31}$	10.926,42		$XX3_{32}$		9.632,49		$XX3_{33}$		9.632,49											=	30.191,40	2.448.019,35
										$XX4_{41}$	11.501,50		$XX4_{42}$		11.501,50		$XX4_{43}$		11.501,50											=	34.504,50	2.583.351,92
										$XX5_{51}$	8.959,99		$XX5_{52}$		9.920,01		$XX5_{53}$		9.920,01											=	28.800,00	2.135.232,00
TOTAL											**46.636,68**				**45.008,85**				**45.008,85**												**136.654,38**	**10.781.264,82**

Tabla (2.19) Resolución del problema aplicando Programación Lineal utilizando excel

	INFORME DE DESVIACIONES							
	Horas Teóricas * Tarifa Presupuestada				Horas Reales * Tarifa Presupuestada (coste)			
	2008	**2009**	**2010**	**TOTAL**	**2008**	**2009**	**2010**	**TOTAL**
PROGRAMAS	520.502,40	542.361,60	565.171,20	**1.628.035,20**	473.184,00	493.056,00	513.792,00	**1.480.032,00**
INGENIERÍA ESTRUCTURAL	750.751,96	782.254,69	815.085,86	**2.348.092,51**	682.501,78	711.140,63	740.987,14	**2.134.629,55**
INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN	860.927,90	897.127,39	934.766,00	**2.692.821,29**	782.661,73	815.570,35	849.787,27	**2.448.019,35**
MANTENIMIENTO	908.514,99	946.722,97	986.449,15	**2.841.687,11**	825.922,72	860.657,25	896.771,96	**2.583.351,92**
COMPRAS	750.921,60	782.496,00	815.337,60	**2.348.755,20**	682.656,00	711.360,00	741.216,00	**2.135.232,00**
TOTAL	**3.791.618,84**	**3.950.962,65**	**4.116.809,81**	**11.859.391,30**	**3.446.926,22**	**3.591.784,23**	**3.742.554,37**	**10.781.264,82**
DESVIACIONES					**2008**	**2009**	**2010**	**Total**
(Horas teóricas * Tarifa -Horas reales * tarifa) / Horas teóricas * tarifa					9,00%	9,00%	9,00%	9,00%

Tabla (2.20) Informe de desviaciones del proyecto

Años	Plan de pagos	Coste							% Margen Industrial
		Programas	Ingeniería Estructural	Ingeniería Producción	Mantenimiento	Compras	Total	Materiales	
2008	3.619.282,79	473.184,00	682.501,78	782.661,73	825.922,72	682.656,00	3.446.926,22	0,00	4,76%
2009	7.272.747,88	493.056,00	711.140,63	815.570,35	860.657,25	711.360,00	3.591.784,23	3.026.416,34	9,00%
2010	16.394.605,42	513.792,00	740.987,14	849.787,27	896.771,96	741.216,00	3.742.554,37	11.023.157,68	9,94%
TOTAL	27.286.636,09	1.480.032,00	2.134.629,55	2.448.019,35	2.583.351,92	2.135.232,00	10.781.264,82	14.049.574,02	9,00%

Tabla (2.21) Informe de costes del proyecto

Año	Cobros	Pagos		Flujo de Caja	Valor Actual
		Mano de obra	Materiales		
2008	3.619.282,79	-3.446.926,22	-14.049.574,02	-13.877.217,45	-13.877.217,45
2009	7.272.747,88	-3.591.784,23		3.680.963,65	3.377.030,87
2010	16.394.605,42	-3.742.554,37		12.652.051,05	10.648.978,24
Total					148.791,66

Tabla (2.22) Cálculo del Valor Actual Neto del proyecto

Nota (1) Tasa de descuento utilizada del 0,09

$$VAN_{2008} = Q_1/ (1+i)^1 + Q_2 / (1+i)^2 + Q_3/(1+i)^3$$

CAPITULO III: LOS COSTES DE PRODUCCIÓN Y SU CONTROL

1. MÉTODOS DE CONTROL DE COSTES

La correcta asignación de los costes es de suma importancia en la distribución del beneficio del ejercicio entre los distintos productos que contribuyen a su creación, además de hacer posible un apropiado control de costes. Las dos técnicas principales de imputación de costes son el full-costing y el direct-costing, veamos en qué consisten cada uno de ellos.

- El full – costing distribuye los costes fijos entre los productos prorrateándolos en proporción a sus costes variables totales o los costes de los materiales que llevan incorporados.
- La técnica del direct – costing imputa a cada producto j como precio de coste solamente su coste variable, siendo la diferencia entre el precio de venta p_j y el coste variable unitario c_{vj} denominada margen unitario m_j

$$m_j = p_j - c_{vj} \quad (3.1)$$

Multiplicando esta última expresión por el número de unidades físicas vendidas, P_j, se obtiene el margen bruto total del producto, MB_j

$$MB_j = m_j * P_j \quad (3.2)$$

Sumando los márgenes brutos de los diversos productos se obtiene el margen bruto de la empresa, MB, del que finalmente se deducen los costes fijos C_F, para determinar el margen de beneficio neto, MN. Los cálculos para n productos serían:

$$MB = MB_1 + MB_2 + \ldots + MB_n \quad (3.3)$$

$$MN = MB - C_F \quad (3.4)$$

La forma de control de costes más difundida es la de costes estándares que aplicamos a un sistema de producción simple y explicamos más abajo.

La letra P designará la cantidad de producción en unidades físicas, la F el consumo del factor cuyo coste se desea controlar en unidades físicas y f al precio de cada una de esas unidades físicas, utilizaremos el subíndice s para referirnos a la previsión (o estándar) y el subíndice r para hacer referencia al valor real o efectivo.

El consumo previsto en el caso de una previsión de producción de P_s unidades físicas y un consumo de F_s significará que el consumo estimado por cada unidad producida será:

$$X_s = \frac{F_s}{P_s} \tag{3.5}$$

Si la producción efectiva ha sido ha sido P_r, con arreglo al estándar se debió consumir una cantidad de unidades físicas de este factor igual a:

$$X_s * P_r \tag{3.6}$$

Como según las previsiones el precio de cada unidad es f_s, el coste previsto correspondiente a la producción real será:

$$X_s * P_r * f_s \tag{3.7}$$

Pero lo que realmente ha sucedido es que se han consumido F_r unidades físicas a f_r unidades monetarias cada una de ellas, siendo por lo tanto el coste real:

$$F_r * f_r \tag{3.8}$$

Denominando x_r al número de unidades físicas realmente consumidas por cada unidad de producto terminado ($X_r = \frac{F_r}{P_r}$), el coste real también podrá ser expresado del siguiente modo:

$$X_r * P_r * f_r \tag{3.9}$$

Se denomina desviación total, D_T a la diferencia entre el coste real y el coste previsto correspondiente a la producción real:

$$D_T = x_r * P_r * f_r – x_s * P_r * f_s = P_r (x_r * f_r – x_s * f_s) \quad (3.10)$$

El importe situado entre paréntesis en esta última expresión es la desviación que existe por cada unidad de producto, es decir, se estimaba consumir x_s unidades físicas a f_s u.m. cada una, consumiéndose realmente x_r unidades físicas, cada una de las cuales costó f_r u.m. multiplicando la desviación existente en cada unidad de producto por el número de unidades producidas, P_r se obtiene la desviación total.

El análisis de las causas de la desviación total debe ser el siguiente paso a seguir, que son descritos a continuación:

- La variación respecto al estándar que se ha producido en el precio del factor
- La variación habida en la cantidad de factor por cada unidad de producto fabricada.

La desviación en precios D_p es el resultado de multiplicar la diferencia existente entre el precio unitario real y el estándar por el número de unidades del factor efectivamente utilizadas:

$$D_p = (f_r – f_s) F_r = (f_r – f_s) x_r P_r \quad (3.11)$$

La desviación en cantidades D_c es el resultado de valorar según el precio estándar la diferencia entre las unidades físicas realmente utilizadas F_r y las que hubieran correspondido a la producción real según las previsiones $x_s P_r$

$$D_c = (F_r – x_s P_r) f_s = (x_r P_r – x_s P_r) f_s = (x_r- x_s) P_r f_s \quad (3.12)$$

La diferencia entre el número de unidades físicas del factor que se han aplicado en la realidad y las previstas según el estándar vienen determinada por la última expresión. El resultado en u.m. de ésta, multiplicado por el número de de unidades de

producto efectivamente elaboradas, refleja la desviación en cantidades valoradas en unidades físicas, que en u.m significa desviación en cantidades.

La suma de las dos desviaciones: en precios y en cantidades (desviación económica y técnica respectivamente), produce la desviación total:

$$D_p + D_c = (f_r - f_s) x_r P_r + (x_r - x_s) p_r f_s =$$

$$= f_r x_r P_r - f_s x_r P_r + x_r P_r f_s - x_s P_r f_s \quad (3.13)$$

El segundo y tercero sumando son idénticos y de signo contrario, eliminándolos se obtiene:

$$f_r x_r P_r - x_s P_r f_s = P_r (x_r f_r - x_s f_s) = D_T \quad (3.14)$$

2. TEORIA DE LA PRODUCCIÓN OPTIMIZADA

No existe un criterio único en el área de Organización de Empresas que haya señalado a un modelo de control de costes indirectos como el más eficaz, prueba de ello por ejemplo son las críticas que la Teoría de las Restricciones realiza al método de costeo basado en actividades (ABC Activity Based Costing) y los conductores de costes (drivers), afirmando que no son útiles para el fin que fueron creados puesto que sólo prorratean algunos gastos a nivel de unidad producida, otros a nivel de lote de producción, otros a nivel de productos y algunos a nivel de empresa, sino que además ninguno de ellos logran agregar todos los gastos a las unidades producidas[52].

Un futuro desarrollo de investigación se abre ante la posibilidad de contrastar la anterior afirmación, el cual incluyera la identificación (si es que la hubiera), de sinergias creadas al aplicar ambos modelos de gestión de forma conjunta: la Tecnología de Producción Optimizada TPO (variante de la Teoría de las

[52] El método ABC analiza las actividades de los departamentos no vinculados directamente con la fabricación, para calcular el costo de los productos terminados, ya que son éstos los que causan los costes y son los productos los que consumen las actividades

Restricciones aplicada a la producción) y el método de costeo ABC (Activity Based Costing).

El principio de la Tecnología de Producción Optimizada se fundamenta en la orientación de la gestión en la planificación y control de las actividades y el proceso de mejora continua, identificando las restricciones que limitan la ganancia y explotándolas apropiadamente.

Tradicionalmente las empresas prorratean los costes indirectos de fabricación a los productos en proporción a las horas de mano de obra directa, a las horas-máquina o a la cantidad de materia prima, es decir, en función de la cantidad producida sin reflejar la demanda real de cada producto a los recursos dedicados por la empresa. El sistema funcionó bien cuando no existía diversidad de productos, los procesos y la mano de obra directa y materia prima constituían los principales factores de producción y siendo los costes indirectos una parte mínima del total.

La actual complejidad del mercado, la mayor variedad de líneas de productos con ciclos de vida cada vez más cortos, la disminución de los costes directos consecuencia de la robotización de procesos, provocaron que los costes fijos aumentaran su participación en el coste del mismo. Los sistemas tradicionales de cálculo basados en los volúmenes fabricados dio lugar a distorsiones en los costes a nivel individualizado, por ejemplo si el beneficio del producto fuera bajo o incluso produjera pérdidas, la decisión de parar de fabricarlo sin reducción de costes indirectos podría desencadenar la decisión de cortar otro output y así en adelante, entrando en una espiral negativa para la supervivencia de la empresa.

La hipótesis que hemos planteado son las siguientes:

H_0: La utilización de La Teoría de la Producción Optimizada ejerce un impacto significativo en la reducción de los niveles de inventario, causando una reducción de los lead times, plazos de entrega e incertidumbre asociada a los flujos de fabricación.

La Teoría considera que todas las medidas de desempeño en la gestión de una empresa deben ser orientadas a estas tres variables: *Beneficio Neto, Retorno sobre la Inversión y Flujo de Caja*, las cuales han sido nombradas por orden de relevancia

- Throughput: índice por el cual el sistema genera dinero a través de las ventas, lo que fuera producido pero no vendido no puede entrar dentro de esta definición pues no genera caja. Las ventas no debe ser confundidas con este concepto puesto que el throughput es el precio de venta menos los montos de dinero no generados por el sistema, excluyéndose además el dinero pagado a los proveedores, por los ítems y materiales que formaron parte del producto vendido, los gastos de subcontratación, comisión de vendedores externos, tasas aduaneras y de transporte.
- Inventario: Todo el dinero que el sistema invierte en la compra de cosas que pretende vender, definición que se aparta de la definición tradicional, atribuyendo a los productos en existencias solamente el valor pagado a los proveedores por el material y piezas compradas que componen el producto, sin considerar el valor agregado por la mano de obra y gastos generales propios de la empresa.
- Gasto Operativo: Todo el dinero que el sistema gasta para transformar el inventario en throughput, incluye la mano de obra directa e indirecta, energía, materiales, junto amortizaciones. La depreciación la define como el mecanismo por el cual el valor de la maquinaria es transferido del Inventario al Gasto Operativo.

Estos tres parámetros interactúan entre sí y por lo tanto tienen que ser considerados simultáneamente con el objetivo de de maximizar el throughput, minimizando a la

vez el Inventario y el Gasto Operativo. La interacción se produce entre las tres variables, por ejemplo un aumento del througput sin aumentar el nivel de Inventario o el Gasto Operativo, repercute positivamente en el Beneficio neto, el Retorno de la Inversión y el Flujo de Caja.

H_1: El método de costeo por actividades permite una mejor identificación del coste, asignando cada uno de los recursos a cada producto/bien o servicio. Los costes de los recursos son asignados a las actividades y de aquí a los productos, asumiendo que los costes son incurridos cada vez que una unidad es producida.

Esto último sólo tendría sentido para el trabajo realizado directamente sobre las unidades producidas, las actividades que dependen de otros factores como compras, planificación, cambios o modificaciones de ingeniería del producto, inspección de calidad por ejemplo, los causantes del coste no son los volúmenes físicos de producción sino el número de transacciones realizadas.

El método Activity Based Costing informa acerca de la capacidad excedente, permitiendo también visualizar el comportamiento de los costes de los productos desde la perspectiva del ciclo de vida. La capacidad cesante se transfiere a la Cuenta de Resultados como pérdida de explotación.

Una innovación del costeo por actividades es el reconocimiento de diferentes niveles jerárquicos de asignación de actividades a los objetos de costo. La asignación de actividades a las unidades producidas se produce previo agrupamiento de las primeras.

- Unidad: son las actividades realizadas directamente sobre la unidad producida, son asignadas a los productos a través de drivers como horas, mano de obra directa, horas-máquina…

- Lote: son las actividades realizadas sobre un lote de productos, siendo asignadas a los productos según sus drivers como por ejemplo el número de set up, número de movimiento de materiales, número de inspecciones de calidad…
- Cliente: son las actividades realizadas en beneficio de aquellos, como procesar órdenes de compra o proveer soporte técnico y logístico, por ejemplo la asignación de costos de esas actividades a los productos sería el número de órdenes de compra recibidas.
- Soporte a las instalaciones: las actividades de administración en general las cuales aseguran la condición de operatividad de la fábrica, pero no se relacionan a los productos o clientes sin una base lógica, por ejemplo en base al volumen de horas – máquina, número de unidades producidas…-

Aunque algunos gastos tengan que ser prorrateados a nivel de unidad y otros a nivel de lote de producción, estos últimos son divididos por el número de piezas del lote. Los costos asignados a nivel de producto o grupo de productos son diferidos para la posterior amortización, pudiendo incluso ser atribuidos a cada unidad producida.

H_2: Altos niveles de ocupación no son sinónimos de eficiencia, por ejemplo se podría incrementar la producción para repartir los costes indirectos en un mayor número de unidades producidas, generándose distorsiones en las tareas de control y transferencias de costes entre productos.

H_3: La industria por lo general actúa tratando de asignar de manera óptima sus recursos teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias, reduciendo su objetivo a un problema de Programación Lineal.

En la planificación de la capacidad se determinaban los recursos a largo plazo (el nivel de las instalaciones y su localización) y en la planificación a medio se

establecían los recursos a un plazo inferior (nivel de utilización de horas extras, mano de obra, inventarios, etc), con ello quedan determinados los recursos disponibles. La programación de la producción consiste en distribuir los recursos limitados entre los diferentes productos, trabajos, actividades, tareas, clientes o ítems en general.

La principal técnica de programación es la Lineal, determinando cual es la distribución de recursos entre el conjunto de productos que maximice el beneficio, denominándose Programa Productivo a cada posibilidad de distribución.

H_4: La Teoría de la Producción Optimizada permite dirigir de forma más eficiente las inversiones a los recursos que limitan la capacidad del sistema como un todo - los cuellos de botella-.

Una empresa que no consigue vender todo lo que produce posee una restricción de mercado, por otro lado si la demanda de mercado para los bienes de la empresa excede su capacidad para producirlos existirá una restricción interna de capacidad. Los recursos cuyas capacidades fueran menores que la demanda de mercado las denomina cuellos de botella. El recurso que tuviera la menor capacidad de todos definirá la capacidad máxima del sistema.

La metodología propuesta se compone de cinco pasos:

1. Identificar las restricciones del sistema
2. Explotar las restricciones
3. Subordinar todo el sistema a la etapa anterior
4. Elevar la capacidad de las restricciones del sistema

Si en las etapas anteriores se eliminan una o más restricciones se inicia nuevamente el proceso, retornando al primer punto sin dejar que la inercia vuelva a la primera restricción del sistema.

H_5. La teoría de la Producción Optimizada ofrece un mayor nivel de protección contra las incertidumbres en la circulación del material que el sistema Just in Time, puesto que este último atribuye pequeña cantidad de material proporcionalmente al número de tarjetas Kanban, en contraposición a la primera teoría la cual asigna prioridad a los cuellos de botella.

H_6: la utilización en exclusiva de la Teoría de la Producción Optimizada lleva asociado el riesgo de, a pesar de explotar al máximo los recursos no maximizar los beneficios, al no ser capaces de identificar entre todos los productos cuáles de ellos son más rentables.

Aplicamos La Teoría de la Producción Optimizada a un ejemplo

TEORÍA DE LA PRODUCCIÓN OPTIMIZADA. UN EJEMPLO

Una empresa fabrica dos productos a partir de la misma materia prima, designados por: P_1 y P_2. El proceso de transformación consta de cuatro operaciones: A; B; C y D. Los tiempos de producción para cada uno de ellos y los costes, son mostrados en las dos primeras tablas.

Producto	Recursos				Total
	A	B	C	D	
P_1	16 minutos	16 minutos	17 minutos	27 minutos	76 minutos
P_2	14 minutos	24 minutos	14 minutos	24 minutos	76 minutos

Tabla (3.1) Tiempos de fabricación / TPO

Recurso	A		B		C		D			Total euros	
Costes fijos	1.500	23,08%	2.500	38,46%	2.000	30,77%	500	7,69%		6.500	100%
Costes fijos									13.500	13.500	
Total costes fijos	**1.500**		**2.500**		**2.000**		**500**		**13.500**	**20.000**	

Tabla (3.2) Informe de costes / TPO

Producto	Precio venta	Coste variable unitario	Ganancia/ud	Tiempo en la restricción	Ganancia
P_1	85 euros/ud.	40 euros/ud	45 euros/ud	27 min/ud	1,67 euros/min
P_2	100 euros/ud	40 euros/ud	60 euros/ud	24 min/ud	2,5 euros/min

Tabla (3.3) Rentabilidad P1 versus P2 bajo restricción recurso “D”

Los productos P_1 y P_2 son vendidos respectivamente a 85 euros y 100 euros la unidad, siendo sus costes unitarios de 45 euros y 60 euros para cada uno de ellos (ver tabla (3.3)

La demanda máxima de P_1 es de 500 unidades, siendo para P_2 250 unidades. La capacidad teórica de la empresa para cada recurso son 10.000 minutos, siendo la capacidad necesaria para abastecer la totalidad de la demanda la representada en la tabla (3.4)

Recurso	500 P_1	250 P_2	Total
A	8.000	3.500	11.500
B	8.000	6.000	14.000
C	8.500	3.500	12.000
D	13.500	6.000	19.500

Tabla (3.4) Informe de Capacidad / TPO

La empresa empleará las cinco etapas de este modelo de optimización.

El primer paso consiste en localizar la restricción del sistema, que será el recurso más sobrecargado "D", para a continuación explotar la restricción. La tabla (3.3) nos muestra que en la actual situación el producto más rentable es el P_2.

Recursos			minutos			minutos			minutos	minutos		minutos
A	X_1	+	3.500	X_2	=	10.000						
B	X_1	+	6.000	X_2	=	10.000						
C	X_1	+	3.500	X_2	=	10.000						
D	X_1	+	6.000	X_2	=	10.000	X_1	=	10.000	-6.000	=	4.000

Tabla (3.5) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.4)

$$\frac{4.000 \text{ minutos}}{27 \text{ minutos/ud}} = 148{,}15 \text{ unidades}$$

Es posible fabricar 148,15 unidades de P_1 y 250 unidades de P_2 bajo estas condiciones generando un beneficio excluido costes fijos de 21.166,67 euros (148,15 unidades * 45 euros/unidad + 250 unidades * 60 euros/unidad = 21.166,67 euros), si le descontamos los costes fijos 20.000 euros (ver tabla 3.2), nos queda un beneficio de explotación de 1.166,67 euros (21.166,67 euros – 1.166,67 euros = 1.166,67 euros)

Recurso	148,15 P_1 E	F	G = E*F	250 P_2 = H	I = G + H	Capacidad teórica	% capacidad H/I
A	148,15	16,00	2.370,00	3.500,00	5.870,00	10.000,00	59,00%
B	148,15	16,00	2.370,00	6.000,00	8.370,00	10.000,00	84,00%
C	148,15	17,00	2.519,00	3.500,00	6.019,00	10.000,00	60,00%
D	148,15	27,00	4.000,00	6.000,00	10.000,00	10.000,00	100,00%

Tabla (3.6) Carga real para la fabricación óptima de los dos productos

La elevación de la restricción es aceptada porque el recurso "D" es poco significativo en términos de coste. La consecuencia es el incremento del coste operativo en 500 euros/mensuales, resultando ahora el coste fijo total 20.500 euros (20.000 euros + 500 euros = 20.500 euros).

Recurso	A		B		C		D			Total euros	
Costes fijos	1.500	21,43%	2.500	35,71%	2.000	28,57%	1.000	14,29%		7.000	100%
Costes fijos									13.500	13.500	
Total costes fijos	**1.500**		**2.500**		**2.000**		**1.000**		**13.500**	**20.500**	

Tabla (3.7) Costes si elevamos la restricción del recurso "D"

El coste fijo "D" son ahora 1.000 euros (500 euros + 500 euros = 1.000 euros), siendo la nueva restricción de acuerdo a la tabla (3.6), el recurso "B"

Producto	Precio	Coste variable unitario	Ganancia/ud	Tiempo en la restricción	Ganancia
P_1	85 euros/ud.	40 euros/ud	45 euros/ud	16 min/ud	2,81 euros/min
P_2	100 euros/ud	40 euros/ud	60 euros/ud	24 min/ud	2,5 euros/min

Tabla (3.8) Rentabilidad P1 versus P2 bajo restricción del recurso "B"

El producto P_1 sería el más rentable concediéndole la empresa prioridad y fabricando 500 unidades del mismo y 83,33 unidades de P_2 sujeto a estas nuevas condiciones (ver cálculo posterior a la tabla (3.9)), generando un beneficio de explotación de 7.000 euros (500 unidades * 45 euros/unidad + 83,33 unidades * 60 euros/unidad -20.500). La empresa decidirá contratar a un nuevo empleado adaptando el proceso de producción a este segundo modelo. El nuevo resultado de explotación respecto al anterior ha aumentado en 6.833,33 euros (7.000 euros – 1.166,67 euros = 6.833,33 euros).

Recurso			minutos			minutos			minutos	minutos		minutos
A	X_1	+	8.000	X_2	=	10.000						
B	X_1	+	8.000	X_2	=	10.000	X_1	=	10.000	-8.000	=	2.000
C	X_1	+	8.500	X_2	=	10.000						

Tabla (3.9) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.4)

$$\frac{2000 \text{ minutos}}{24 \text{ minutos/ud}} = 83{,}33 \text{ unidades}$$

La restricción del recurso "B" es elevada y por lo tanto se decide contratar personal aumentando así el coste fijo en 1.000 euros (ver tabla 3.10), además suponemos que compra equipos por valor de 90.000 euros, utilizando el criterio Pay-Back para seleccionar inversiones, que acepta si retornan en menos de 36 meses.

Recurso	A		B		C		D			Total euros	
Costes fijos	1.500	18,75%	3.500	43,75%	2.000	25,00%	1.000	12,50%		8.000	100%
Costes fijos									13.500	13.500	
Total costes fijos	**1.500**		**3.500**		**2.000**		**1.000**		**13.500**	**21.500**	

Tabla (3.10) Costes de la empresa elevada la restricción del recuso "B"

La nueva situación nos conduce a identificar como nueva restricción al recurso "C".

Recurso	83,33 P_2 E	Tiempos de fabricación P_2 F	G = E*F	Capacidad necesaria 500 P_1= H	I = G + H	Capacidad teórica	% capacidad H/I
A	83,33	14,00	1.167,00	8.000,00	9.167,00	10.000,00	92,00%
B	83,33	24,00	2.000,00	8.000,00	10.000,00	10.000,00	100,00%
C	83,33	14,00	1.167,00	8.500,00	9.667,00	10.000,00	97,00%
D	83,33	24,00	2.000,00	13.500,00	15.500,00	10.000,00	

Tabla (3.11) Carga real para la fabricación óptima de los dos productos

Producto	Precio	Costes variables	Ganancia	Tiempo en la restricción	Ganancia
P_1	85 euros/ud.	40 euros/ud	45 euros/ud	17 min/ud	2,65 euros/min
P_2	100 euros/ud	40 euros/ud	60 euros/ud	14 mi/ud	4,29 euros/min

Tabla (3.12) Rentabilidad P1 versus P2 bajo la restricción del recurso "C"

El producto P_2 sería preferido a P_1, fabricándose 382,35 unidades de P_1 (según cálculo posterior a la tabla (3.13)) y 250 unidades de "P_2" generando un beneficio de explotación mensual de 10.705,88 euros (382,35 unidades *45 euros/unidad +250 unidades*60 euros/unidad -21.500 euros de coste fijo = 10.705,88 euros), es decir, un incremento respecto del anterior de 3.705,88 euros. (10.705,88 euros - 7.000 euros = 3.705,88 euros), el periodo de recuperación de la inversión sería de 90.000 euros el Pay-back time 24,2 meses (90.000 euros / 3.705,88 euros). La empresa

decide ampliar la capacidad del recurso "B". La depreciación mensual del equipo 1.500 euros pasa a integrar el coste fijo que pasa a ser 23.000 euros mensuales, mientras el beneficio totaliza 9.205,75 euros (382,35 unidades * 45 euros/unidad + 250 unidades * 60 euros/unidad -23.000 euros = 9.205,75 euros)

Recurso			minutos			minutos			minutos	minutos		minutos
A	X_1	+	3.500	X_2	=	10.000						
C	X_1	+	3.500	X_2	=	10.000	X_1	=	10.000	-3.500	=	6.500

Tabla (3.13) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.10)

$$\frac{6.500 \text{ minutos}}{17 \text{ mintos/ud}} = 382{,}35 \text{ unidades}$$

Recurso	A		B		C		D				Total euros	
Costes fijos	1.500	18,75%	3.500	43,75%	2.000	25,00%	1.000	12,50%			8.000	100%
Costes fijos									13.500	1.500	15.000	
Total costes fijos	**1.500**		**3.500**		**2.000**		**1.000**		**13.500**	**1.500**	**23.000**	

Tabla (3.14) Costes fijos de la empresa elevada la restricción del recurso "C"

Recurso	382,35 P_1 E	Tiempos de fabricación P_1 F	G = E*F	Capacidad necesaria 250 P_2 = H	I = G + H	Capacidad teórica	% capacidad H/I
A	382,35	16,00	6.118,00	3.500,00	9.618,00	10.000,00	96,00%
B	382,35	16,00	6.118,00	6.000,00	12.118,00	10.000,00	
C	382,35	17,00	6.500,00	3.500,00	10.000,00	10.000,00	100,00%
D	382,35	27,00	10.323,00	6.000,00	16.323,00	10.000,00	

Tabla (3.15) carga real para la fabricación óptima de los dos productos

La elevación de la restricción implica la contratación de personal por importe de 1.000 euros mensuales y la compra de equipos por 60.000 euros, en caso de ser aceptada la decisión el gasto operativo (incluye sólo el de personal), supondría un

total de 24.000 euros. La nueva restricción pasaría a ser el recurso "A" y las rentabilidades de cada producto las de la tabla (3.12)

Producto	Precio	Costes variables	Ganancia	Tiempo en la restricción	Ganancia
P_1	85 euros/ud.	40 euros/ud	45 euros/ud	16 min/ud	2,81 euros/min
P_2	100 euros/ud	40 euros/ud	60 euros/ud	14 min/ud	4,29 euros/min

Tabla (3.16) Rentabilidad P1 versus P2 bajo la restricción del recurso "A"

El producto P_2 sería preferido a P_1, la combinación óptima estaría formada por 406,25 unidades de P_1 y 250 P_2, obteniendo un beneficio de explotación de 9.281,25 euros (406,25 unidades P_1 * 45 euros/unidad + 250 unidades P_2 * 60 euros/unidad – 24.000 euros = 9.281,25 euros). El incremento ha sido de 75,5 euros (9.281,25 euros – 9.205,75 euros = 75,5 euros). El Pay-back-time sería de 795 meses (60.000 euros / 75,5 euros = 794,7 meses), por lo tanto no ha sido aceptada la elevación de la restricción.

Recurso	A		B		C		D				Total euros	
Costes fijos	1.500	16,67%	3.500	38,89%	3.000	33,33%	1.000	11,11%			9.000	100%
Costes fijos									13.500	1.500	15.000	
Total costes fijos	**1.500**		**3.500**		**3.000**		**1.000**		**13.500**	**1.500**	**24.000**	

Tabla (3.17) Costes fijos elevada la restricción del recurso "C"

Recurso		minutos			minutos			minutos	minutos		minutos
A	X_1	+	3.500	X_2	=	10.000	X_2	=	10.000	-3.500	=	6.500

Tabla (3.18) Planteamiento para la resolución de la tabla (3.14)

$$\frac{6.500 \text{ minutos}}{16 \text{ minutos/unidad}} = 406{,}25 \text{ unidades}$$

Recurso	A		B		C		D						Total euros	
Costes fijos	1.500	16,7%	3.500	38,9%	3.000	33,3%	1.000	11,1%					9.000	100%
Costes fijos									1.000	13.500	1.500	1000	16.000	
Total costes fijos	**1.500**		**3.500**		**3.000**		**1.000**		**1.000**	**13.500**	**1.500**	**1.000**	**25.000**	

Tabla (3.19) Costes fijos elevada la restricción del recuso "A"

La aceptación de elevar la restricción del recurso "A", hubiera supuesto el incremento del coste fijo en más de 1.000 euros mensuales debido a la amortización del equipo, totalizando este último 25.000 euros mensuales, siendo entonces su beneficio de explotación 8.281,25 euros (406,25 unidades * 45 euros/unidad + 250 unidades * 60 euros/unidad – 25.000 euros = 8.281,25 euros), confirmando la decisión de no elevación de la restricción.

8.281,25 euros < 9.281,25 euros

¿Qué sucedería si se elevarán a la vez las restricciones de los recursos "A" y "C"? que la empresa necesitaría contratar un empleado más y suponiendo un salario mensual de 500 euros para "A" y para "C" 1.000 euros y adicionalmente la compra de otro equipo por valor de 60.00 euros.

Recurso	A		B		C		D				Total euros	
Costes fijos (A;B;C;D)	1.500	18,75%	3.500	43,75%	2.000	25,00%	1.000	12,50%			8.000	100%
	500				1.000						1.500	
Costes fijos (A+B+C+D)	**2.000**		**3.500**		**3.000**		**1.000**				**9.500**	
Costes fjos									**13.500**	**1.500**	**15.000**	
Total costes fijos	2.000		3.500		3.000		1.000		13.500	1.500	24.500	

Tabla (3.20) Costes fijos elevada la restricción del recurso "A" y "C" simultáneamente

El gasto mensual sería ahora de 24.500 euros y la inversión en equipos 120.000 euros (60.000 euros + 60.000 euros = 120.000 euros). Las restricciones serían eliminadas y la mezcla de productos sería 500 P_1 y 250 P_2. El beneficio de explotación supondría 13.000 euros (500 unidades * 45 euros/unidad + 250 unidades * 60 euros / unidad – 24.500 euros = 13.000 euros). El tiempo de recuperación de la inversión 32 meses (120.000 euros / 3.794,12 euros = 32 meses), el beneficio aumentado en 3.794,12 euros (13.000 euros – 9.205,88 euros) aceptándose el incremento de capacidad.

Recurso	A		B		C		D					Total euros	
Costes fijos (A;B;C;D)	1.500	18,75%	3.500	43,75%	2.000	25,00%	1.000	12,50%				8.000	100%
	500				1.000							1.500	
Costes fijos (A+B+C+D)	**2.000**		**3.500**		**3.000**		**1.000**					9.500	
Costes fjos									**13.500**	**1.500**	**2.000**	**17.000**	
Total costes fijos	2.000		3.500		3.000		1.000		13.500	1.500		26.500	

Tabla (3.21) Costes fijos elevada la restricción “A” y”C” simultáneamente+ amortizaciones

El beneficio de explotación sería 11.000 euros (500 unidades * 45 euros/unidad + 250 unidades * 60 euros / unidad -26.500 euros coste fijo), lo que le corresponde un aumento de beneficio de explotación respecto el anterior de 1.794,12 euros (11.000 euros - 9.205,88 euros =1.794,12 euros)

Recurso	500 P_1	250 P_2	Total	%	% de la capacidad
A	8.000 minutos	3.500 minutos	11.500 minutos	(8.000+3.500)/20.000	57,50%
B	8.000 minutos	6.000 minutos	14.000 minutos	(6.000+14.000)/20.000	70,00%
C	8.500 minutos	3.500 minutos	12.000 minutos	(3.500 +12.000)/20.000	60,00%
D	13.500 minutos	6.000 minutos	19.500 minutos	(6.000+19.500)/20.000	97,50%

Tabla (3.22) Carga necesaria para abastecer la demanda máxima

La tabla (3.22) demuestra que a excepción del recurso "D" el resto posee una capacidad ociosa significativa, siendo el beneficio de explotación el máximo de los posibles.

La capacidad real es mayor en la tabla (3.6) que en la (3.22), siendo el beneficio asociado a la última situación casi el 35% mayor que en la primera.

3. GESTIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES EN LA INDUSTRIA

El objetivo de este apartado es describir el proceso seguido por la industria en la gestión de riesgos y oportunidades durante la gestión de un proyecto.

Partimos de las siguientes hipótesis y/o definiciones:

- Un riesgo es una incertidumbre cuya ocurrencia provocará la aplicación de la contingencia prevista para ese caso, (aplicación de la provisión contable).
- Toda innovación conlleva riesgos que deben ser asumidos y gestionados. Todos los proyectos son arriesgados, ya que tratan de conseguir algo único o diferente en cuanto la forma de lograrlo, implicando cierto grado de incertidumbre, aunque la experiencia ayude a reducirlo. El volumen de pérdidas estará correlacionado con la magnitud de los riesgos no controlados.

- El impacto de la acumulación de pequeños riesgos de un proyecto, puede ser más fuerte que la ocurrencia de otro riesgo de mayor envergadura,
- La Gestión de Riesgos es una herramienta de gestión que la mayoría de las industrias han convertido en norma, que es utilizada para identificarlos, valorarlos y controlarlos. La implantación de este modelo facilita la identificación de alternativas ayudando al cumplimiento en coste y plazo.

Las posibles oportunidades creadas durante la vida de un proyecto son gestionadas igual que los riesgos, la diferencia es que si las primeras se produjeran las consecuencias serían positivas para la empresa, veamos algunos ejemplos:

1. Las externalidades asociadas al Programa, por ejemplo disponibilidad de nuevas tecnologías.
2. La aparición de efectos colaterales no previstos durante el ciclo de vida del proyecto, por ejemplo entregas adicionales a las previstas inicialmente.
3. La creación de nuevos nichos de mercado.
4. Sinergias surgidas entre diferentes proyectos
5. Incertidumbres que podrían convertirse en resultados positivos, por ejemplo, tipos de cambio y/o de interés.

La gestión de riesgos forma parte también del cálculo del retorno de una inversión, obteniéndose este dato a través de la suma en la partida de ingresos de los ahorros generados por utilizar esta herramienta y dividiéndolo por el coste de su gestión[53].

$$\text{ROI (RM)} = \frac{\sum ahorros}{RM\ coste}$$

[53] En inglés Retorno de Inversión de la gestión de riesgos: (ROI (RM))

El coste incluye el total de la inversión de los recursos empleados en: tiempo dedicado a reuniones, coste de elaboración de informes y personal dedicado a la realización, desarrollo e implementación de planes.

El plan de gestión de riesgos debería contener mínimo los siguientes apartados (según el cliente OTAN): actividades, presupuesto y un registro inicial identificando las tareas potencialmente inciertas. Lo resumimos en los siguientes puntos:

1. Metodología y herramientas de gestión del plan
2. Registro de riesgos
3. Documentación y sistema de información
4. Responsabilidades y funciones dentro del programa
5. Tipo, contenidos y periodicidad de los informes
6. Requerimientos del cliente sobre esta área

3.1. EL PROCESO DE GESTIÓN DE RIESGOS

El proceso de Gestión de Riesgos es iterativo y consta de cuatro de fases:

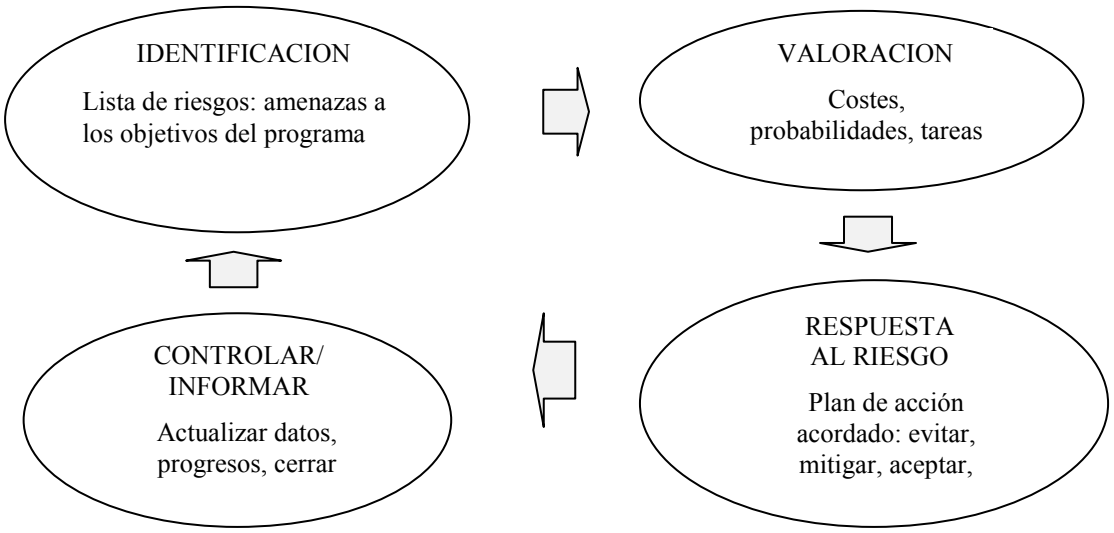

Gráfico (3.1) Proceso de Gestión de Riesgos

Una vez el riesgo ha sido reconocido debe ser registrado en una base de datos asignándole la categoría de "identificado" y reflejado en el Work Break-Down Structure. La responsabilidad de pasarlo al estado "validado" que es cuando el riesgo pasa a ser una amenaza recaerá en el responsable del Programa, como también en caso que este desaparezca de dar instrucciones para calificarlo como "cancelado".

El grado de impacto de producirse el evento determinará cuál de las siguientes acciones deberían ser tomadas:

- La elevación del asunto a nivel jerárquico superior
- Incluirlo en la próxima reunión de riesgos
- Valorar si con su revisión es suficiente

Las acciones a ser tomadas se dividen en: "evitada", transferida", "mitigada" y "aceptada". La contingencia es activada tan pronto como el riesgo pasa a ser una realidad –se ha producido el "evento"-, si el impacto es nulo se considera el estado "cerrado".

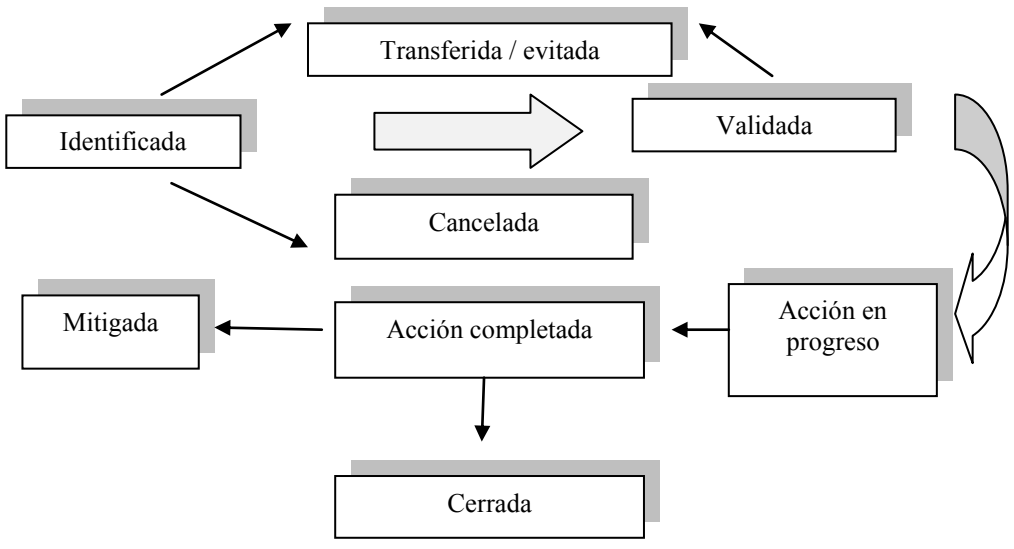

Gráfico (3.2) El carácter cíclico de la gestión de Riesgos

- Evitada: estado donde el riesgo no es asumible por el programa debido al alto impacto que tiene la presentación del suceso.
- Transferida: significa que otra parte asume el riesgo (seguros contratados, Joint Ventures…)
- Mitigada: implica la gestión de medidas preventivas para reducir la probabilidad de la ocurrencia del suceso o minimizar su impacto.
- Aceptada: supone ser consciente del riesgo, aunque no se toman medidas especiales para controlarlo.

La estrategia adoptada frente a un riesgo para mitigarlo y/o evitarlo también forma parte de un ciclo, que comienza con su valoración siempre y cuando las causas y las consecuencias del mismo sean identificadas.

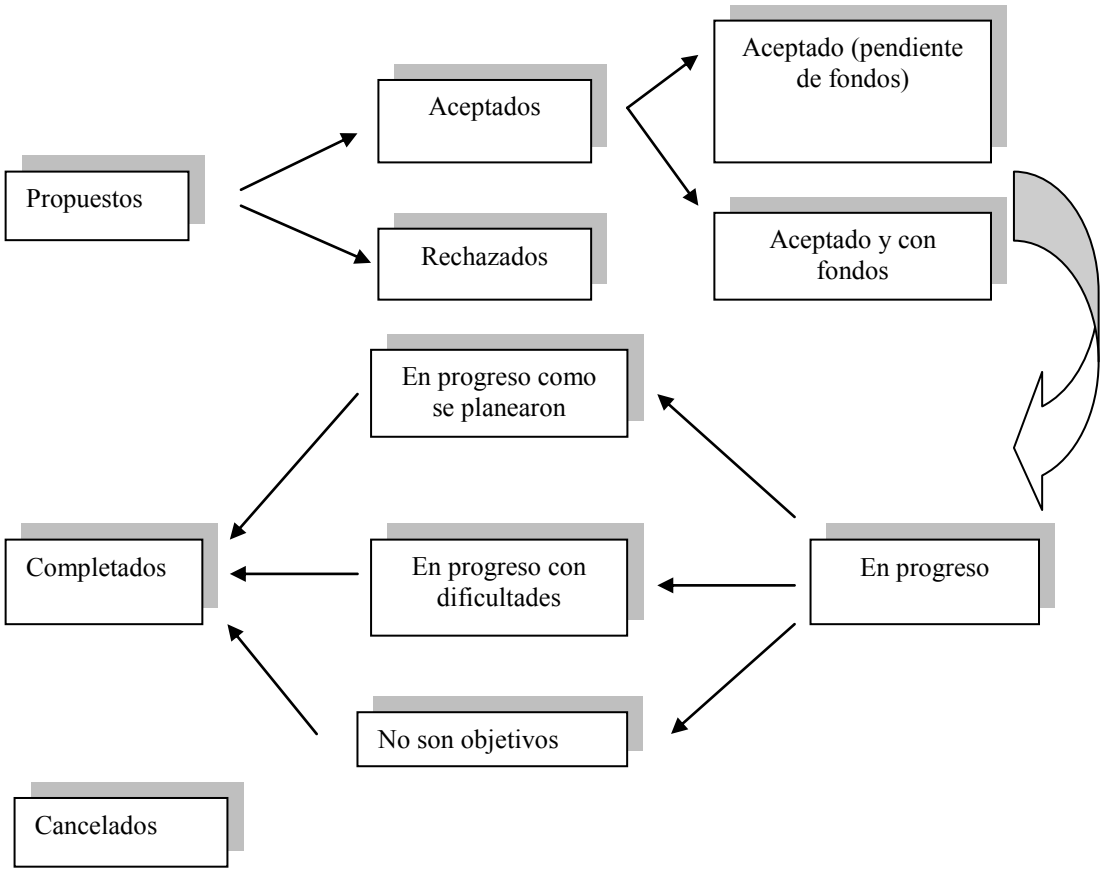

Gráfico (3.3) El Ciclo de Acción

La fase de identificación del riesgo es una actividad que recoge el mayor rango posible de los mismos. El registro y su estado incluirán al menos los siguientes datos:

- ✓ Identificación. Utilizar un único número
- ✓ Fecha de identificación y nombre de la persona que lo ha identificado
- ✓ Descripción del riesgo
- ✓ Responsable del riesgo: persona encargada de contabilizarlo
- ✓ Contenido y causas del riesgo
- ✓ Las consecuencias en caso de materializarse el evento
- ✓ Fecha desencadenante: cambio cualitativo en la capacidad para controlarlo
- ✓ Categorización. Permite el análisis a mayores niveles de escala
- ✓ Work Break-Down Structure: Código de identificación contable del riesgo.
- ✓ Riesgos relativos: genéricos o menores, aunque comparten las raíces del mismo
- ✓ Situación / estado
- ✓ Asignación del nivel a informar
- ✓ Quién lo valida

3.2. VALORACIÓN DEL RIESGO

Actividad que consiste en asignar prioridades a los riesgos identificados y representarlos en una escala de probabilidades.

	Probabilidad
Baja (1)	El hecho no ocurrirá, o con escasa probabilidad (<1%, = 25%)
Media (2)	Incertidumbre sobre si se presentará (<25%, = 49%)
Alta (3)	Mayor probabilidad que anteriores casos de que ocurra (<50%, = 75%)
Muy alta (4)	Alta probabilidad de ocurrencia (<75%, 100%)

Tabla (3.23) Valoración del Riesgo

Riesgo	Impacto	Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Muy Alto (4)
Tiempo		Hito cuyo retraso sobre el Camino no Crítico, repercute + el 10% del total de horas planificadas	Hito cuyo retraso sobre el Camino Crítico, repercute + del 5% del total de horas planificadas	Hitos significativos, cuyo retraso sobre el Camino Crítico, repercute no + del 10% del total de horas planificadas	Hitos críticos, cuyo retraso pone en peligro el programa, cambios significativos en el Camino Crítico > 10% del total horas planificadas
Coste	% presupuesto	< 5%	< 10%	> 25%	< 25%
Ejecución	Entregas contratadas	Pequeña caída de ingresos (cualquier parámetro con un delta < 1,5%)	Significante caída de ingresos, (cualquier parámetro con un delta <3%)	Grandes pérdidas (cualquier parámetro con un delta <5%)	Pérdidas inaceptables, (cualquier parámetro con un delta >5%)

Tabla (3.24) Valoración del Riesgo 2

3.3. TÉCNICAS DE SIMULACIÓN DE RIESGOS. EL CASO DEL A400M

Las técnicas más habituales son la del árbol causal, permitiendo a partir de un accidente real ya sucedido investigar sobre las circunstancias que desencadenaron el mismo y la otra es el árbol de fallos y errores, el cual reproduce todas las vías posibles que pueden conducir a un acontecimiento final antes que suceda, tratando de conocer todas las posibles rutas desencadenantes.

El número de variables que podemos controlar en un análisis de riesgos es pequeño, cuando el número de combinaciones posibles es alto, la mejor opción sería identificar los valores máximos y mínimos y sus probabilidades, obteniéndose en tal caso valores marginales del resultado que estamos buscando.

La técnica de simulación consiste en realizar un experimento en el que intervienen una serie de variables previamente identificadas, un número aceptable de veces, obteniendo un valor probabilístico asociado a un resultado o una predicción al que se le une una incertidumbre.

La aplicación práctica de esta teoría, es tratar de identificar y cuantificar aquellas variables que van a intervenir en la formación de costes del Ciclo de Vida del programa A400M[54].

La tabla (3.25) aplica los porcentajes asignados como nivel de incertidumbre marcado por la propia industria, oscilando entre el 0% en el caso de costes de adquisición (sin riesgo alguno) hasta el 50% en los costes de obsolescencia. La

[54] El programa informático utilizado ha sido "Cristal Ball (Decissionering inc.) bajo licencia oficial para el Ejército del Aire
MUÑOZ, A, "Aplicación de las técnicas de simulación al análisis de riesgos", *Revista de Aeronáutica y Astronáutica. El grupo de transmisiones del Ejército del Aire*, nº: 754; junio, 2006: 513

conclusión inicial es que poco se puede deducir de este resultado final, debido al escaso conocimiento que se tiene del comportamiento de cada una de las variables.

El siguiente paso consiste en definir la función de densidad de cada variable, su valor más probable y los límites superior e inferior de su función. Los costes suelen responder a esta clase de funciones de distribución (de densidad), es decir funciones continúas, aunque no se descarta situaciones excepcionales tipo discretas. El fundamento de la simulación consiste en la generación de valores aleatorios por el método de Monte Carlo.

Los experimentos realizados alcanzaron el número de 10.000 con un intervalo de confianza del 95%. El valor medio de la predicción fue de 5.391.743,71 euros en una función de distribución normal, se consideraron 9.957 experimentos de los 10.000 marcados.

El objetivo del análisis que efectuaron de manera conjunta industria y cliente, fue identificar el tipo de variables que más intervienen en la dispersión del resultado final con la finalidad de tomar medidas correctoras y/o ejercer un seguimiento continuado de su evolución.

4. CIERRE DEL PROYECTO

A la finalización del contrato el responsable del programa conjuntamente con los departamentos que han colaborado en el proyecto, debería crear una serie de documentos que abarcarían los siguientes puntos:

- Comprobación que todos los contratos con suministradores se encuentran satisfactoriamente cumplimentados, no quedando nada pendiente de entregar (elementos, documentación, garantías, etc.)

- Comprobación que no hay facturas o reclamaciones pendientes de proveedores que pudieran ser repercutidas al cliente.
- Comprobación que no existen penalizaciones del cliente que deban ser repercutidas a los suministradores.
- Comprobación que todos los compromisos de la empresa con el cliente han sido satisfechos y facturados, identificando y evaluando las posibles faltas, discrepancias y elementos pendientes de entrega.
- Archivar los documentos contractuales que certifiquen y documenten por parte del cliente, que se han satisfecho todos los requerimientos del contrato.
- Definir el criterio de liquidación a la Cuenta de Resultados del inventario de obra en curso si lo hubiera.
- Cerrar todos los elementos de control de coste.
- Comunicar oficialmente el cierre del programa al cliente.
- Disolver el equipo del proyecto y transferir las actividades pendientes a aquellas áreas que deban continuar proporcionando servicio al cliente durante la fase de operación.

✓ **Cierre de actividades**

Cuando todos los productos y servicios objeto del contrato hayan sido entregados al cliente y los documentos probatorios de la entrega debidamente firmados hayan sido recibidos, el área de Programas emitirá una directiva de cierre del proyecto y procederá al cierre de todos los elementos de control de coste y a la disolución de los equipos de gestión del programa.

El cierre de los elementos de control de coste tendrá dos dimensiones: el técnico y el contable.

✓ **Balance final**

El jefe de Proyecto generará los siguientes documentos: Balance del contrato y lecciones aprendidas.

El Balance del contrato contendrá los siguientes apartados:

- Comparación de los logros obtenidos en el contrato con los objetivos inicialmente fijados y las expectativas definidas para cada proyecto.
- Análisis de las desviaciones y sus causas

CBS	CBS Element	Life Cycle Cost thousand euros	Risk
1	AIRCRAFT PROCUREMENT	2.291.811,68	0%
1.1	Aircraft Acquisition	2.284.445,29	0%
1.2.	Additional Capabilities	107.147,10	25%
1.3.1.	GFE/GFF/SFF costs	7.366,39	35%
2	ENTRY INTO SERVICE COSTS	251.499,99	10%
2.1.1.	Obsolescence	0,00	10%
2.2.1.	Consulting	5.998,85	10%
2.3.1.	Programme Division Costs	14.976,60	15%
2.3.1.1	Personnel Costs	7.561,35	15%
2.3.1.2	Recurring Expenditure	4.164,23	15%
2.3.1.3.	Capital Expenditure	267,23	15%
2.3.1.4.	OCCAR/CO Costs to the benefit of A400M	2.983,80	15%
2.4.1.	National Programme Team Operating Costs	3.766,78	10%
2.4.2.	Other Agencies Support	0,00	10%
2.5.1.	Initial Certification Costs	2.650,47	10%
2.6.1.	Technical Information and Data Acquisition	4.947,63	10%
2.6.2.	Initial Provisioning	95.675,91	10%
2.6.3.	Ground Support Equipment Acquisition	60.197,07	10%
2.6.4.	Training Facilities Development	0,00	10%
2.6.5.	Training Equipment Acquisition	8.256,00	10%
2.6.6.	Initial Training	12.710,69	10%
2.6.7.	Develop & Build Aircraft Facilities	42.320,00	10%
2.6.8.	Initial Technical Support	0,00	10%
3.	OPERATION AND SUPPORT COSTS	2.974.305,47	10%
3.1.	Post Design Services	716.847,34	10%
3.2.	In-services Certification Costs	14.707,96	10%
3.3	Obsolescence In-service	27.113,20	50%
3.4.	Consulting In-Service	0,00	10%
3.5.	In-Service Support Organisation Administrative Budget	0,00	15%
3.6.	National In-Service Management Organisation Administrative Budget	191.765,26	5%
3.7.	Technical Information Services	16.270,03	5%
3.8.	CSA Material Support	445.977,41	10%
3.9.	Ground Support Equipment Support	336.387,68	10%
3.10.	Training Facilities Support	0,00	10%
3.11.	Training Equipment Support	33.698,44	10%
3.12.	Recurrent Training	191.458,06	10%
3.13.	Aircraft Facilities Support	29.354,09	10%
3.14.	Technical Support	5.745,51	10%
3.15.	Aircraft Maintenance services	393.745,50	10%
3.16.	Operations	598.348,19	10%
4	DISPOSAL COSTS	431,77	
4.1.	Through Life Disposal Costs	156,86	15%
4.2.	Final Disposal	588,63	30%
	TOTAL LCC COST	5.518.048,90	

Tabla (3.25) A400M Riesgos asociados al avión A400M

CAPITULO IV: MODELOS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

1. INTRODUCCIÓN

La complejidad de los proyectos necesitan no sólo de un pensamiento disciplinado y coherente, sino también de un método para resumir y presentar los resultados de éste en una forma sistemática. Ello supone una diferencia con respecto a lo visto anteriormente pues no sólo se tratará de asignar recursos de forma que se consigan los objetivos y restricciones establecidos, sino también de seleccionar el método de trabajo más eficaz para desarrollar distintas actividades.

Las redes gráficas y las técnicas de cálculo asociadas apoyan el pensamiento, proporcionando paso a paso una metodología para coordinar las asignaciones de trabajo y la utilización de los recursos en los objetivos del proyecto.

Dado que la gestión de proyectos es una actividad transversal, donde los problemas puntos de vista e intereses de los involucrados pueden ser muy diferentes, e incluso contrapuestos, nos obliga a abordar el tema bajo un enfoque global en todos los sentidos, dotando al sistema de todo lo necesario para que sea capaz de responder a las necesidades del cliente de manera eficaz y eficiente.

La aplicación de técnicas heurísticas supone la utilización de exploraciones sucesivas sin planteamiento preestablecido para la resolución de un problema, utilizándo criterios, reglas o métodos que ayudan a decidir cuál es la mejor alternativa entre las varias posibles para alcanzar un determinado objetivo. Esta técnica tiene en cuenta en cada momento los resultados precedentes, se trata de una estrategia paso a paso.

2. DETERMINACIÓN CLÁSICA DE LOS TIEMPOS DE LAS TAREAS

La técnica PERT (Program Evaluation and Review Technique) atribuye a cada actividad tres estimaciones diferentes:

- El tiempo pesimista: p
- El tiempo más probable: m
- El tiempo optimista: o

El tiempo pesimista es el periodo de tiempo máximo necesario para llevar a cabo una determinada actividad.

El tiempo más probable es el periodo de tiempo en el que la actividad puede llevarse a cabo.

El tiempo optimista es el periodo de tiempo en el que la actividad puede realizarse si todo sucediese como se espera.

El tiempo medio esperado (te), es el que se suele tener en cuenta y su determinación viene dada por la siguiente fórmula:

$$Te = (p+4m+o) / 6$$

El tiempo medio esperado se determina a través de una distribución normal, la cual puede adoptar diferentes formas. La mayor incertidumbre implica menor concentración en relación a la media, por lo que el amplio rango de curvas posibles pone de manifiesto la imposibilidad de estimar el tiempo medio con certeza. La anterior fórmula actúa protegiendo cada una de las actividades pero no al proyecto entero, no asegurando su finalización en plazo.

El método PERT ofrece una alternativa, por ejemplo en la figura (4.1) la actividad "A" tiene una duración media de cinco días, pero en cambio al trasladarlo al

programa se le ha asignado un tiempo de protección, por lo que la suma son diez días. El motivo es asegurarse con una probabilidad del 90% el cumplir en plazo.

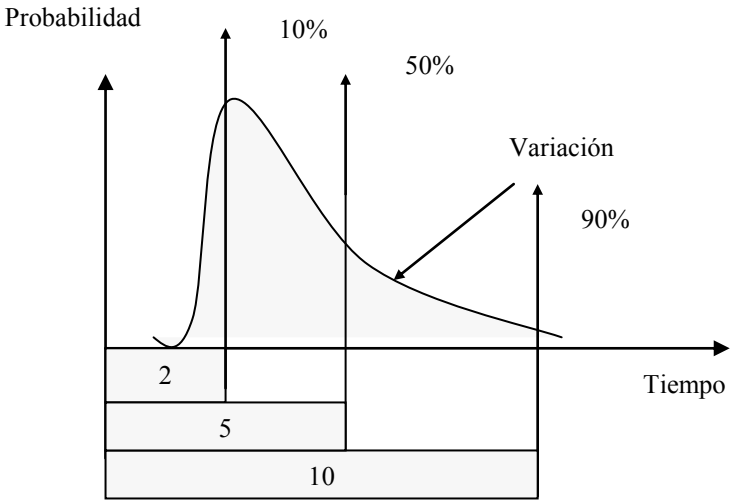

Figura (4.1) Tiempos y tareas en el PERT

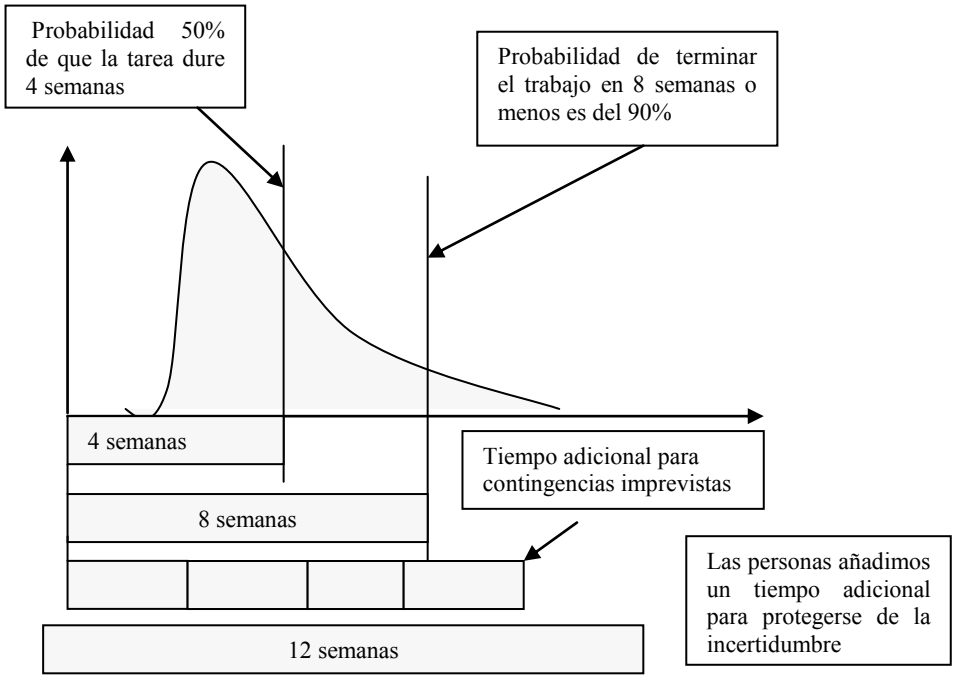

Figura (4.2) Forma tradicional de estimación de tiempos en los proyectos

El gráfico de la figura (4.2), demuestra como las técnicas tradicionales de programación PERT/ Tiempo, convierten un tiempo de 4 semanas -tareas Just in Time- a un tiempo de 8 semanas -Tareas Just in Case –.

Este nivel de protección -aproximadamente del 90%-, se justifica teniendo en cuenta que en la mayoría de las empresas que trabajan con proyectos la finalización de una tarea antes de tiempo estimado no suele estar premiada, en cambio la finalización de una actividad sobrepasando la fecha fijada de antemano suele estar penalizada, bien mediante la pérdida de incentivos o bien mediante pérdida de credibilidad. El personal se protege ante los siguientes hechos:

a) Incidencias inesperadas -las cuales conoce por propia experiencia-.

b) La presión recibida para cumplir con los tiempos previstos para su análisis.

c) Los recortes que habitualmente en los tiempos asignados se producen.

La figura (4.3) representa un modelo de estimación tradicional de tiempos de proyectos –PERT-. Las actividades necesitan un tiempo mínimo y otro máximo, con una probabilidad del 50% que la tarea finalizará dentro del tiempo estimado. La incertidumbre y dependencia de sucesos es la causante de la variabilidad.

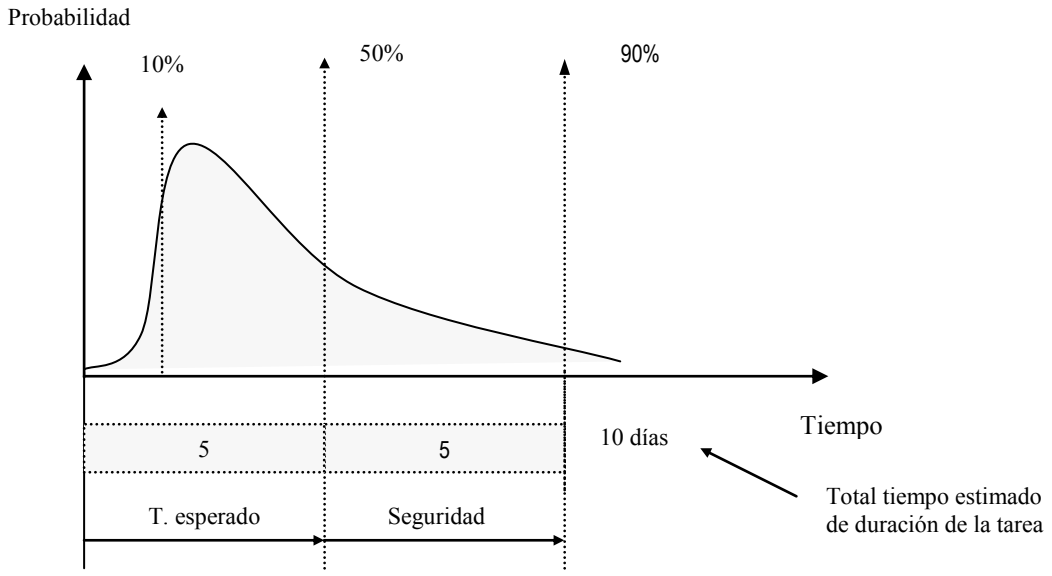

Figura (4.3) Estimación de tiempos de tareas en un programa tradicional

Aún cuando se pueda conocer con bastante precisión el tiempo promedio para la ejecución de una tarea o trabajo, es habitual que ocurran imprevistos que retrasan la

fecha de finalización, por lo que resulta comprensible la tendencia a protegerse de la incertidumbre. Esta protección les conduce a no estimar el tiempo medio, sino el tiempo que les proporcione una seguridad alta (90% o más) de cumplir en el plazo fijado. Para ello hay que añadir un tiempo extra de seguridad que de acuerdo a la distribución logarítmica suele ser prácticamente el doble del tiempo medio.

3. LA INCERTIDUMBRE Y LA FIJACIÓN DE TIEMPOS A LAS TAREAS

La estadística nos demuestra que cuanto mayor sea la incertidumbre más alargada será la cola de la distribución normal, por lo que para tener una probabilidad del 90% de que el trabajo se finalizará dentro del tiempo estimado puede ser necesario añadir al tiempo medio hasta el 200% , con lo que la protección puede llegar a ser dos veces superior al tiempo medio estimado.

Si por ejemplo un proyecto constase de tres tareas iguales, el tiempo total del proyecto considerando los tiempos de protección será bastante grande.

El gráfico de la figura (4.4) revela como la protección de todas y cada una de las actividades del proyecto alarga bastante el plazo de ejecución, dificultando la posibilidad de realizar ofertas competitivas.

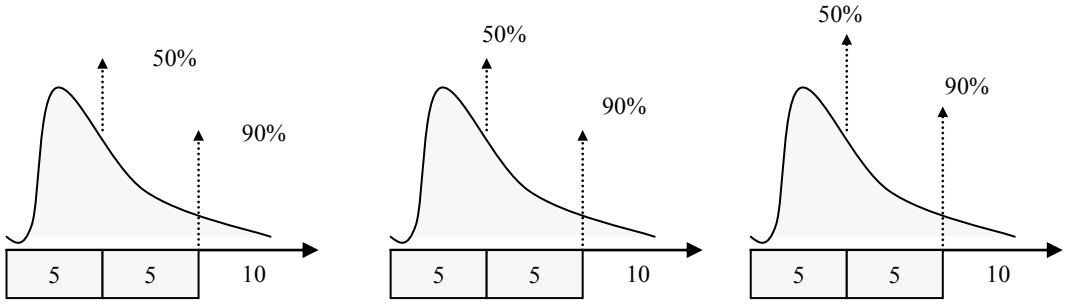

Figura (4.4) Tiempo total del proyecto

El tiempo total para este proyecto sería teniendo en cuenta las protecciones individuales para cada actividad 30 días, sin embargo en los nuevos enfoques se pretende reducir al máximo el tiempo de ejecución, eliminando esta última de todas y

cada una de las tareas, y otorgando al proyecto dicha protección (aunque más reducida), lo que supone un cambio considerable de enfoque.

El colchón de cada tarea para asegurar su finalización dentro del plazo con una probabilidad de hasta un 200%, se suele llevar a cabo como ya hemos señalado, no solamente para protegerse de la incertidumbre propia de dicha tarea, sino también de todas las perturbaciones aleatorias asociadas a la misma.

4. PERT versus CADENA CRÍTICA

Supongamos que para la realización de un determinado proyecto es necesaria la ejecución de las 17 actividades (A,B,...P y Q), que tienen las siguientes relaciones de prelación inmediata:

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PRECEDENTE	TIEMPO ESTIMADO DÌAS	COLOR DEL RECURSO
A	----------	4;0	Rojo
B	----------	8	Verde
C	----------	6;0	Azul
D	C	2	Amarillo
E	C	2;0	Azul
F	A;B;C	4	Rojo
G	D;E;F	4	Rojo
H	D;E;F	6;0	Verde
I	D;E;F	2	Azul
J	D;E;F	2	Amarillo
K	H;I	4	Rojo
L	J	2	Verde
M	K;L	2	Azul
N	G	4	Verde
O	K;L	2;0	Verde
P	N	2	Rojo
Q	M;O	2	Amarillo

Tabla (4.1) tabla de actividades

A partir del grafo de las tablas (4.1) y (4.2) y con la duración de las actividades se ha calculado las fechas más tempranas y tardías. El Camino Crítico queda determinado una vez conocidas las fechas de los sucesos, necesarias a su vez, para calcular las holguras de las actividades

Actividad	t_0	t_p	t_m	E(d)	α^2
A	4	8	3	4	0,44
B	8	8	8	8	0,00
C	6	8	5,50	6	0,11
D	1	2	2,25	2	0,03
E	1	2	2,25	2	0,03
F	1	3	5	4	0,11
G	1	3	5	4	0,11
H	2	4	0,50	6	0,11
I	1	2	2,25	2	0,03
J	1	2	2,25	2	0,03
K	1	3	5	4	0,11
L	1	2	2,25	2	0,03
M	1	2	2,25	2	0,03
N	1	3	5	4	0,11
O	1	2	2,25	2	0,03
P	1	2	2,25	2	0,03
Q	1	2	2,25	2	0,03

Tabla (4.2) Determinación clásica tiempo de tareas

$$E(d) = \frac{t0+4tm+tp}{6} = 58 \text{ días;} \qquad \sigma^2 = \frac{(tp-t0)^2}{36} = 1{,}36; \qquad \sigma = 1{,}17$$

Analicemos la siguiente situación: considemos que la variable τ tiene una distribución de probabilidad normal cuyo valor esperado es 58 días y su desviación tipica 1,17; deseamos conocer la probabilidad que el proyecto no supere el plazo estimado de finalización, conociendo que hemos fijado un límite superior a la varibale x para de esta manera tengamos una confianza del 94,18% que la misma no lo sobrepasará.

$$P(x > h) = 0{,}0582; \quad \tau = \frac{D-58}{1{,}17}; \qquad P(\tau\ 1{,}17 + 58 > h) = P\left(\tau > \frac{h-58}{1{,}17}\right)$$

$Z = \frac{h-58}{1{,}17}$; se trata de determinar el valor de h tal que: $P(\tau > z) = 0{,}0582$,

$P(0<\tau<z) = 0{,}5-0{,}0582 = 0{,}4418$; buscando en tablas $\frac{h-58}{1{,}17} = 1{,}57$; h=59,84 días

Existe un 5,82% de probabilidades que se equivoque quien afirme que x tomará un valor no superior a 59,8 días.

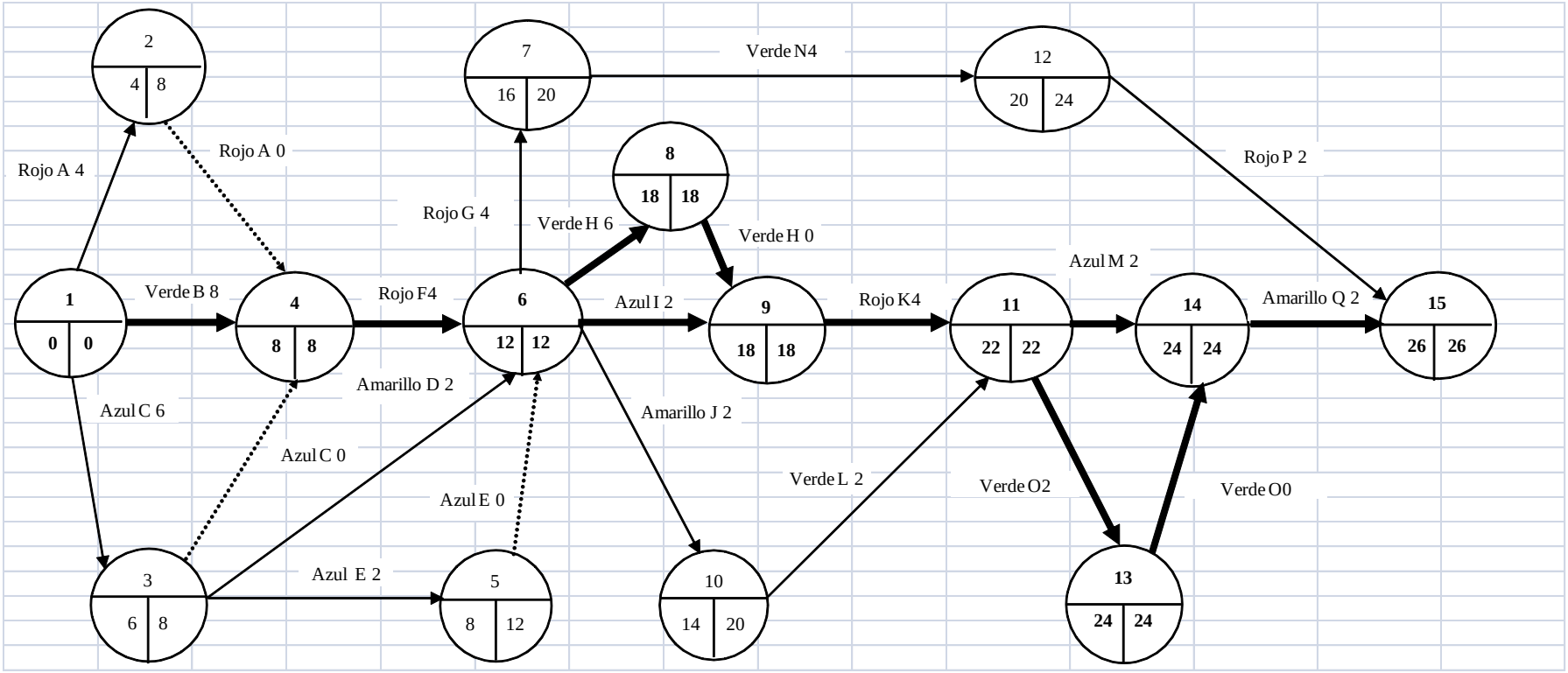

Figura (4.5) Planificación de un proyecto utilizando el método PERT Camino Crítico

Id	Nombre de tarea	Duración
1	Tarea 1-2; "A"	4 días
2	Tarea 1-3; "C"	6 días
3	Tarea 1-4 ; "B"	8 días
4	Tarea 2-4; "A"	0 días
5	Tarea 3-4; "C"	0 días
6	Tarea 3-6; "D"	2 días
7	Tarea 3-5; "E"	2 días
8	Tarea 4-6; "F"	4 días
9	Tarea 5-6; "E"	0 días
10	Tarea 6-7; "G"	4 días
11	Tarea 6-8; "H"	6 días
12	Tarea 6-9; "I"	2 días
13	Tarea 6-10; "J"	2 días
14	Tarea 7-12; "N"	4 días
15	Tarea 8-9; "H"	0 días
16	Tarea 9-11; "K"	4 días
17	Tarea 10-11; "L"	2 días
18	Tarea 11-14; "M"	2 días
19	Tarea 11-13; "O"	2 días
20	Tarea 13-14; "O"	0 días
21	Tarea 12-15; "P"	2 días
22	Tarea 14-15; "Q"	2 días

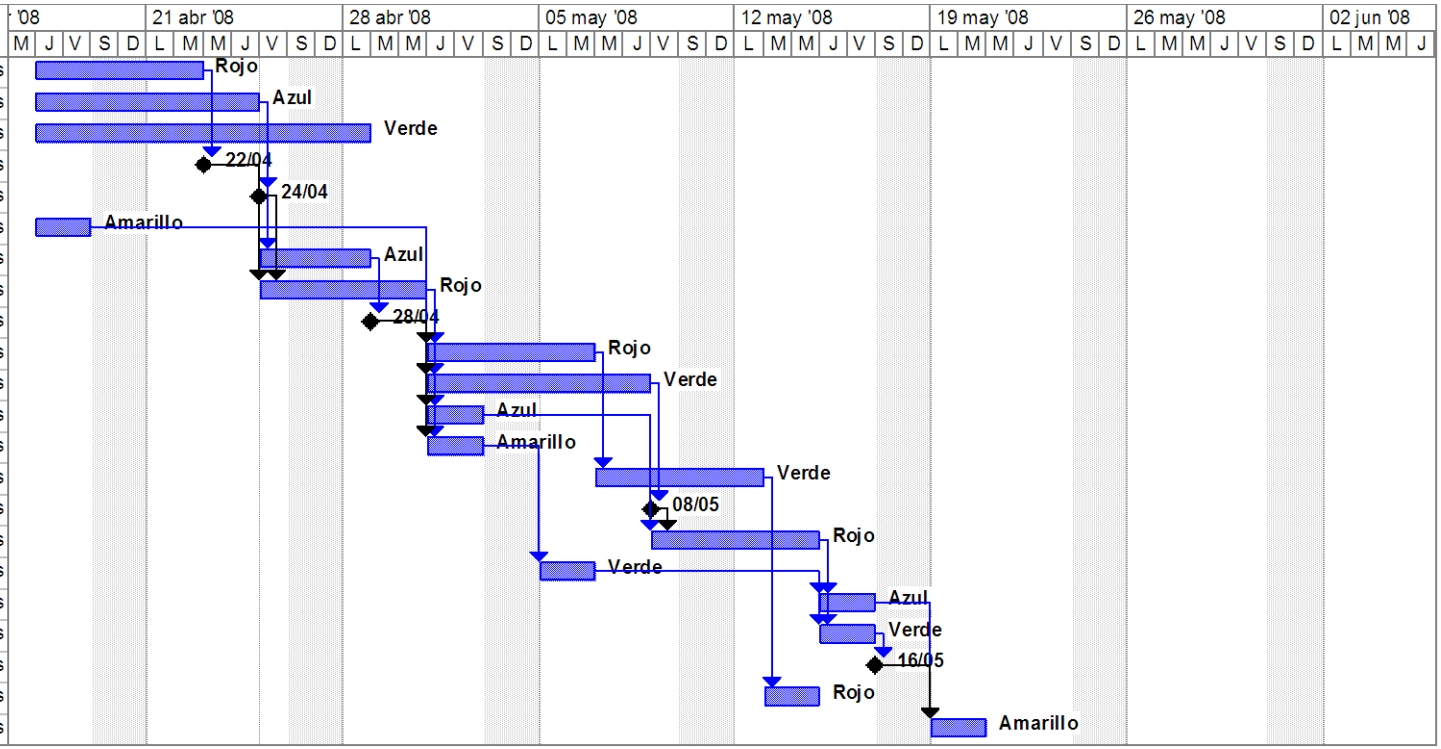

Figura (4.6) Gráfico de Gantt, solape de tareas para un mismo recurso

ACTIVIDAD	Tareas	E_i	E_j	L_i	L_j	d_{ij}	$H_T = L_j - E_i - d_{ij}$	$O_j = L_j - E_j$	$H_L = E_j - E_i - d_{ij}$	$O_i = L_i - E_i$	$H_I = E_j - L_i - d_{ij}$
A	1-2	0	4	0	8	4	4	4	0	8	0
	2-4	4	8	8	8	0	4	0	4	4	0
B	1-4	0	8	0	8	8	0	0	0	8	0
C	1-3	0	6	0	8	6	2	2	0	8	0
	3-4	6	8	8	8	0	2	0	2	2	0
D	3-6	6	12	8	12	2	4	0	4	6	2
E	3-5	6	8	8	12	2	4	4	0	6	-2
	5-6	8	12	12	12	0	4	0	4	4	0
F	4-6	8	12	8	12	4	0	0	0	4	0
G	6-7	12	16	12	20	4	4	4	0	8	0
H	6-8	12	18	12	18	6	0	0	0	6	0
	8-9	18	18	18	18	0	0	0	0	0	0
I	6-9	12	18	12	18	2	4	0	4	6	4
J	6-10	12	14	12	20	2	6	6	0	8	0
K	9-11	18	22	18	22	4	0	0	0	4	0
L	10-11	14	22	20	22	2	6	0	6	8	0
M	11-14	22	24	22	24	2	0	0	0	2	0
N	7-12	16	20	20	24	4	4	4	0	8	-4
O	11-13	22	24	22	24	2	0	0	0	2	0
	13-14	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0
P	12-15	20	26	24	26	2	4	0	4	6	0
Q	14-15	24	26	24	26	2	0	0	0	2	0

Tabla (4.3) Actividades que incluyen tiempos y holguras

El método del Camino Crítico contiene como una hipótesis de partida la independencia entre las tareas que componen el proyecto, implicando que asumimos la existencia de una capacidad infinita, sin tener en cuenta tampoco la coincidencia en el tiempo de varios recursos y la imposibilidad de ser compartidos.

Las actividades se caracterizan por ser sucesos dependientes, donde el comienzo de una determinada tarea se encuentra condicionada por la finalización de la(s) que le precede(n), lo que puede dar lugar a dos situaciones diferentes que respectivamente se definen como linealidad –existencia de una única predecesora- e integración –más de una predecesora-. La probabilidad que una actividad se retrase será pues tanto mayor cuantas más predecesoras haya, siendo lo más probable en un proyecto que éste encierre múltiples situaciones de ambos tipos. Las figuras (4.5) y (4.6)

representan casos de linealidad e integración, así como la peligrosa situación que puede alcanzarse cuando hay recursos que participan en varias tareas.

La Cadena Crítica es una alternativa al Camino Crítico[55]. La gran mayoría de los especialistas en el tema la consideran como una sinopsis de la Teoría de las Restricciones (TOC Theory of Constraints), la Gestión de la Calidad Total (Total Quality Management TQM) y el Project Management Institute Inc. 2002 PMBOK.

Toda acción dirigida a la reducción de plazo de finalización pasará forzosamente por una reducción de la Cadena Crítica, suponiendo una mejor gestión de la misma[56].

Este método se concentra sobre todo en la finalización del proyecto en plazo, aunque esto último sea producto del cumplimiento en fecha de cada tarea, además esta estrategia reduce las ocurrencias del *síndrome del estudiante*, el efecto negativo que podría generar *la multitarea* y la *ley de Parkinson.*

- Ley de Parkinson: todo trabajo se dilata indefinidamente hasta ocupar la totalidad del tiempo disponible para su realización. Los adelantos jamás se transmiten a las siguientes tareas, los retrasos lo hacen automáticamente.
- El síndrome del estudiante: comportamiento humano que hace que el trabajo no comience cuando estaba previsto, sino algo más tarde, pues es conocido que el tiempo disponible inicialmente para realizar la tarea es superior al estrictamente necesario en una situación normal.
- Buffer del proyecto: amortiguador utilizado para asegurarnos que el proyecto acabará en plazo.

---

[55] Se define como la cadena más larga considerando tanto dependencias de tareas como de recursos, y se basa en el Camino Crítico.

[56] La teoría de las limitaciones (Theory of Constraints TOC) tiene su origen a comienzos de los años 80. la idea básica de la misma es que todo sistema cuenta con al menos una limitación o cuello de botella, y que en función de la aplicación de una serie de reglas, es posible optimizar el resultado del sistema.

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PRECEDENTE	DÍAS (incluye buffer)	COLOR RECURSO
A	-------	2;0	Rojo
B	-------	4	Verde
C	-------	3;0	Azul
D	C	1	Amarillo
E	C	1;0	Azul
F	A; B; C	2	Rojo
G	D; E; F	2	Rojo
H	D; E; F	3	Verde
I	D; E;F	1	Azul
J	D; E; F	1	Amarillo
K	I; L	2	Rojo
L	J; N	1	Verde
M	K	1	Azul
N	G; H	2	Verde
O	K	1;0	Verde
P	K	1	Rojo
Q	O;M	1	Amarillo
Buffer		8	

Tabla (4.4) Actividades que incluye buffer de proyecto y reduciendo tiempo de las mismas

A partir del grafo de las tablas (4.4) y (4.5) más la duración de las actividades se ha calculado las fechas más tempranas y tardías. La Cadena Crítica queda determinada conocida las fechas de los sucesos y sus holguras.

Actividad	t_0	t_p	t_m	E(d)	α^2	α
A	2	2	4	2	0,06	0,24
B	4	4	4	4	0	0
C	4	4	4	4	0	0
D	1	1	1	1	0	0
E	1	1	1	1	0	0
F	2	2	2	2	0	0
G	2	2	2	2	0	0
H	3	3	3	3	0	0
I	1	1	1	1	0	0
J	1	1	1	1	0	0
K	2	2	2	2	0	0
L	1	1	1	1	0	0
M	1	1	1	1	0	0
N	2	2	2	2	0	0
O	1	1	1	1	0	0
P	1	1	1	1	0	0
Q	8	8	8	8	0	0

Tabla (4.5) Determinación clásica tiempo de tareas

$E(d) = \frac{t0+4tm+tp}{6}$ = 37 días; $\sigma^2 = \frac{(tp-t0)^2}{36}$ = 0,24; $\sigma = 0,49$

Analicemos la siguiente situación: Siendo τ la variable que tiene una distribución de probabilidad normal, se desea conocer la probabilidad que el proyecto se finalice en menos de 37 días, fijando un límite superior a la variable x de modo que tengamos una confianza del 94,18% que la misma no lo superará.

P (x > h) = 0,0582; $\tau = \frac{D-37}{0,49}$; P(τ 0,49 +37> h) = P $\left(\tau > \frac{h-37}{0,49} \right)$

$Z = \frac{h-37}{0,49}$; se trata de determinar el valor de h tal que: P (τ > z) = 0,0582,

P(0<τ<z) = 0,5-0,0582 = 0,4418; buscando en tablas $\frac{h-37}{0,49}$ = 1,57

Existe un 5,82% de probabilidades que se equivoque quien afirme que x tomará un valor no superior a 37,77 días.

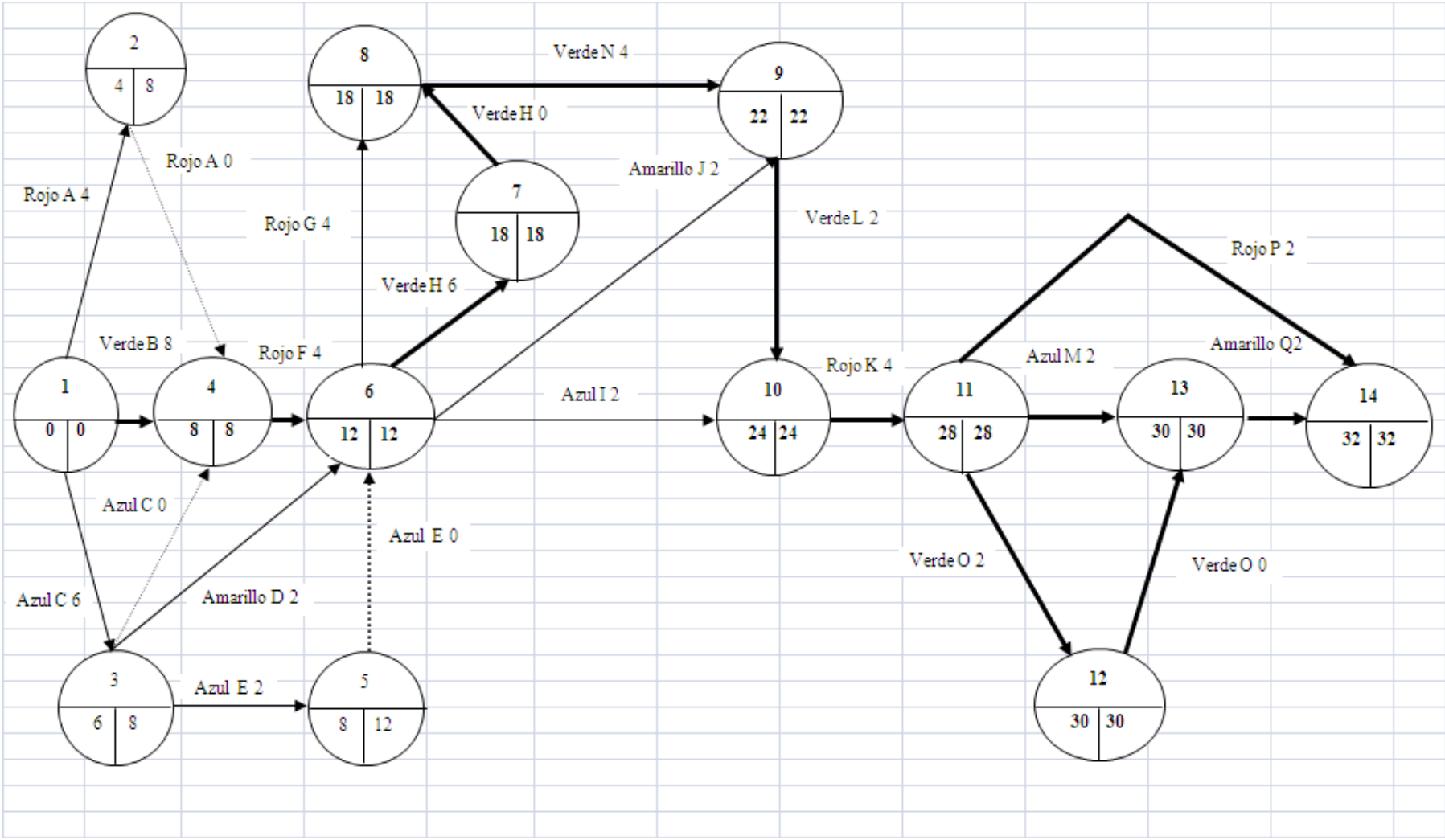

Figura (4.7) Planificación de un proyecto Camino Crítico sin solape de tareas para un mismo recurso

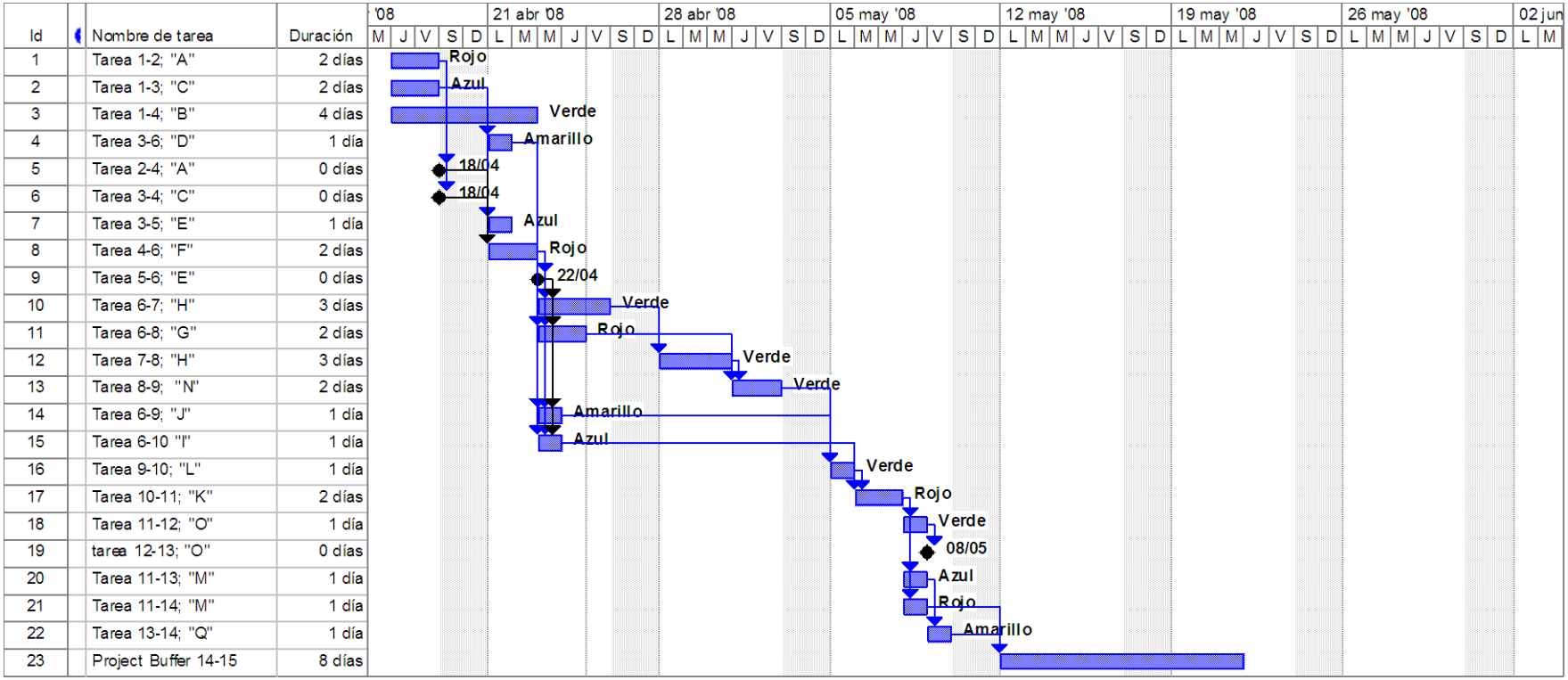

Figura (4.8) Gráfico de Gantt sin solape de tareas para un mismo recurso

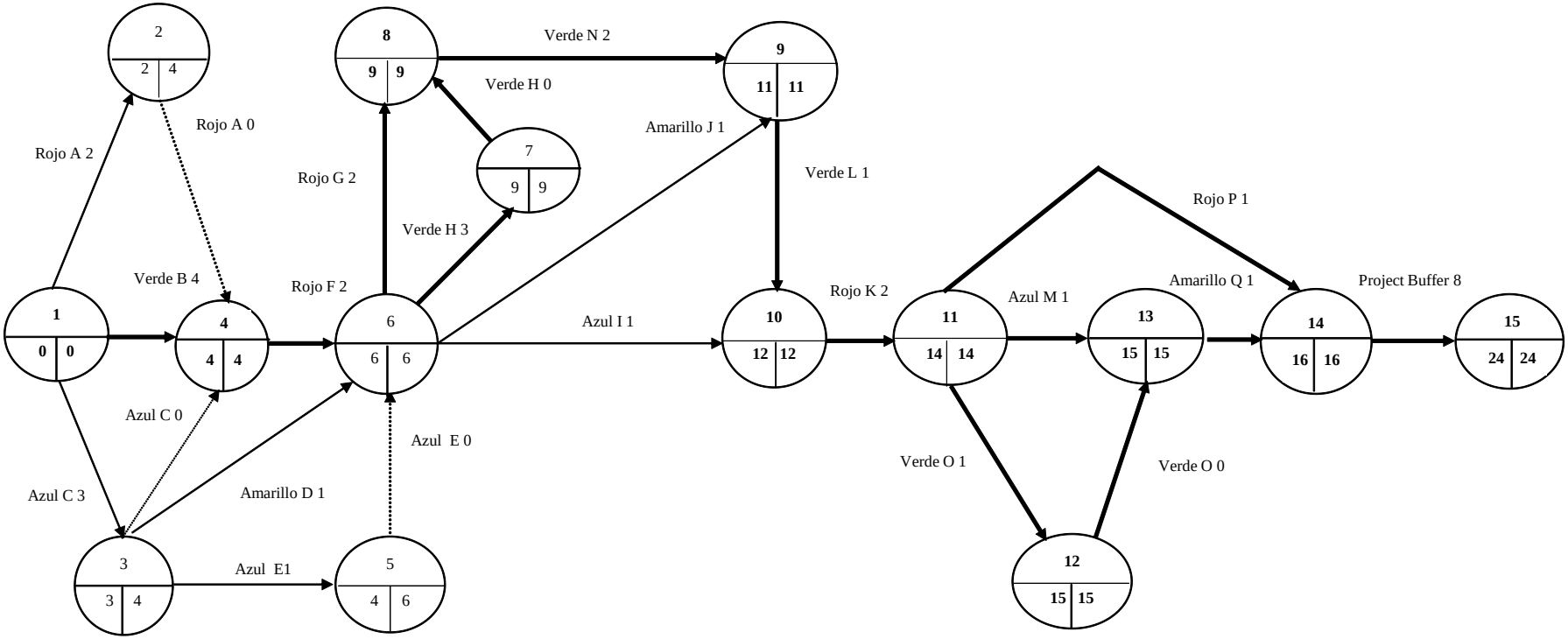

Figura (4.9) Planificación de un proyecto utilizando método de la cadena Crítica, reduciéndo tiempos a la mitad y añadiendo un buffer al proyecto

ACTIVIDAD	Tareas	E_i	E_j	L_i	L_j	d_{ij}	$H_T = L_j - E_i - d_{ij}$	$O_j = L_j - E_j$	$H_L = E_j - E_i - d_{ij}$	$O_i = L_i - E_i$	$H_I = E_j - L_i - d_{ij}$
A	1-2	0	2	0	4	2	0	-2	0	0	0
	2-4	2	4	4	4	0	0	0	2	2	0
B	1-4	0	4	0	4	4	-4	-4	0	0	0
C	1-3	0	3	0	4	3	-2	-3	0	0	0
	3-4	3	4	4	4	0	0	0	1	1	0
D	3-6	3	6	4	6	1	-1	-2	2	1	1
E	3-5	3	4	4	6	1	1	0	0	1	-1
	5-6	4	6	6	6	0	0	0	2	2	0
F	4-6	4	6	4	6	2	-2	-2	0	0	0
G	6-8	6	9	6	9	2	-2	-3	1	0	1
H	6-7	6	9	6	9	3	-3	-3	0	0	0
	7-8	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0
I	6-10	6	12	6	12	1	-1	-6	5	0	5
J	6-9	6	11	6	11	1	-1	-5	4	0	4
K	10-11	12	14	12	14	2	-2	-2	0	0	0
L	9-10	11	12	11	12	1	-1	-1	0	0	0
M	11-13	14	15	14	15	1	-1	-1	0	0	0
N	8-9	9	11	9	11	2	-2	-2	0	0	0
O	11-12	14	15	14	15	1	-1	-1	0	0	0
	12-13	15	15	15	15	0	0	0	0	0	0
P	11-14	14	16	14	16	1	-1	-2	1	0	1
Q	13-14	15	16	15	16	1	-1	-1	0	0	0
Project Buffer	14-15	16	24	16	24	8	-8	-8	0	0	0

Tabla (4.6) Tabla de tiempos y de holguras. Cadena Crítica

La Cadena Crítica plantea situar todo el margen de seguridad al final del Camino Crítico, reduciendo la estimación de tiempo asignado a cada etapa y organizando el sistema en función de la limitación. La capacidad de realizar proyectos girará en torno al recurso más cargado, siendo el resto de los recursos gestionados en función de este último.

La ejecución de los proyectos se apoya en dos puntos: los informes o actualizaciones del estado de los trabajos y la gestión de los buffers. La información debe estar disponible en forma y tiempo. La evaluación efectuada atenderá a dos factores: el grado de avance de la cadena crítica y el porcentaje del consumo del

buffer. Un mayor progreso de la primera frente a la segunda implicará que el proyecto avanza positivamente.

El método propuesto por la Teoría de las Restricciones supone una ruptura con la forma de pensar tradicional, pues si bien coincide en algunas ideas básicas (la propia Cadena Crítica es una versión mejorada del Camino Crítico), la consideración de la limitación de los recursos y el entorno multi-proyecto le aporta una orientación diferente que supone modos de actuación muy distintos, que en ocasiones se enfrentan con los puntos de vista clásicos. El método hace especial énfasis en la gestión del plazo de los proyectos, por lo que el principal beneficio es una importante reducción del tiempo de ejecución debido a las implicaciones que tiene en términos operativos y tácticos. Otra ventaja es la alineación de toda la empresa en una misma dirección, la de los objetivos globales que requiere mayor rigor en los informes de progreso.

El mayor inconveniente en su implantación quizá sea la resistencia al cambio y la exigencia de responsabilidades a todos los niveles, por lo que su utilización no puede ser planteada unilateralmente.

5. TÉCNICAS HEURÍSTICAS DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS

Los modelos de simulación o descriptivos como representaciones simplificadas de la realidad deben ser operados para analizar los efectos de las distintas alternativas de actuación, seleccionando la más conveniente y que las diferencia de los modelos de optimización o prescriptivos, porque los primeros permiten obtener información sobre los efectos de las posibles decisiones.

Supongamos que las actividades A; B; C pueden ser realizadas indistintamente por los recursos Rojo, Azul, y Verde, el problema consistiría en asignar cada recurso a cada actividad, siendo las horas invertidas totales las mínimas posibles.

Escribimos g_t (i) como la asignación del costo mínimo de la actividad i de t recursos.

		ACTIVIDADES			
		A	B	C	
RECURSOS	Rojo	4	8	6	g_0 (Rojo) = min (4,8,6) = 4
	Verde	6	8	8	g_1 (Verde) = min (6,8,8) = 6
	Azul	8	8	7	g_2 (Azul) = min (8,8,7) = 7

Tabla (4.7) Matriz de asignación de recursos

Elegimos la actividad A, que es la de menor valor de los g_0 Rojo (i)

Las horas previstas invertir para las distintas posiciones son:

f_1 ($X_{Rojo,}$ A) = 4

f_1 (X_{Verde}; B) = 8

f_1 ($X_{Azul,}$ C) = 6

Asignamos el recurso rojo a la actividad "A" para lo cual f_1 (X_{Rojo}) es mínimo; estimando las horas en 4 unidades, para ello se ha suprimido en la matriz n°.1 la fila y columna 1, correspondientes a la posición del elemento seleccionado, quedando ahora para el análisis de la matriz:

		ACTIVIDADES		
		B	C	
RECURSOS	Verde	8	8	g_0 (Verde) = min (8,8) = 8
	Azul	8	7	g_1 (Azul) = min (8,7) = 7

Tabla (4.8) Matriz n°: 2

Efectuamos una nueva iteración:

Asignamos el recurso verde a la actividad “B” y el azul a la actividad “C”.

Las horas totales serán: 4+8+7 = 19

6. PERMUTACIONES

Supongamos que las tres tareas (A;B;C) pueden ser cumplidas por los empleados Rojo, Azul y Verde, debiendo asignar a cada recurso una de las tres, de manera que el coste total de realización sea mínimo.

Este procedimiento es factible cuando el número de elementos a permutar es pequeño, para darnos una idea de la magnitud del problema se calculará el número de permutaciones de seis elementos:

P6 = 6! = 6*5*4*3*2*1 = 720

Llamemos e_1; e_2,… e_n a los elementos que deseamos ordenar, designando con P_j el elemento que ocupa la posición j en la secuencia y con (p) denotamos la permutación, es decir:

(P) = (P_1; P;, … P $_n$)

Por ejemplo.

(e_2; e_5; e_1; e_4, e_3)

Es una permutación de cinco elementos e_1; e_2, e_3; e_4, e_5 en la cual:

$P_1 = e_2$; $P_2 = e_5$; $P_3 = e_1$; $P_4 = e_4$; $P_5 = e_3$

Hay una función asociada con la permutación (P) la cual podemos escribir f (P) y puede haber restricciones sobre la posición que los elementos pueden ocupar, estas restricciones estarán englobadas en el conjunto de posibles permutaciones (G), luego el problema es determinar la permutación (P).

(P) = (P_1…P_n) para minimizar f (P)

Sujeto a (P) € (G)

		ACTIVIDADES					ACTIVIDADES			ACTIVIDADES			
							A	B	C	A	B	C	Total
		A	B	C			Rojo	Verde	Azul	4	8	7	19
RECURSOS	Rojo	4	8	6		RECURSOS	Rojo	Azul	Verde	4	8	8	20
	Verde	6	8	8			Verde	Rojo	Azul	6	8	7	21
	Azul	8	8	7			Verde	Azul	Rojo	6	8	6	20
							Azul	Rojo	Verde	8	8	8	24
							Azul	Verde	Rojo	8	8	6	22

Tabla (4.9) Matriz de asignación de recursos utilizando permutaciones

7. ANÁLISIS Y TRABAJO DE CAMPO

7.1. ENCUESTA

Los trabajos teóricos suelen contener prejuicios inherentes sobre la robustez de las hipótesis formuladas, con el objetivo de eliminarlos se elaboró y entregó un cuestionario a una población de empleados del sector que tuvieran una experiencia mínima de tres años en gestión de proyectos. El propósito era contrastar con la realidad las afirmaciones planteadas en capítulos anteriores.

Las siguientes observaciones deben ser tenidas en cuenta:

- La dificultad en encontrar profesionales con cargos de responsabilidad en el área de la Defensa y dispuestos a revelar sus opiniones, es muy alta.
- El tema analizado tiene un alto componente internacional, por lo tanto el personal entrevistado debía poseer una amplia experiencia multinacional, eligiendo personas que hubieran residido o residieran en diferentes países.
- El rango de puestos ocupados por los encuestados varía desde miembros del Comité de Dirección de sus compañías, hasta responsables jerárquicos de proyectos de aviones militares. Todos ellos pertenecen a multinacionales, cuya facturación anual y número de empleados supera los 2.300 millones de euros y las 8.000 personas respectivamente.
- El método elegido para las respuestas recogidas bajo caracteres cualitativos fue transformarlas para su análisis en una determinada escala ordinal, procediéndose al recuento de las distintas modalidades en que se dividía el atributo y determinando a través de la Mediana el valor central su distribución.

La elaboración de tablas de contingencia, contrastes de hipótesis de independencia –correlaciones-, la identificación de la distribución de probabilidad del estadístico χ^2 para un nivel de significación α (0,05) y el cálculo del valor crítico C de la distribución χ^2 con (r-1) (c-1) grados de libertad, para una P ($\chi^2_{(r-1)\,(c-1)} > C$) = α ha sido utilizado puntualmente.

- El paquete de software para el tratamiento estadístico ha sido excel principalmente y statgrahics de manera complementaria Las dos herramientas contienen las funciones necesarias para realizar dichos cálculos.
- Artículos especializados y normas aeronáuticas internacionales han sido necesarios/as con el fin de complementar y/o confirmar algunos resultados obtenidos.
- Otras fuentes utilizadas:

Commonwealth of Australia:

✓ Australian Standard AS 4817-2003 Project Performance using Earned Value.

✓ Defense Supplement to AS 4817-2003.

✓ Defense Australian 5664 issue A "Work Breakdown Structures for Defense Materiel Projects"

✓ Integrated Baseline Review Handbook vs. 2.2 defense Materiel organization.

✓ Guide to Earned Value Payments. Edition 1 defense Materiel Organization.

United States of America Federal Government

✓ DOD 5000-2-R Appendix 4 Earned Value Management Systems (EVMS) Guidelines, Mandatory Procedures & Reporting

✓ ANSI/EIA-748-A "Earned Value Management system"

	Puesto que ocupa		Departamento		Puesto que ocupa		Departamento
1	Actual	Manager	R & D Technology Dev.	11	Actual	Vicepresident	Commercial Mission A/S
2	Actual	Senior Manager	PMO CORE	12	Actual	Project Manager	Engineering
3	Actual	Vicepresident	PMO Mission Air System Mission Subsystems	13	Actual	MRTT ILS Manager	MRTT ILS
4	Actual	Senior Manager	Program/Customer Mgmt.		Anterior	Change & Conf. Manager	Change & Conf. Management
5	Actual	Senior Manager	PMO Mission Air Systems / Advanced UAV	14	Actual	Projects Manager	Future Combact Air Systems
6	Actual	Manager	FAS Air International Federation; General Secretary / Engineering Department	15	Actual	Director	Business Development
7	Actual	Senior Manager	Quality	16	Actual	Senior Manager	Operational Analysis & Preliminary Dev.
8	Actual	Chief Financial Officer	Finance & Controlling	17	Actual	Change & Conf. Manager	Change & Conf. Management
9	Actual	Senior Manager	Tech. Planning & Control	18	Actual	Senior Manager	Combact Aircraft
10	Actual	Chief Financial Officer	Finance & Controlling	19	Actual	Senior Manager	Change & Conf. Management
	Anterior	Head of International Contracts		20	Actual	Vicepresident	Program/Customer Mgmt

Tabla (4.10) Relación de encuestados, (incluye sólo aquellos que respondieron a la encuesta)

CUESTIONARIO

Empresa.....

Persona que contesta (opcional).....

Cargo que ocupa.....

1. A la hora de presupuestar las actividades: ¿se tiene en cuenta el estado de la tecnología en ese momento?

A. Si. Siempre
B. A veces
C. No es necesario

…….....
.....
.....

2. Qué grado de conocimiento tiene de la tecnología que poseen sus competidores

A. Alto
B. Medio
C. Escaso

…….....
.....
.....

3. A la hora de adjudicar un contrato: qué criterios utiliza el cliente
Asignar puntuación por orden de importancia, siendo 4 puntos el más valorado

A. El plazo de entrega más corto
B. El coste más bajo posible
C. El punto de vista estratégico (independencia tecnológica nacional)
D. La tecnología de la empresa

…….....
.....
.....

4. Los retrasos en el desarrollo de los proyectos, ¿son trasladados a los proveedores?

…….....
.....
.....

Tabla (4.11) Cuestiones n^{o}: 1 a n^{o}: 4

CUESTIONARIO

5. ¿Conoce algún proyecto dentro de su empresa que haya finalizado más tarde que la fecha prevista inicialmente? En caso afirmativo. ¿Podría señalar las causas?

…….....
.....

6. ¿Con qué frecuencia altera el cliente las especificaciones del proyecto?

A. Habitualmente
B. Ocasionalmente
C. De forma excepcional

.....
.....

7. Durante la fase de desarrollo del proyecto. ¿Qué variables altera con mayor frecuencia el cliente? Asignar puntuación por orden de importancia, siendo 3 puntos la más habitual

A. Plazo
B. Coste
C. Especificación del producto

.....
.....
.....

8. ¿Qué técnica de presupuestar tareas utiliza su empresa?

A. Top-Down
B. Empleo del Modelo Paramétrico
C. Método Bottom-Up

.....
.....
.....

9. ¿Se actualizan las planificaciones? En caso afirmativo ¿Con qué frecuencia?

A. Cuando el objeto financiero peligra
B. Cada vez que la Ruta Crítica debe ser modificada
C. Cada vez que el Camino Crítico debe ser modificado

…….....
.....
…….

. Tabla (4.11) Cuestiones nº: 5 a nº: 9

CUESTIONARIO

10. ¿Se fija un nivel de inventario máximo al inicio de un proyecto?

A. Siempre
B. Depende del importe del contrato
C. Cuando el proyecto va retrasado
D. No es frecuente

…….....
.....

11. Respecto a los potenciales competidores ¿existen barreras a la entrada?

…….....
.....

12. ¿Cómo se calcula el Valor Ganado de un Proyecto?

A. En función de la obra en curso
B. En función del Camino Crítico
C. En función de la Cadena Crítica

……
……

13. ¿Es algún Estado accionista de su empresa? ¿Cuál es su porcentaje?

……
……

14. ¿Podría identificar las herramientas de Planificación y Control utilizadas por su empresa?

A. SAP
B. Project
C. Mat-Lab
D. Otras. Especifique

…….....
.....

15. ¿Qué criterios financieros de selección de proyectos utiliza su empresa?

A. Valor Actual Neto. VAN
B. Pay-Back
C. Tipo Interno de Rentabilidad. TIR
D. Otros. Especifique.....

……..…….....
.....

Tabla (4.11) Cuestiones nº: 10 a nº: 15

CUESTIONARIO

16. ¿Cómo calificaría el grado de rivalidad dentro de su sector?

A. Alto
B. Intermedio
C. Bajo

…….....
.....
.....

17. Cuál es la principal ventaja competitiva de su empresa? por favor, asigne en orden ascendente (3 puntos el más importante)

A. Coste
B. Los plazos de entrega
C. Conocimiento tecnológico

…….....
.....
.....

Tabla (4.11) Cuestiones n^{o}: 16 a n^{o}: 17

PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO vs. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
H_0	H_0			H_0	H_0												
H_1	H_1			H_1	H_1												
H_2	H_2					H_2	H_2										
H_3								H_3	H_3	H_3		H_3		H_3	H_3		
H_4								H_4	H_4	H_4		H_4		H_4	H_4		
H_5		H_5	H_5								H_5		H_5			H_5	H_5

H_0	Las tareas que componen el desarrollo y/o producción de un avión militar se encuentran sometidas a un alto grado de incertidumbre, debido a que en su mayoría no son repetitivas, por tanto, un tiempo de protección estimado sobre la duración de cada etapa es añadido
H_1	Al tratarse en muchos casos de tecnología no probada, la industria puede argumentar dificultades técnicas en el cumplimiento de los hitos contractuales, consiguiendo aplazamientos en sus entregas sin penalizaciones
H_2	En el mercado de aviones militares es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto
H_3	Aumentar la producción de todos los centros de coste sin tener en consideración las restricciones del sistema, puede conducirnos a excesivos inventarios produciendo un efecto negativo en el balance
H_4	La industria por lo general, actúa tratando de asignar de manera óptima sus recursos teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias, reduciendo su objetivo a un problema de Programación Lineal
H_5	Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional

Tabla (4.12) Preguntas de la encuesta - Contrate de hipótesis

Cuestión nº:	Respuestas de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3

1	A	=	1	Siempre	B	=	2	A veces	C	=	No	
2	A	=	1	Alto	B	=	2	Intermedio	C	=	Bajo	
	A	=	1	B = 2	C	=	3	D = 4				

Tabla (4.13) Respuesta a las cuestiones nº: 1 y nº 2

1		***2***	
Mean	1,050	Mean	1,500
Standard Error	0,050	Standard Error	0,154
Median	1	Median	1
Mode	1	Mode	1
Standard Deviation	0,224	Standard Deviation	0,688
Sample Variance	0,050	Sample Variance	0,474
Kurtosis	20	Kurtosis	0,083
Skewness	4,472	Skewness	1,076
Range	1	Range	2
Minimum	1	Minimum	1
Maximum	2	Maximum	3
Sum	21	Sum	30
Count	20	Count	20

Tabla (4.14) Tratamiento estadístico nº: 1 y nº: 2

t-Test: Paired Two Sample for Means

	1	*2*
Mean	1,05	1,5
Variance	0,05	0,47368
Observations	20	20
Pearson Correlation	0,513	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	19	
t Stat	-3,3275	
P(T<=t) one-tail	0,00177	
t Critical one-tail	1,72913	
P(T<=t) two-tail	0,00354	
t Critical two-tail	2,09302	

Tabla (4.14.1) Tratamiento estadístico nº: 1 y nº: 2

La respuesta más habitual a la primera cuestión ha sido que siempre se tiene en cuenta el estado de la tecnología a la hora de tener que presupuestar las actividades, la causa de ello es el cumplimiento de la H_0 que ya fue planteada y que recordamos

H_0: Las tareas que componen el desarrollo y/o producción de un avión militar se encuentran sometidos a un alto grado de incertidumbre debido principalmente a que en su mayoría no son repetitivas, por lo tanto un tiempo de protección estimado sobre la duración de cada etapa es añadido.

La H_0 sirve de argumento habitual para que se cumpla la H_1:

H_1: Al tratarse en muchos casos de tecnología no probada la industria puede argumentar dificultades técnicas en el cumplimiento de los hitos contractuales, consiguiendo aplazamientos en las entregas sin penalizaciones.

La H_2 es la consecuencia derivada de la realización de la H_0; H_1

H_2: En el mercado de aviones de militares es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto.

Nos apoyamos en el siguiente caso:

Figura (4.10) F-14

El F-14 Tomcat fue el sustituto del F-111B, el cual encontró muchos problemas durante su desarrollo. El más serio fue el continuo y peligroso aumento de peso. Northrop Grumman propuso en 1967 por tal motivo, un diseño completamente nuevo, más pequeño y ligero, manteniendo el sistema AWG-9 y los misiles Phoenix, pero con mejores prestaciones.

Figura (4.11) F-111

La prueba que en la mayoría de los casos se trata de tecnología incipiente, la tenemos al comprobar que los costes de cada generación de un sistema de armas

duplica el coste del sistema anterior. El caso de las fragatas F-100 con un coste unitario de aproximadamente 480 millones de euros, frente a los 280 millones de la clase Santa María o la aeronave F-18 que supuso 45 millones de dólares frente a los 80 millones de dólares del avión Eurofighter[57]

Se acepta la hipótesis nula de independencia entre ambas cuestiones al nivel de confianza α (0,05), con un coeficiente de correlación Pearson del 0,5.

El conocimiento de la tecnología de los competidores es alto según se desprende de las respuestas obtenidas -ver tabla n.4.13-, la opción escogida en su mayoría refuerza las hipótesis planteadas de inicio.

La mayor parte de los encuestados relacionaron sus comentarios con la descripción del mercado y consideraron que:

H: Los fabricantes de aviones militares compiten en un entorno de oligopolio, son pocos e interdependientes en sus estrategias y actúan paramétricamente respecto a los precios, maximizando el beneficio sujeto a la restricción que el resto, mantendrá el suyo invariable (modelo de Malinvaud)[58].

El motivo de lo anterior es el cumplimiento de la H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

Los niveles de información que suelen gestionar a la hora de tomar decisiones son variados y se identifican a continuación:

- Riesgo: aquel en el que decisor no conoce que estados de la naturaleza se presentarán, pero si sabe cuáles pueden ser y su probabilidad.

[57] NAVARRO, G. (2003). *Externalización y Financiación Privada en el Sector Defensa.* Madrid, Información de Defensa y Seguridad, S.L.
[58] Ver capítulo nº.1, epígrafe 7

- Certeza: El decisor conoce con seguridad los estados de la naturaleza que se presentarán.
- Incertidumbre estructurada: se conocen los estados de la naturaleza, pero no su probabilidad.
- Incertidumbre no estructurada: no se conocen los posibles estados de la naturaleza[59].

En cuanto a la relación estratégica cliente y contratista el modelo teórico que mejor la define sería el más prudente o el de Wald, que consiste en considerar que los resultados para la industria son tanto más favorables cuanto mayores sean estos (adopta el papel de ganador en el juego), el criterio es maxi-min, en tanto que la Administración (el perdedor en el juego), adopta el criterio mini-max, asumiendo que todos los resultados le serán desfavorables.

[59] Los estados de la naturaleza son los sucesos de los que depende la decisión y en los que no puede influir apenas el decisor

Cuestión nº: 3	Respuestas de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
El plazo de entrega	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
La oferta más económica	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	3	3	1	1
Preferencia nacional	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Tecnología del contratista	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	4	4

Tabla (4.15) Respuesta a la cuestión nº: 3

H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

1 = El menos importante

2 = Más importante que la opción nº: 1

3 = Más importante que la opción nº: 2

4 = El más importante

	El plazo de entrega	*La oferta más económica*	*Preferencia nacional*	*Tecnología del contratista*
Mean	1,30	1,90	3,90	2,90
Standard Error	0,11	0,16	0,07	0,12
Median	1	2	4	3
Mode	1	2	4	3
Standard Deviation	0,47	0,72	0,31	0,55
Sample Variance	0,22	0,52	0,09	0,31
Kurtosis	-1,24	-0,88	7,04	0,77
Skewness	0,95	0,15	-2,89	-0,08
Range	1	2	1	2
Minimum	1	1	3	2
Maximum	2	3	4	4
Sum	26	38	78	58
Count	20	20	20	20

Tabla (4.16) Tratamiento estadístico cuestión nº: 3

Cuestión nº: 6	Respuestas de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Siempre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Algunas veces															2	2	2	2	2	2
Escasas ocasiones																				

Tabla (4.17) Respuesta a la cuestión nº: 6

	Siempre	*Algunas veces*
Mean	1	2
Standard Error	0	0
Median	1	2
Mode	1	2
Standard Deviation	0	0
Sample Variance	0	0
Range	0	0
Minimum	1	2
Maximum	1	2
Sum	14	12
Count	14	6

Tabla (4.18) Tratamiento estadístico cuestión nº: 6

Siempre	A	=	1
Algunas veces	B	=	2
Escasas ocasiones	C	=	3

H_2: En el mercado de aviones de militares es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto.

La alteración de la especificación repercute con frecuencia en un incremento del coste y plazo de entrega, por lo tanto la industria puede argumentar dificultades técnicas en el cumplimiento de los hitos contractuales consiguiendo aplazamientos en las entregas sin penalizaciones.

Lo comprobamos en los siguientes modelos de aeronaves:

Figura (4.12) CH-47

El helicóptero CH-47 tiene de misión, el transporte de vehículos estratégicos, artillería, equipos de ingeniería, soporte logístico y de personal tanto de día como de noche. En diciembre del 2007 se propuso una modernización y extensión de su vida útil, incorporando una digitalizada cabina, reestructuración del fuselaje y reducción de las vibraciones.

Costes millones $ corrientes
año 2003

Primer contratista: Boeing	Aprobado 05/1998	Último 10/2002	% Desviación
Investigación y desarrollo	148	169,6	14,6
Compras	2.613,9	5.927,7	126,8
Coste total	2.761,9	6.097,3	120,7
Coste unitario	**9.145**	**17.986**	**96.7**
Total unidades	302	339	12,3

Tabla (4.19) Informe de costes helicóptero CH-47

Boeing justificó el incremento por los elevados costes laborales y de material, además de las capacidades adicionales requeridas por el ejército[60].

Figura (4.13) Rah-66 Comanche

Helicóptero multi-misión configurado para cumplir objetivos tácticos y de reconocimiento, diseñado para operar en climas adversos. La actualización consistió en dotarle de mayor velocidad, agilidad, fiabilidad y menores costes de mantenimiento, además de hacerle más invisible para otras aeronaves del mismo tipo.

[60] "GAO: Defense Acquisitions Assesments of Mayor Weapon Programs. Report to Congressional Committees. *GAO-03-476.United General Accounting Office*, May 2003

Costes millones $ corrientes año 2003

Primer contratista: Boeing-Sikorsky	Aprobado 07/1998	Último 10/2002	% Desviación
Investigación y desarrollo	8.886,4	12.556,3	41,3
Compras	30.550,9	21.939,5	-28,2
Coste total	39.824	34.545	-13,2
Coste unitario	**32.831**	**53.146**	**61,9**
Total unidades	1.213	650	-46,4
Ciclo de vida adquisición meses	222	250	12,6

Tabla (4.20) Informe de costes helicóptero Rah-66 Comanche

Los costes de investigación y desarrollo del Rah-66 Comanche experimentaron una gran desviación, reduciéndose el número de unidades de 1.213 a 650 aeronaves y provocando un aumento del coste unitario de aproximadamente un 62%.

Figura (4.14) JPATS

El Joint Primary Aircraft Training System (JPATS) fue un proyecto de adquisición conjunta entre la Fuerza Aérea y la Armada de los EEUU para reemplazar a los ya existentes entrenadores de vuelo. Este aparato era una variante del avión comercial Beech Pilatus PC-9, incorporando requerimientos militares.

Costes millones $ corrientes año 2003

Primer contratista: Raytheon	Aprobado 08/1995	Último 12/2001	% Desviación
Investigación y desarrollo	349,1	294,2	-15,7
Compras	2.720,3	4.316.8	58,7
Coste total	3.138.6	4.674,8	49,0
Coste unitario	**4.408**	**5.970**	**35,4**
Total unidades	712	783	10,0
Ciclo de vida adquisición meses	97	113	16,5

Tabla (4.21) Informe de costes JPATS

Los gestores del proyecto JPATS subestimaron el número de cambios que necesitaba el diseño de la aeronave para cubrir las necesidades militares, este cambio supuso aproximadamente el 70% de la linea comercial. La fase inicial de operaciones comenzó dos años más tarde que lo planificado.

Cuestión nº: 7	Respuesta de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fecha de entrega	3	2	2	3	3	2	2	1	2	3	2	1	2	2	3	3	2	2	2	3
Coste	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2
Especificación	2	3	3	2	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	2	2	3	3	3	1

3 = La más frecuente
2 = Intermedia
1 = La menos frecuente

Tabla (4.22) Respuesta a la cuestión nº: 7

	Fecha de entrega	*Coste*	*Especificación*
Mean	2,25	1,25	2,50
Standard Error	0,14	0,10	0,17
Median	2	1	3
Mode	2	1	3
Standard Deviation	0,64	0,44	0,76
Sample Variance	0,41	0,20	0,58
Kurtosis	-0,44	-0,50	-0,04
Skewness	-0,25	1,25	-1,19
Range	2	1	2
Minimum	1	1	1
Maximum	3	2	3
Sum	45	25	50
Count	20	20	20

Tabla (4.23) Tratamiento estadístico a la cuestión nº: 7

H_2: En el mercado de aviones de militares es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto.

Cuestión nº: 8	Respuesta de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Top-Down	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Modelo Paramétrico																				
Bottom-up	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Otros métodos																				

A	=	1	Top-Down
B	=	2	Modelo Paramétrico
C	=	3	Bottom-up

Tabla (4.24) Respuesta a la cuestión nº: 8

	Top-Down quotations	*Bottom-up quotations*
Mean	3	2
Standard Error	0	0
Median	3	2
Mode	3	2
Standard Deviation	0	0
Skewness		
Range	0	0
Minimum	3	2
Maximum	3	2
Sum	60	40
Count	20	20
Confidence Level(95,0%)	0	0

Tabla (4.25) tratamiento estadístico cuestión nº: 8

La parametrización no es utilizada en esta unidad de negocio, debido a que no existen dos modelos de aviones militares desde el punto de vista técnico, iguales en diferentes momentos del tiempo.

Cuestión nº:		Respuestas de encuestados																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
10		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
12		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

	A	=	1		B	=	2	C	=	3	D = 4
9	A	=	1	Cuando el objetivo financiero peligra				B	=	2	Cada vez que la Ruta Crítica debe ser modificada
10	A	=	1	Siempre				B	=	2	Depende del importe del contrato
12	A	=	1	En función de la Obra en curso				B	=	2	En función del Camino Crítico

Tabla (4.26) Respuesta a las cuestiones nº: 9 ; 10 y 11

	9	*10*	*12*
Mean	1,05	1,05	1,05
Standard Error	0,05	0,05	0,05
Median	1	1	1
Mode	1	1	1
Standard Deviation	0,224	0,224	0,224
Sample Variance	0,050	0,050	0,050
Kurtosis	20	20	20
Skewness	4,472	4,472	4,472
Range	1	1	1
Minimum	1	1	1
Maximum	2	2	2
Sum	21	21	21
Count	20	20	20

Tabla (4.27) tratamiento estadístico cuestiones nº: 9,10 y12

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	9	*10*	*12*
Mean	1,05	1,05	1,05
Variance	0,05	0,05	0,05
Observations	20	20	20
Hypothesized Mean Difference	0		
df	38		
t Stat	0		
P(T<=t) one-tail	0,5		
t Critical one-tail	1,686		
P(T<=t) two-tail	1		
t Critical two-tail	2,024		

Tabla (4.28) Tratamiento estadístico cuestiones nº: 9, 10 y 12

La hipótesis nula de independencia al nivel de confianza α es rechazada, siendo sus dos probabilidades (1,686; 2,024) > 0,05.

El seguimiento y control de un programa, persigue asegurar que los resultados obtenidos durante su ejecución y su proyección a futuro coinciden con los objetivos -rentabilidad, margen, tecnológicos, etc.- y expectativas fijados antes de su inicio, estando más focalizada a la consecución de los objetivos finales que en el progreso de las actividades en curso o en la revisión de las actividades ya realizadas[61]

La consecuencia de ello es que el impacto positivo en coste y plazo a través de actualizaciones en la planificación es subestimado.

La no superación del límite fijado de obra en curso es una de las variables más controladas, consiguiendo de esta manera cumplir el Margen Industrial estimado al principio del proyecto, por lo tanto:

H_4: La industria por lo general actúa en los proyectos tratando de asignar de manera óptima sus recursos, teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias, reduciendo su objetivo a un problema de Programación Lineal[62].

Y actuar de esta manera nos puede conducir a que:

H_3: Aumentar el activo circulante de una empresa mediante la acumulación del inventario de productos intermedios sin tener en consideración las restricciones del sistema, conduce a un efecto negativo en el balance[63].

---

[61] Documento interno
"EADS pierde rentabilidad por las divisas y sus retrasos". *EMPRESAS & BOLSA*. Nov-09; mgll@neg-ocio.com

[62] "El presupuesto de defensa ya no debe estar diseñado por las empresas como de costumbre, debemos tomar decisiones difíciles para garantizar que las capacidades militares de combate, actuales y de futuro, puedan mantenerse en medio de una época de austeridad presupuestaria"
GIL, M, "El pentágono decide rechazar un motor adicional para el caza F-35", *Negocio & Financiero*, 24 de mayo 2010: 14

[63] Aumento de la obra en curso: Parte del activo de una empresa formado tanto por el activo circulante en proceso de fabricación o montaje (productos intermedios) como por aquellas obras y trabajos desarrollados por la empresa para incorporarse al activo fijo de terceros

Los indicadores financieros son demasiados generales para ayudar a la toma de decisiones a niveles operativos, la gestión debería orientarse a la planificación y control de actividades[64].

La interacción entre la capacidad disponible de los recursos y la contribución de cada proyecto individual para los beneficios de la empresa propicia la asignación más apropiada de recursos a los proyectos. El reparto de recursos a los proyectos puede ser conseguido por el modelado y solución de métodos matemáticos de Programación Lineal, donde la función objetivo dirige la selección de los proyectos que maximizan el beneficio, consideradas las restricciones de demanda y capacidad de los empleados.

Las empresas del sector estiman anualmente el objetivo de ventas (Plan Operativo quinquenal) determinando la capacidad requerida para el presente año. La diferencia entre ésta y la capacidad disponible en el futuro determina la capacidad necesaria. Los precios son calculados de forma que les permita la obtención de un beneficio que será representado como una rentabilidad sobre el capital (K) del r por uno.

$$\frac{B}{K} = \frac{p*q - cf - cv*q}{K} = r; \tag{4.1}$$

$$P = \frac{K*r + cf + cv*q}{q}; \tag{4.2}$$

Donde p = precio; q= demanda; c f=coste fijo; c v= coste variable

[64] EADS no cumple de momento todos los requisitos para contabilizar el programa según las normas internacionales, dado que no puede estimarse con fiabilidad el resultado del contrato de construcción Airbus A400M. El método de contabilización de hitos se ha suspendido y se ha reconocido los costes que ya han sido reflejados en la cuenta de resultados, así como, aquellos ingresos en la medida en que dichos costes soportados, sean recuperables según las reglas contables. La provisión para el coste de terminación, se ha actualizado sólo, para cubrir pérdidas que pueden ser estimadas con fiabilidad
Unaudited Condensed Consolidated Financial Information of EADS N.V. for the nine month period ended September 30, 2009
Nota de prensa EADS, 17 noviembre, 2009
Diario Airbus Military, nº: 2393

El sistema informático de gestión más utilizado es el SAP, que cuenta con una herramienta para calcular el grado de avance de sus proyectos, pero previamente es necesario alimentar al sistema de acuerdo a una serie de reglas y procedimientos, eligiendo en cada proyecto cuál deben ser aplicados

Se describen a continuación conocimientos requeridos por el sistema:

Lo primero que hay que conocer son los métodos de medición con el fin de fijar los grados de terminación (GT), término que describe el ratio de los servicios prestados hasta una fecha determinada en relación con el trabajo total que se debe realizar en una operación o un proyecto.

Existen dos tipos de grados de terminación:

- Grado de terminación planificado (GT plan) que es el valor del trabajo planificado hasta un cierto momento, expresado como porcentaje de todo el trabajo necesario. Se calcula usando métodos y se basa en los datos del proyecto.
- Grado de terminación real (GT real) que es el valor del trabajo realizado realmente hasta un cierto momento, expresado como porcentaje de todo el trabajo. También se calcula usando métodos y se basa en los datos del proyecto.

Ruta a seguir en SAP**:** Finanzas / Sistema de proyectos / Progreso / Determinación de progreso /Procesamiento individual (CNE1)

Métodos de cálculo disponibles en SAP:

Reglas inicio-fin: la fecha de inicio y fin extrema se tienen en cuenta para la determinación del grado de terminación del plan y las fechas de inicio y fin real correspondientes al porcentaje de terminación real.

- Método 0-100**:** el grado de terminación inicial es 0% que se mantiene hasta que se concluye el paquete de trabajo, momento en el que se adquiere un 100%. Método recomendado para duración de operaciones < 1 mes.
- Método 20-80: El grado de terminación inicial es el 20%, una vez terminado el paquete de trabajo, el grado de terminación aumenta en un 80% hasta llegar al 100%. Método recomendado para duración de operaciones > 3 meses.
- Método de hitos: Técnica utilizada siempre y cuando se encuentren definidos los mismos. Los hitos se asocian a alguna operación o elemento pep. Método recomendado en proyectos > 3 meses.

Periodo	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11
GT Planificado	20%	20%	60%	60%	100%	100%
GT Real		20%	20%	60%	60%	100%
Hitos	M_1	M_2	Fecha fin			
Planif.	abr-11	jun-11	ago-11			
Real	may-11	jul-11	sep-11			
Grado de Terminación	20%	60%	100%			

Tabla (4.29) Cálculo del Valor Ganado utilizando hitos

- Método de estimaciones: Implica realizar una valoración subjetiva del grado de terminación real del proyecto, basada en la planificación. El valor estimado y un grado de terminación real se actualizan manualmente para el elemento pep u operaciones grafo en cada periodo, recomendable para periodo > 3meses

Se podrá imponer un grado de terminación máximo si la operación no ha sido completada, lo que previene una estimación excesiva cuando las operaciones están casi acabadas “síndrome 90%”.

- Método Grado Realización: Determina el grado de terminación en base a las horas notificadas de la operación respecto al total de las horas de la operación.
- Método de proporcionalidad tiempo. Se basa en la fecha de inicio real y ritmo de avance igual al planificado, en función del tiempo transcurrido se calcula el grado de terminación real, recomendado para tareas de administración, requiere registrar las fechas de inicio real para el elemento pep o la operación.
- Método de proporcionalidad de costes: El grado de terminación real es el porcentaje de costes incurridos en un periodo respecto a los costes planificados.

Esta técnica de medición es apropiada para paquetes de trabajo donde los costes y los servicios tienen una relación de ordenación constante.

- Método de proporcionalidad cantidad: el grado de terminación real es el porcentaje de utilización de una magnitud (horas), incurridos en un periodo respecto al total planificado.
- Método de proporcionalidad secundaria: El grado de terminación de un elemento pep u operación depende del grado de terminación de otro elemento pep u operación, en base a una correspondencia de valores. Se utiliza la ponderación para fijar la relación entre las operaciones.

El análisis de progreso es la herramienta que se utiliza para comparar los valores reales y planificados que se han fijado mediante la determinación del progreso[65]

[65] Los indicadores utilizados son los mismos que aparecen en la página nº: 48

COST PERFORMANCE REPORT- WORK BREAKDOWN STRUCTURE																
1. CONTRACTOR	**2.** CONTRACT	**3.** PROGRAM	**4.** REPORT PERIOD													
a. COMPANY	a. NAME															
b. HEADQUARTERS	b. NUMBER	b. PHASE														
	c. TYPE	( )	R&DT	( )	PRODUCTION											
	d. SHARE RATIO															
5. CONTRACT DATA																
a. QTY	b. NEG. COST	c. EST COST AUTH UNPR	d. TGT PROFIT/FEE	e. TGT PRICE	f. EST PRICE	g. CONT CEILING	h. EST CEILING									
6. EST COST AT COMPLETION	MGMT EST AT COMPL (1)	CONT BUDGET BASE (2)	VARIANCE (3)	**7.** AUTHORIZED CONTRACTOR REPRESENTATIVE												
a. BEST CASE				a. NAME (Last, First, middle, Initial)							b. TITLE					
b. WORST CASE				c. SIGNATURE							d. DATE SIGNED					
c. MOST LIKELY																
8. PERFORMANCE DATA	CURRENT PERIOD					CUMULATIVE TO DATE					AT COMPLETION					
	BUDGETED COST		ACTUAL COST WORK PERFORMED (4)	VARIANCE		BUDGETED COST		ACTUAL COST WORK PERFORMED (9)	VARIANCE							
ITEM (1)	WORK SCHED (2)	WORK PERF (3)		SCHED (5)	COST (6)	WORK SCHED (7)	WORK PERF (8)		SCHED (10)	COST (11)	BUDGET (12)	EST (13)	VAR (14)	SPI	CPI	
XXXX AIRCRAFT COMBACT PROGRAM																
a. COST OF MONEY																
b. GEN & ADMINISTRATION																
c. UNDISTRIBUTED BUDGET																
d. SUBTOTAL (PM Baseline)																
e. MANAGEMENT RESERVE																
f. TOTAL																
9. RECONCILIATION TO CONTRACT BUDGET BASE																
a. VARIANCE ADJUSTMENT																
b. TOTAL CONTR VARIANCE																
1.10. XXX SIMULATION DEVICES																
1.10.1 TENDER PREPARATION COSTS																
1.10.1. TENDER PROCESS PROGRAMS																
1.10.2 TENDER PROCESS EST. ENGINEERING																
1.10.3. TENDER PROCESS PRODUCTION ENGINEERING																
1.10.4 TENDER PROCESS MAINTENANCE																
1.10.5 TENDER PROCESS PROCUREMENT																

Tabla (4.30) Informe de Valor Ganado

Cuestión nº: 14	Respuesta de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PROJECT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MATLAB																				
OTHERS																				

Tabla (4.31) Respuesta a la cuestión nº: 14

	SAP	*PROJECT*
Mean	1	1
Standard Error	0	0
Median	1	1
Mode	1	1
Standard Deviation	0	0
Sample Variance	0	0
Range	0	0
Minimum	1	1
Maximum	1	1
Sum	19	20
Count	19	20

Tabla (4.32) Tratamiento estadístico cuestión nº. 14

Los paquetes de software SAP y Project, tienen capacidad para representarnos visualmente las cargas de trabajo de los recursos, ayudándonos a identificar cual se encuentra sobrecargado y/o infrautilizado, además, si introducimos el progreso real de las tareas el proyecto es recalculado de forma automática y las actividades retrasadas son reprogramadas en base a la nueva realidad.

Cuestión nº: 16	Respuesta de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Intermedio																				
Bajo																				

A	=	1	Alto	
B	=	2	Intermedio	
C	=	3	Bajo	

Tabla (4.33) Respuesta a la cuestión nº: 16

	Alto
Mean	1
Standard Error	0
Median	1
Mode	1
Standard Deviation	0
Sample Variance	0
Range	0
Minimum	1
Maximum	1
Sum	20
Count	20

Tabla (4.34) Tratamiento estadístico cuestión nº: 16

Cuestión nº: 17	Respuesta de encuestados																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Coste	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Fecha de entrega	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conocimiento tecnológico	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2

A	=	1	El menos importante
B	=	2	Intermedio
C	=	3	El más importante

Tabla (4.35) respuesta a la cuestión nº: 17

	Coste	*Fecha de entrega*	*Conocimiento tecnológico*
Mean	2,05	1	2,85
Standard Error	0,05	0	0,08
Median	2	1	3
Mode	2	1	3
Standard Deviation	0,22	0	0,37
Sample Variance	0,05	0	0,13
Range	1	0	1
Minimum	2	1	2
Maximum	3	1	3
Sum	41	20	57
Count	20	20	20

Tabla (4.36) Tratamiento estadístico cuestión nº: 17

Las cuestiones nº: 16 y 17 están relacionadas con dos de las hipótesis planteadas anteriormente de donde se decía que:

H: Los fabricantes de aviones militares compiten en un entorno de oligopolio, son pocos, interdependientes en sus estrategias y actúan paramétricamente respecto a los precios maximizando el beneficio sujeto a la restricción que el resto, mantendrá el suyo invariable (así lo describe el modelo de Malinvaud).

La industria aeroespacial distribuye el mercado a través de coaliciones y/o reparto de cuota y se comparte conocimiento tecnológico entre cooperantes industriales.

Por tanto, tenemos en cuenta que:

H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

H: La proporción óptima de gastos de investigación y desarrollo varía directamente con la elasticidad de la demanda e inversamente con la elasticidad- precio de la demanda.

La mayor concentración de empresas en la industria, aumenta la relación de este tipo de gastos respecto a sus ventas.

La fuerte inversión en investigación y desarrollo produce un alto grado de conocimiento tecnológico.

4. ¿Se traslada a los proveedores los retrasos en la finalización del proyecto?

La respuesta más frecuente ha sido que sí se trasladan los retrasos a los proveedores. El impacto negativo que se produce en ese caso es analizado con especial énfasis en el coste y no en el plazo. La justificación más habitual del proveedor del retraso es la que se refiere a las hipótesis: H_0; H_1; H_2.

5. ¿Conoce algún proyecto dentro de su empresa, que haya finalizado más tarde que la fecha prevista inicialmente? En caso afirmativo. ¿Podría señalar las causas?

Todos los casos que fueron mencionados se encuentran en lo ejemplos expuestos anteriormente.

11. Respecto a los potenciales competidores: ¿existen barreras a la entrada?

La respuesta más habitual ha sido que:

H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

13. ¿Es el algún Estado accionista de su empresa? ¿Cuál es su porcentaje?

Todos los encuestados excepto uno, pertenecen a empresas donde el Estado posee un porcentaje de su capital social.

Lo cual indica que se cumple que:

H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

1. CONCLUSIONES GENERALES

El método de la Cadena Crítica incrementa la posibilidad de entregar en plazo los proyectos, un mayor flujo de caja y un cálculo más realista a la hora de estimar la rentabilidad futura del mismo.

A este respecto Goldratt en 1997 aporta un nuevo enfoque a la teoría de los grafos, ya que la asignación del tiempo a las tareas no contempla el margen de seguridad de forma individual, agregándose este al final del Camino Crítico. Los impactos negativos se miden en referencia al margen de protección del proyecto, no al de la tarea, por lo que la utilización del tiempo de protección es más racional, ya que, por un lado el riesgo, el estrés y el esfuerzo se comparten por igual entre todos los recursos y tareas y por otro, el personal es empleado en la realización de las actividades consideradas críticas, por lo tanto se tiene en cuenta su dependencia y obliga a asignar los tiempos lo más tarde como sea posible.

Así como la Teoría de las Limitaciones (TOC) encuentra su punto de partida en la identificación de dos características fundamentales en las organizaciones: en primer lugar la estructura jerárquica piramidal, donde los problemas surgen cuando cualquier mando intermedio intenta encontrar el óptimo local para su parcela de poder el cual no tiene por qué coincidir con el óptimo de la empresa, además de considerar que el rendimiento individual de un determinado centro de trabajo para conseguir un aumento del inventario sólo sería productivo en la medida que ese coste sea vendible a corto plazo, las divergencias ocasionadas por esta estructura organizativa se acentúan, la mayoría de los empleados en este caso tienen una visión

limitada del entorno y sólo la alta dirección conoce cuáles son las decisiones óptimas para conseguir los objetivos, para ello necesita coordinar esfuerzos entre áreas buscando la integración. En segundo lugar la organización se configura como una sucesión de acciones en cadena, en este sentido, la Teoría de las Restricciones parte del convencimiento que el rendimiento de cualquier cadena siempre está determinado por la fuerza del eslabón más débil, por lo que la dirección debería dedicar sus esfuerzos a localizarlos y enfocar la acción a conseguirlos.

La consecuencia de la organización piramidal implica que se cumple la hipótesis:

H_3: Aumentar el activo circulante de una empresa mediante la acumulación del inventario de productos intermedios, sin tener en consideración las restricciones del sistema (exceso de carga de trabajo de algunos centros productivos y falta en otros), conduce a un efecto negativo en el balance.

La reducción del plazo de ejecución de un proyecto repercute de manera positiva en el Fondo de Maniobra de la empresa y el Periodo de Maduración Económico, por consiguiente mejora su Rentabilidad Operativa[66].

La Rentabilidad Operativa se beneficia de un incremento de la Rotación del Capital Total, a través de la disminución del Activo circulante en la partida de existencias.

$$\text{RV r}_T = \frac{BE}{V}\frac{V}{A} = \frac{BE}{A} = \text{RE} \qquad (5.1)$$

Hay que tener en cuenta que la valoración económica de los proyectos deben ser analizados en función de: su desembolso inicial, los flujos de caja generados a lo largo de su vida y el riesgo asociado. La realidad demuestra que se financian a corto plazo proyectos a largo, siendo la razón más habitual que las entidades financieras

[66] Rentabilidad Operativa o beneficio generado por cada unidad monetaria del activo

pierden confianza cuanto más prolongado es el tiempo de recuperación de una inversión[67].

Las cargas financieras forman parte del coste, remunerando a los recursos financieros inmovilizados en la ejecución del proyecto, los cuales pueden ser de dos tipos: Capital Fijo y Circulante, los cuales se caracterizan por su cualidad rotatoria, es decir, que a cada unidad monetaria de inversión media en circulante le será imputada una tasa "c" de coste de los recursos financieros, siendo la carga financiera imputable a cada unidad de costes circulantes, inversamente proporcional al número de rotaciones anuales

Existen modelos reales que reflejan los beneficios asociados a la aplicación de la TOC en las empresas, por ejemplo en 1986 el 22% de las mayores compañías de Estados Unidos entre las que se encuentran General Motors; Sikorsky, Westinghouse, Rank Xerox, General Electric, implantaron el método de la Tecnología de Producción Optimizada, -que luego derivó en La Teoría de las Limitaciones (TOC) aplicada a la gestión de proyectos-. Los resultados obtenidos en la última –especializada entre otros productos en la elaboración de turbinas para motores de avión- fueron extraordinarios, ya que no sólo logró reducir sus plazos de fabricación en un 60%, sino que aumentó su producción en más del 50%.

2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

El tratamiento de la encuesta nos ha revelado que las variables financieras Beneficio Neto, Rentabilidad y Liquidez son las habitualmente utilizadas a la hora de

[67] Las empresas negocian generalmente "créditos de funcionamiento", es decir, los precisos para atender a sus necesidades del ciclo de explotación

controlar el desarrollo de un proyecto y que a su vez, estas son demasiados generales para ayudar a la toma de decisiones a niveles operativos[68].

La reducción del plazo de entrega no es para los encuestados un objetivo prioritario, recordemos que el contratista conoce la protección legal que les proporciona el artículo 96.2 TRLCAP: "finalmente si el retraso fuese producido por motivos no imputables al contratista y éste ofreciera cumplir sus compromisos dándole prórroga del tiempo que se le había señalado, se concederá por la Administración un plazo que sería por lo menos, igual al tiempo perdido, a no ser que el contratista pidiese otro menor".

El impacto positivo que en la liquidez produce la finalización antes de la fecha contratada puede ser analizado a través de nuestro ejemplo.

Supongamos que fuéramos capaces de reducirlo en varios meses, de tal forma que pudiéramos invertir los 10.648.978,24 euros del año 2010, al 5% anual capitalizable mensualmente.

					importe en euros	
Adelanto	$M = (C+i)^n$					Ganancia
1	M1	=	10.648.978,24	$(1+0{,}004)^{12/12}$	10.648.978,24	0,00
2 = 1 mes	M2	=	10.648.978,24	$(1+0{,}004)^{11/12}$	10.691.574,15	42.595,91
3 = 2 meses	M3	=	10.648.978,24	$(1+0{,}004)^{10/12}$	10.734.340,45	85.362,21
4 = 3 meses	M4	=	10.648.978,24	$(1+0{,}004)^{09/12}$	10.777.277,81	128.299,57

Tabla (5.1) Beneficios asociados a la reducción del plazo de entrega

Anualidad año 2010

Donde:

i = Tasa de interés anual / Frecuencia de conversión;

[68] Casi todos los que han trabajado en una fábrica , tienen al menos dificultades para controlar las operaciones a partir de rendimientos por costes, sin embargo, pocos se han atrevido a desafiar esta vaca sagrada"

$$i = 0{,}05/12 = 0{,}004; \tag{5.2}$$

Los posibles valores del Valor Actual Neto en el año 2010 (en función del adelanto en meses) de nuestra inversión serían:

$$VAN_1 = 25.938.442{,}84 + 0 = 25.938.442{,}84 \tag{5.3}$$

$$VAN_2 = 25.938.442{,}84 + \frac{42.595{,}91}{(1+0{,}05)^2} = 25.977.078{,}60 \tag{5.4}$$

$$VAN_3 = 25.938.442{,}84 + \frac{85.362{,}21}{(1+0{,}05)^2} = 26.015.868{,}88 \tag{5.5}$$

$$VAN_4 = 25.938.442{,}84 + \frac{128.299{,}57}{(1+0{,}05)^2} = 26.054.814{,}33 \tag{5.6}$$

La matriz de pagos en nuestro ejemplo es rectangular, las anualidades son ciertas, lo cual significa que sus fechas son fijas y acordadas al principio y se efectúan a su vencimiento. Tengamos en cuenta la dificultad de cualquier Organismo Público en justificar un adelanto de fondos que proceden de los Presupuestos Generales del Estado y que son modificados a lo largo del año de forma excepcional, por lo tanto habría que encontrar una medida motivadora para que el cliente obtenga también beneficio por esta nueva situación (reducción plazo de entrega), por ejemplo la incorporación de fórmulas de reparto de fondos debido a entregas anticipadas.

Importe en euros

	Cobros	Pagos	Desviación	Fórmula de reparto 50%	
				Empresa	M^{O} de Defensa
VAN_1	25.938.442,84	-25.938.442,84	0,00		
VAN_2	25.977.078,60	-25.938.442,84	38.635,76	19.317,88	19.317,88
VAN_3	26.015.868,88	-25.938.442,84	77.426,04	38.713,02	38.713,02
VAN_4	26.054.814,33	-25.938.442,84	116.371,49	58.185,74	58.185,74

Tabla (5.2) Matriz de Pagos

Nuestro planteamiento inicial incluía identificar aquellas herramientas de Planificación y Control empleadas por la mayoría de empresas del sector, así hemos descubierto que las mismas utilizan la descomposición de los trabajos en paquetes, su asignación jerarquizada en su forma más elemental (actividad) y en árbol. Todo lo anterior es integrado en el módulo financiero de costes del sistema SAP. La actividad de Planificación y Control utiliza en escasas ocasiones el programa Project para calcular el Camino Crítico, lo cual quiere decir que esta forma de actuación conduce al más que probable retraso en las fechas de entrega contratadas.

Las respuestas del cuestionario han confirmado nuestras hipótesis iniciales:

H_0: Las tareas que componen el desarrollo y/o producción de un avión militar se encuentran sometidas a un alto grado de incertidumbre, debido principalmente a que en su mayoría no son repetitivas, por lo tanto, un tiempo de protección estimado sobre la duración de cada etapa es añadido.

H_1: Al tratarse en muchos casos de tecnología no probada la industria puede argumentar dificultades técnicas en el cumplimiento de los hitos contractuales, consiguiendo aplazamientos en sus entregas sin penalizaciones.

H_2: En el mercado de aviones de militares es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto.

Por lo tanto es más que probable que la actividad de planificación, se ajuste al siguiente comportamiento:

- El trabajo se dilata indefinidamente hasta ocupar la totalidad del tiempo disponible para su realización. Los adelantos jamás se trasmiten a las siguientes tareas mientras que los retrasos lo hacen automáticamente.

- La actividad no comienza cuando estaba prevista, sino algo más tarde pues es conocido que el tiempo disponible inicialmente para realizarla es superior al estrictamente necesario en una situación normal.
- El personal se protege de incidencias inesperadas, presiones de los superiores y posibles recortes en los tiempos asignados.

La multitarea (asignación a un recurso de más de una actividad), ha sido abordada exponiendo dos técnicas heurísticas como alternativas de actuación.

Para la mayoría de los encuestados el seguimiento y control de un programa consiste en asegurar que los resultados obtenidos durante su ejecución y su proyección a futuro coinciden con los objetivos - rentabilidad, margen, tecnológicos, etc.- y expectativas fijados antes de su inicio, estando más focalizada a la consecución de los objetivos finales que en el progreso de las actividades en curso o en la revisión de las actividades ya realizadas, pero debemos tener en cuenta que gestionar un proyecto implica un seguimiento del estado de las tareas y el control si las mismas se están desarrollando como fueron planificadas, de tal forma que si alguna/s se retrasan será necesario determinar si se cumplirá el objetivo y en función de esto último decidir si el plan es o no, actualizado.

Las dos herramientas básicas que ayudan a conseguir las respuestas que necesita la Planificación y Control de un proyecto son el Diagrama de de Gantt y el PERT. El primero porque indica cuándo están programadas las tareas y el segundo por la ayuda a comprender las relaciones de las mismas

La industria actualiza el Camino Crítico (ver respuestas a cuestiones 9,10 y 12), solo cuando el objetivo financiero corre peligro[69]. Los gestores de esta forma

[69] Ver página nº.139

subestiman los beneficios asociados al control de aquel, como pueden ser un mayor flujo de caja y un cálculo más realista a la hora de estimar la rentabilidad futura del proyecto.

La gestión debería ser orientada a la Planificación y Control de actividades y al proceso de mejora continua, intentando encontrar las restricciones que limitan los beneficios y explotándolas eficientemente.

Los paquetes de software SAP y Project, son capaces de representarnos visualmente las cargas de trabajo de los recursos, ayudándonos a identificar cual se encuentra sobrecargado y/o infrautilizado, además de recalcular las actividades retrasadas y reprogramarlas en función de la nueva realidad. El Grafico de Gantt obtiene los datos del Camino Crítico y refleja el progreso a través de barras.

Teniendo en cuenta que los recursos son personas, lugares y elementos necesarios para realizar una tarea y que relaciones de precedencia de estas en escasas ocasiones son cargadas en los sistemas diseñados para tal fin (SAP y Project), se producirán conflictos entre ellos a lo largo del proyecto que llevarán más tiempo del deseado en solucionarlos.

El entorno que nos ha reflejado la encuesta nos conduce a una situación donde:

H_4: La industria por lo general actúa en los proyectos tratando de asignar de manera óptima sus recursos, teniendo en cuenta las restricciones presupuestarias, reduciendo su objetivo a un problema de Programación Lineal[70].

La industria forma coaliciones explícitas –los participantes son escasos en número-, quedando reflejados en acuerdos de lanzamiento de la oferta que maximiza el

[70] "El proceso de presupuesto de defensa ya no debe estar diseñado por las empresas como de costumbre. El departamento de Defensa debe tomar decisiones difíciles para garantizar que las capacidades militares puedan mantenerse en una época de austeridad presupuestaria"
ZANJO, G, "El pentágono decide rechazar un motor adicional para el caza F-35", *Negocio & financiero*; 24 mayo-10

beneficio. La sobredimensión de las empresas participantes es un incentivo para ellas, ya que en condiciones normales sus ingresos variarán en proporción a la cuota que la coalición le conceda y siendo los costes marginales a largo plazo inferiores a los de venta de la coalición, siempre existirán beneficios adicionales derivados de aumentar los costes fijos, además si estos son muy altos y los marginales reducidos, la aparición de la empresa pública puede encontrarse justificada.

La situación anterior plantea las siguientes soluciones de financiación del déficit: una de ellas a través de subvenciones que se obtendrían gravando a las empresas con costes crecientes, la otra alternativa sería los impuestos como mecanismo potencialmente corrector de los fallos de mercado, siendo su principal inconveniente que afectan a las valoraciones marginales de los agentes, por consiguiente alterando las condiciones de eficiencia ya que la optimización exige que la valoración privada y social del coste de financiar una unidad de cuenta del bien público deban de ser iguales, encontrándose en este caso una discrepancia entre agentes económicos: la del consumidor cuya valoración marginal privada es igual a la utilidad marginal de la renta y la del sector público cuya valoración será determinada por la maximización de la utilidad individual pero sometida a la restricción presupuestaria pública[71].

La industria actúa de esta manera ya que se ha comprobado que:

H_5: Los contratos de defensa se conceden de forma explícita o implícita atendiendo a un criterio de preferencia nacional.

[71] "El gasto añadido que conllevaría sumar un nuevo motor al proyecto F-35, sería un flaco favor para el contribuyente estadounidense, a esto se añade que el comité propone un aumento presupuestario y unos plazos de entregas inalcanzables, según el jefe del pentágono"
ZANJO, G, "El pentágono decide rechazar un motor adicional para el caza F-35", *Negocio & financiero,* 24 mayo 2010

3. DESARROLLOS FUTUROS

La supervivencia de las empresas depende su capacidad para reducir los ciclos de desarrollo, de su liquidez, de la compra inteligente, de la optimización del proceso de fabricación, de la satisfacción al cliente y la reducción de costes indirectos[72].

La compra inteligente no trata solamente de implementar un proceso de adquisición racional donde nos aseguremos que las herramientas y piezas se encuentran disponibles en el momento preciso y lugar oportuno, sino también a la comparación de nuestro sistema con otros métodos de gestión como el "Just in Time" y/o "Kabban System" y su posible compatibilidad con el que hayamos instalado.

Las empresas aeronáuticas se encuentran sometidas a un continuo proceso de cambio cuyos factores estratégicos de crecimiento son: la internacionalización, la innovación y la mejora[73].

Debido al primer motivo y aunque en las empresas aeronáuticas el montaje de estructuras es una parte crítica que cuenta con unos requerimientos muy específicos, de gran complejidad y sujetas a normas muy estrictas de seguridad, suelen existir diversas líneas de aquella para un mismo programa y que se encuentran distribuidas en diferentes zonas geográficas[74]. El objetivo que se pretende es ser percibidos como locales en todos los mercados y estar plenamente integrados en el entorno político y económico de los países objetivos. El medio utilizado es la asociación, estableciéndose en países de importancia estratégica y aumentando las adquisiciones

[72] Costes que no se ven afectados directamente por las variaciones de la entrega, mantenimiento o desarrollo de los productos

[73] GORCOUFF, M, "Una ventaja única para la internacionalización", *fórum*, nº: 44, octubre 2006: 10-11

[74] LEBATARD, C, "Una base para el futuro", fó*rum*, nº.44, octubre, 2006 : 6-7

globales, las relaciones políticas y la comprensión de las necesidades a largo plazo de los clientes.

Un futuro desarrollo de investigación se abre ante la posibilidad de conocer la política de diversificación de las empresas aeronáuticas y su interacción con las instituciones del entorno, averiguando el papel que juega cada uno de los actores en el proceso, su política y que mecanismos de aprendizaje y transmisión de conocimientos adquiridos son utilizados.

La cuestión anteriormente planteada puede ser enfocada utilizando las encuestas y el análisis estadístico, sin embargo por sí sola no nos proporcionaría la suficiente información para comprender la importancia del factor institucional en este proceso, siendo necesario incluir casos de estudio (ejemplos), que identifiquen las instituciones que participan y de qué manera sus políticas influyen en la toma de decisiones.

El papel que juegan las empresas del sector, es el de desarrollar las concepciones y apoyar de forma activa la verificación experimental, presentando soluciones tecnológicas, mejorando los prototipos y finalmente contribuyendo a la fabricación de los productos, la idea es que actúen como "pioneros tecnológicos".

El gobierno alemán es un ejemplo de contribución significativa al fomento de la cooperación en el sector de armamento europeo y agente activo en el mantenimiento de las capacidades centrales de la industria alemana defensa, así como su competitividad[75]. Otros modelos gubernamentales de apoyo a esta industria y a la innovación, son Francia y España.

---

[75] STROHBUSH, J, "Seguridad para el Tigre", *PLANET AEROSPACE*, 4/2006, octubre/noviembre/diciembre:65

La primera ha apostado por la cooperación entre los dos grupos industriales EADS y Dassault Aviation para desarrollar conjuntamente drones de reconocimiento y combate, por ejemplo EADS dirigirá el proyecto de demostrador de misión múltiple EuroMALE (Moyenne Altitude et Longue Endurance)[76] .

La segunda efectúo un paso muy importante en 1968 al encargar la fabricación del C-212 bajo las premisas de obtener un transporte militar fiable, resistente y muy económico, que tras nueve meses de conversaciones dio sus frutos en un contrato de fabricación de dos prototipos[77]

La innovación desempeña un papel clave en el crecimiento de este negocio, prueba de ello es la política de diversificación seguida por los modelos Airbus, que lo aplicaremos al modelo Airbus A-350

Figura (5.1) Airbus A-350

Figura (5.2) Airbus Beluga

DATOS TÉCNICOS FAMILIA AIRBUS A350:

A350-800: 270 plazas; MTOW 245 tn; empuje 334 kn en cada motor; alcance 8.500 NM (15.800km)

A350-100: 350 plazas; MTOW 290 tn; empuje 423 Kn en cada motor; alcance 8.500 NM (15.800 km)

A350-900: 314 plazas; longitud: 64 metros; envergadura: 64 metros: altura: 17 metros; MTOW 265 tn; empuje 387 KN en cada motor; alcance 8.500 NM (15.800 km)

[76] FERRAD, S, "EuroMale para la soberanía europea", *Planet AeroSpace*, nº.17, octubre a diciembre, 2004:42

[77] BARRAGÁN, J.I, "El CASA 212 treinta años de múltiple utilidad", *Planet Aerospace,* nº. 17, octubre a diciembre 2004: 75-77

Lo que hemos pretendido en este apartado describiendo algunas conductas de comportamiento, es encontrar más hipótesis de trabajo que nos permitan confirmar o no, regularidades y/o explicaciones plausibles dentro del sector aeroespacial.

He aquí algunas de ellas.

H_1: En el mercado de aviones comerciales es habitual la alteración de los objetivos y/o especificaciones iniciales que afectan al plazo de desarrollo del proyecto.

La puesta en servicio del Airbus A-350-900 estaba prevista para el año 2012 y la del A350-800 en el 2013, sin embargo EADS no descarta retrasos de unos meses en el programa A350, que afectarían a dos o tres modelos de largo radio. "Airbus tiene que realizar mejoras técnicas en el avión lo que motivará el retraso sobre el calendario previsto".

H_o: La mayor parte del gasto de de Investigación y Desarrollo de las empresas del sector aeroespacial procede de la aviación civil, consecuencia de la diversificación de sus productos.

El gasto de Investigación y Desarrollo de EADS en el año 2004, se situó en 2.100 millones de euros, reflejando el elevado y constante nivel de inversión en innovación la mitad aproximadamente de esa cifra (al igual que el año 2003) se invirtió en el Airbus A-380[78]

H_1: El riesgo de no amortizar la partida de gastos de Investigación y Desarrollo del negocio militar aeronáutico es mínimo, puesto que son las instituciones las que aseguran el éxito de los gastos, bajo el paraguas de los contratos [79]

H_2: El negocio de Defensa amortigua las fluctuaciones de mercado de la aviación civil, al tiempo que se originan sinergias entre los dos mercados.

---

[78] "EADS: cinco años de éxito", *PLANET AEROSPACE*, Mayo/Junio 1-2 / 2005: 25

[79] Informe financiero NORTHROP GRUMMAN año 2010. El gobierno actúa de sponsor

BIBLIOGRAFÍA

ANSOFF, H.I. (1965). *Corporate Strategy: An analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion*. Nueva York, McGraw Hill

ANSOFF, H.L. (1984). Implanting Strategic Management. Nueva York, Prentice-Hall

ARMOUR, H.O. et al, "Organizational structure and economic performance: a test of the multidivisional hypothesis", *The bell Journal of Economics and Management Studies*, nº 9, 1978: 106-122

ASTLEY, W.G. et al, "Central perspectives and debates in organization theory", *Administrative Science,* Quarterly nº4, 1983: 245-273

BAIMAN, S, "Agency research in managerial accounting: a survey", *Journal of Accounting Literature*, nº 1, 1982: 154-210

BALIGH, H. et al, "Organizational consultant: creating a useable theory for organizational design", *Management Science*, nº12, 1996: 1648-1662

BARHRAMI, H, "The emerging flexible organization", *California Management Review*; nº4, 1992: 33-52

BARRAGÁN J.I, "El CASA 212 treinta años de múltiple utilidad", *Planet Aerospace,* nº. 17, octubre a diciembre 2004: 75-77

BENAVIDES, C.A. (1998). *Tecnología, innovación y empresa*. Madrid, Pirámide

BLACKBURN, J. (1991). *Time-based competition*. Nueva York, Irwin

BLAU, P.M. et al, (1971). *The structure of organizations*. Nueva York, Basic Books

BÖHMER, M, "Para formar y actuar como un solo equipo", *forum*, nº:48, mayo, 2007:6-7

BROMILEY, P, "Testing a causal model of corporate risk taking and performance", *Academy of Management Journal*, nº3, 1991: 27-59

BROWN, S.J. et al, (186). *The Theory of Public Utility Pricing*. Cambridge, Cambridge University Press

BUENO, E. (1989). *Dirección estratégica de la empresa. Metodología, técnica y casos*. Madrid, Pirámide

BUENO, E. et al, (1990). *La dirección eficiente*. Madrid, Pirámide

BUTTERY, R. et al, (1989). *Audit in the public sector*. Cambridge, Foulkner Limited

CALVO, L. "Aviación Comercial guerra abierta: Airbus frente a Boeing", *AVION REVUE*, nº: 232, octubre, 2001:42

CALVO, L. "El arma más poderosa: programa JSF", *AVION REVUE*, nº: 170, agosto, 1996:13

CAMERON, K, "Evaluating organizational effectiveness in organized anarchies", *Paper presented at the 1979 meetings of the Academy of Management*

CASTEL, F, "Entrega a Singapore Airlines. El A380 sale del nido", *Planet AeroSpace*, nº: 1/2008, primer trimestre, 2008:10

CHAMBERLIN, E.H. (1933). The Theory of Monopolistic Competition. Cambridge, Harvard University Press

CUADRADO, E, "El mejor caza del mundo es…", *AVION REVUE*, nº: 245, noviembre, 2002: 28-34

CUERVO, A. et al, (1994). *Introducción a la administración de empresas*. Madrid, Civitas

CHAMPION, D.J. (1975). The sociology of organizations. Nueva York, McGraw Hill

CHARNES, A. et al, "A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency or maintenance units in the U.S. Air Forces", *Annals of Operations Research*, nº2, 1985: 95-112

CHIAVENATO, I. (1989). *Introducción a la teoría general de la administración*. Madrid, McGraw Hill

CHILD, J. (1972). "Organization, structure, environment and performance: the role of strategic choice", *Sociology*, nº6, 1972: 1-22

DAMANPOUR, F, "Organizational size and innovation", *Organizational Studies*, nº13, 1992: 375-402

DAMANPOUR, F. et al, "The adoption of innovations over time: structural characteristics and performance of organizations", *Proceedings of National Decision Science Institute Conference*, San Diego

DE LA FUENTE, J.M. et al. (1997). *Diseño organizativo de la empresa*. Madrid, Civitas

DORFMAN, R. et al. (1958). Linear Programming and Economic Analysis. Nueva York, McGraw-Hill

EISENHARDT, K.M, "Building theories from case study research", *Academy of Management Review*, n°4, 1989: 532-550

ETZIONI, A. (1964). *Modern organization*. Englewood Cliffs, Prentice Hall

FERRAD, S, "EuroMale para la soberanía europea", PlanetAeroSpace, n°.17, octubre a diciembre, 2004:42

FREEMAN, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance –Lessons from Japan*, London, Pinter

FREEMAN, C. (1995). "The National systems of Innovation in Historical Perspective", *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5-24

FOX, C. et al, "Cost-effectiveness of follow up strategies in improving the response rate of mail survey´s", *Industrial Marketing Management*, n°2, 1998: 127-133

FRISON, G, "Transall C-160…El principio de la verdadera cooperación franco-alemana", *Planet AeroSpace*, n°: 2, enero a marzo, 2001: 60

GALBRAITH, J. (1973). *Organizational design: an information processing view*. Nueva York, Addison-Wesley

GALBRAITH, J. (1973). *Designing complex organizations*. Nueva York, Addison-Wesley

GALUNIC, D.L. et al, "Reviewing the strategy-structure-performance paradigm", R*esearch in Organization Behaviour*, n°14, 1993:234-250

GAVIRA, M. A, "EADS espera cerrar ya la financiación y exportar el avión A400M a seis países", *El economista*, 11 enero, 2010

GHAURI, P. et al, (1995). *Research methods in business studies*. Nueva York, Prentice-Hall

GIL. M, "El pentágono decide rechazar un motor adicional para el caza F-35", *Negocio & Financiero*, 24 de mayo 2010:14

GOLDMAN, S. et al, (1995). *Agile competitors and virtual organizations*. Nueva York, Van Nostrand Reinhold

GOLDRATT, E. (1997). *Critical Chain*. Great Barrington, North River Press

GORCOUFF, M, "Una ventaja única para la internacionalización", *fórum*, octubre, n°: 44, 2006: 10-11

GOSMAN, E, "Entre presiones y lobbys, Lula se decidió por los cazas franceses", *Clarín*, enero, 2010

GRANT, R.M. (1996). *Dirección estratégica, conceptos técnicas y aplicaciones*. Madrid, Civitas

GROSSMAN, S. et al, "The costs and benefits of ownership: a theory of vertical and lateral integration", *Journal of Political Economy*, n°4, 1986: 691-717

HAGE, J, "An axiomatic theory of organizations", *Administrative Science Quarterly*, n°3, 1965: 289-320

HAGE, J. et al, "Relationship of centralization to other structural properties", *Administrative Science Quarterly*, n°1, 1967: 72-91

HALL, R.H. (1996). *Organizaciones, estructuras, procesos y resultados*. Méjico, Prentice-Hall Hispanoamericana

HAYES, R.H. et al, "How should you organize manufacturing", *Harvard Business Review*, n°1, 1978: 105-118

HEITZMANN, J., La fuerza aérea cuenta con nuestro apoyo en su marcha hacia el futuro", *Mforum,* enero 2005, 19

HREBENIAK, L.G. et al, "Organizational adaptation: strategic choice and environmental determinism", *Administrative Science Quarterly*, n°4, 1985: 336-349

HUBER, G. et al, (1993). *Organizational change and redesign*. Oxford, Oxford University Press

JENSEN, M.C. (1983). Organization theory and methodology", *The Accounting Review*, April, 1983:319-339

KENDRICH, J.W. (1977). *Understanding productivity*. Baltimore, The Johns Hopkins Press

KUTER, L, (1973), "The Great Gamble – the Boeing 747: the Boeing – Pan Am Project to Develop, Produce, and introduce the 747", *Birmingham*, Ala

LAWRENCE, P.C. et al, (1976). *Developing organizations: diagnosis and action.* Nueva York, Addison-Wesley

LEABATARD, C. "Una base para el futuro", fórum, n°.44, octubre, 2006 : 6-7

LIEBERMAN, M. et al, "Inventory reduction and productivity growth: a comparison of Japanese and US automotive sector", *Operational Research*, n°2, 1997: 73-85

LITTERER, J.A. (1965). *Organizations: structure and behavior*. Nueva York, Wiley

MANSFIELD, R, "Bureaucracy and centralization: an examination of organizational structure", *Administrative Science Quarterly*, n°2, 1973:77-88

MARCH, J.G. et al, (1958). *Organizations.* Nueva York, Wiley

MATÉ, S, "Dassault Rafale Desafío Francés", *AVION REVUE*, nº: 125, noviembre, 1992: 11

MENGUZATO, M. et al, (1991). *La dirección estratégica de la empresa: un enfoque innovador del Management*. Madrid, Ariel

MEYER, J.P. et al, (1997). "Evaluating the management of interpersonal conflict in organizations: a factor analytic study of outcome criteria", *Canadian Journal of Administrative Sciences*, nº1, 1997: 1-13

MILES, R.E.; et al, (1978). *Organizational strategy, structure and process*. Nueva York, McGraw Hill

MILETI, D.S. et al, "Size and structure in complex organizations", *Social Forces*, nº56, 1977: 208-217

MINTZBERG, H. (1991). *Mintzberg y la dirección.* Madrid, Díaz de Santos

MINTZBERG, H. (1993). *La estructuración de las organizaciones*. Madrid, Ariel primera edición de 1984

MINTZBERG, H. (1983). *Power in and around Organizations*. Englewood Cliffs, Prentice Hall

MORTON, M.S. (1991). *The corporation of the 1990´s*. Oxford, Oxford University Press

MOSS-KANTER, R, "Rethinking your strategy", *Executive Excellence*, nº2, 1998: 3-7

MÜHLBAUER, W, "Con el Tornado el viento cambió a favor de la defensa europea", *Planet AeroSpace*, nº: 17, octubre a diciembre, 2004: 70-72

MUÑOZ, A, "El coste del ciclo de vida de un programa y sus relaciones con la programación por fases", *Revista de Aeronáutica y astronáutica. EL GRUPO DE TRANSMISIONES DEL EJÉRCITO DEL AIRE*, nº: 754, junio, 2006:502-505

NARAYANAN, V.K. (1993). *Organization theory. A strategy approach*. Nueva York, Irwin

NAVARRO, G. (2003). *Externalización y Financiación Privada en el Sector Defensa*. Madrid, Información de Defensa y Seguridad, S.L.

NORIEGA, J. L, "EADS amenaza con parar el proyecto de avión no tripulado, clave para España", *Cinco Días*, 20 enero, 2010

PAVITT, K, "Sectorial patterns of technical change. Towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, nº6, (1984), 25-36

PENNINGS, E. et al, "The option value of advanced R&D", *European Journal of Advanced R&D*, nº1, 1997: 83-4

PENROSE, E.T. (1959). *The theory of the grow of the firm*. Oxford, Basil Blackwell

PFEFFER, J. et al, (1978). *The external control of organizations: a resource dependence perspective*. Nueva York,, Harper & Row

PONS, J, "X-380 el prototipo de la discordia", *AVION REVUE*, nº: 235, enero, 2002:72

PORTER, M.E. (1987). *Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance*. Nueva York, Free Press

PORTER, M.E, "What is strategy", *Harvard Business Review*, nº437, 1996:61-78

PORTER, M.E, et al, "How information gives you competitive advantage", *Harvard Business Review*, nº4, 1985:149-160

PRAKKE. F. (1980). *The management of the R&D interface*. London, Frances Pinter

RAMASWAMY, S.N. et al, "Performance implications of congruence between product-market strategy and marketing structure: an exploratory investigation", *Journal of strategy Marketing*, nº1, 1993:71-92

ROMÁN, J. et al. (1998). *CASA Los primeros 75 años*. Madrid, Lunwerg Editores

ROTHLESBERGER, F.J. et al, (1947). *Management and the worker*. Cambridge, Harvard University Press

SÁENZ, J. M, "Pugna en el mercado de aviones de combate USA contra Europa", *AVION REVUE*, nº: 247, enero, 2003:32-33

SÁENZ, J.M, "Al fin una sola industria", *AVION REVUE*, nº: 214, abril, 2000: 69-70

SÁENZ, J.M, "Sukhoi Su-35. El tiempo su peor enemigo", *AVION REVUE,* nº: 230, agosto, 2001: 29

SÁENZ, J. M, "Más problemas para el súper transporte europeo", *AVION REVUE*, nº: 235, enero, 2002:34

SANTIBÁÑEZ, C, "English Electric Lightning: El fin del relámpago", *AVION REVUE*, nº: 77, noviembre, 1988: 30-31

SCHEIN, E.H. (1988). *La cultura empresarial y el liderazgo: una visión dinámica.* Barcelona, Plaza y Janés

SEGURA, J. (1994). *Análisis microeconómico*. Madrid, Alianza Universidad Textos

SELZNICK, P. (1957*). Leadership in administration*. Nueva York, Evanston III

SOLOW, D, "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Stadistics*, nº5, 1957: 35-46

STROHBUSH, J, "Seguridad para el Tigre", *PLANET AEROSPACE*, 4/2006, octubre/noviembre/diciembre: 65

TIROLE, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge, Harvard University Press

ZANJO, G, "El pentágono decide rechazar un motor adicional para el caza F-35", *Negocio & financiero*, 24 mayo 2010

APÉNDICE

CURRÍCULUM VITAE

PUBLICACIONES

Fecha Fin	Formación	Observaciones
08/07/2011	XV Congreso internacional de Ingeniería de proyectos	Título de la ponencia "Algunas Propuestas de Mejora en el sector aeroespacial"
Revista	INNOVAR, Journal	Artículo en preparación: "Algunas consideraciones sobre la innovación en el mercado de aviones comerciales"
Índice de impacto		Social Sciences Citation Index

Curriculum Vitae
REDONDO EXPOSITO, ENRIQUE

Información personal

Fecha de nacimiento	05/10/1968
Nacionalidad	Española
D.N.I.	52181732E
Email	Enrique.Redondo@cassidian.com
Fecha entrada	07/10/1985
Dirección	C/ Torroja n.5 / 4C; Getafe, CP 28905, Madrid

Puesto actual

Departamento	Chief of Staff CASSIDIAN Spain / Taxes. Manager
Fecha inicio	01/02/2011

Puesto anterior

Departamento	Contracts Administration & Risk Mg. Manager CASSIDIAN
Fecha inicio	01/01/2004
Fecha fin	31/01/2011

Experiencia Profesional

Fecha inicio	Fecha fin	Observaciones	Empresa	País
19/08/2007	30/09/2008	Profesor visitante Asignaturas: Economía de la Empresa Gestión y Administración Pública	Universidad Carlos III de Madrid	España
01/10/2004	31/03/2005	Profesor visitante Asignatura: Economía Financiera y Contabilidad	Universidad Carlos III de Madrid	España
17/10/2003	16/04/2004	Profesor visitante Asignatura: Economía Pública II.	Universidad Carlos III de Madrid	España
01/11/2001	01/01/2004	Contracts Administration & Risk Mg. Manager	EADS-CASA	España
02/10/2000	31/10/2001	Commercial.dep. Cost Estimator	Eurofighter G.m.b.H.	Alemania
01/12/1997	30/09/2000	Planificación y Control ILS	C.A.S.A.	España

		Técnico en Organización		
03/01/1994	30/11/1997	Control de Producción Técnico en Organización	C.A.S.A.	España
01/01/1990	31/12/1993	Dep. Finanzas	C.A.S.A.	España
01/10/1985	31/12/1989	Ingeniería Utillaje Delineante	C.A.S.A.	España

Formación

Fecha	Titulación	Centro	Observaciones
01/02/2006	DEA	UNED. Madrid	Certificados de Estudios Avanzados
31/05/1999	Master	Centro de Estudios Financieros (CEF)	Asesoría Fiscal y Tributación
15/09/1997	Lic. CC. Económicas	UNED.Madrid	

Fecha Fin	Formación	Observaciones
08/07/2011	XV Congreso internacional de Ingeniería de proyectos	Título de la ponencia "Algunas Propuestas de Mejora en el sector aeroespacial"
13/04/2011	Fundamentos de la Gestión de Proyectos	CASSIDIAN College
19/11/2010	Gestión de Riesgos y Oportunidades a lo largo del ciclo de un proyecto	PM Academy
16/11/2006	Contratación Pública	Institute for International Research iiR España
22/02/2005	Cálculo de Costes en el Procedimiento Negociado	Asociación Española de Fabricantes de Armamento y Material de Defensa y Seguridad (AFARMADE)
14/07/2004	Implantación de un Cuadro de Mando	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
30/06/2001	Teoría de las organizaciones	Tercer ciclo universitario. Depto. Organización de Empresas.
30/06/2001	Fundamentos de la Dirección Estratégica	Tercer ciclo universitario Depto. Organización de Empresas
31/12/2000	Nuevas Tecnologías Aplicadas a las Pymes	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
01/10/2000	Como aprovechar las Nuevas Tecnologías en la Gestión de las Pymes	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
30/06/2000	Auditoría de la Dirección de	Tercer ciclo universitario

	los Recursos Humanos	Depto. Organización de Empresas
30/06/2000	Instrucciones y Metodología para la Elaboración de Proyectos	Tercer ciclo de estudios universitarios. Depto. Organización de Empresas
30/06/2000	La Excelencia en la Empresa	Tercer ciclo estudios universitarios. Depto. Organización de Empresas
31/12/1999	Comercio Exterior	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
31/03/1999	Habilidades de Dirección	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
23/02/1998	Gestión Comercial	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
23/02/1998	Gestión de Existencias	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
25/04/1997	Gestión Económico Fiscal	Confederación Empresarial de Madrid. CEIM
09/03/1997	Econometría: Modelos de la COWLES frente a los Modelos de la Agricultura	UNED
02/10/1996	Especialista en Contabilidad Analítica	Universidad Politécnica de Madrid

XV International Congress on Project Engineering

Estimado ENRIQUE REDONDO EXPOSITO,

Nos complace informarle que su comunicación titulada 01-020 ALGUNAS PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL SECTOR AEROESPACIAL ha sido aceptada después de la realización de revisión por pares por parte del Comité Científico del XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.

La aceptación definitiva de la comunicación queda supeditada a la verificación de la inscripción en el congreso del autor identificado como ponente o del ponente suplente.

La comunicación que no sea presentada oralmente o como poster durante el congreso será eliminada del libro de actas del congreso.

No hay más comentarios

Un cordial saludo,

Secretaría Científica de AEIPRO

Desarrollado por ALTAI SOFT

Para darse de baja envíe un e-mail a:
secretario.cientifico@congresoAEIPRO2010.es