



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Análisis de las alternativas de obtención de
capacidades espaciales en el ámbito de la Defensa

Autor

Marta Martín de Diego

Director

Iván Raúl Cristóbal Monreal

Centro Universitario de la Defensa

Año 2019

PÁGINA INTENCIÓNADAMENTE
EN BLANCO

RESUMEN

En el presente TFM (Trabajo Fin de Master), se parte de una descripción del entorno que caracteriza a la obtención de capacidades espaciales en el ámbito de la Defensa, para continuar con la identificación de posibles alternativas para dicha obtención que posteriormente se analizan mediante el empleo de dos herramientas: el análisis DAFO (análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) y la metodología de decisión multicriterio AHP (Proceso de Análisis Jerárquico).

Respecto de la descripción del entorno, se han seleccionado aspectos representativos alrededor del proceso de obtención analizado:

- Presentación de la justificación de la necesidad operativa de este tipo de capacidades en el ámbito de la Defensa.
- Definición del concepto de sistema espacial, su clasificación y componentes, fundamentando sus principales aplicaciones en los de mayor interés para la Defensa.
- Estado actual del sector espacial y su importante evolución en los últimos años. Asimismo, su relación con la actividad de Defensa y sus expectativas de evolución futura.
- Se presentan datos económicos y referencias en cuanto a la actividad espacial en el contexto internacional. Tiene especial peso la actividad en el ámbito europeo con las recientes iniciativas en el marco de la UE (Unión Europea) y la denominada Europa de la Defensa, en donde también hay un lugar preeminente para la Europa Espacial.
- Organización de la actividad espacial en el Ministerio de Defensa y sus pilares fundamentales.
- Respecto de las futuras capacidades, el TFM contempla ciertas reflexiones sobre las líneas de actividad futura en materia de espacio en el ámbito de la Defensa.
- Se hace una breve referencia a la estructuración del proceso de obtención en el Ministerio de Defensa, sus fases y etapas; situando el análisis objeto del TFM dentro de ese proceso.
- Por último, en la presentación del escenario, se estructuran las áreas que componen un proyecto espacial, dando idea de la complejidad que supone resolver el total de las operaciones de que consta.

En el Estado del Arte se recogen datos sobre las alternativas de obtención utilizadas en países de nuestro entorno. Asimismo, considerando que en estas obtenciones tienen en algunos casos protagonismo las agencias espaciales nacionales, y dado que en España no se ha constituido dicho ente, se dedica una reflexión al asunto. Otro tema relacionado con el Estado del Arte, es la tendencia "New Space", a la que también se hace referencia.

Caracterizado el escenario y presentado el Estado del Arte, se aborda la identificación de las alternativas de obtención que una vez descritas serán objeto de análisis: Adquisición Propia, Adquisición bajo un modelo de cooperación Público-Privado y Adquisición Externa.

Con el uso de la herramienta DAFO se procede a analizar las tres alternativas identificadas y mediante el método multicriterio AHP se realiza la priorización de las tres alternativas.

Finalizados los análisis se presentan las conclusiones del TFM.

LISTADO DE SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

Se presentan en este listado las siglas, acrónimos y abreviaturas empleados en la presente memoria:

AE	Adquisición Externa
AEI	Agencia Espacial Italiana
AHP	Analytic Hierarchy Process
AP	Adquisición Propia
APP	Adquisición mediante modelo de Colaboración Público-Privado
BTID	Base Tecnológica e Industrial de la Defensa
CARD	Revisión Anual Coordinada de la Defensa
CDTI	Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial
CESTIC	Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
CGS	Centro de Gestión de Satélite
CIFAS	Centro de Inteligencia de la Fuerzas Armadas
CNES	Centro Nacional de Estudios Espaciales Francés
CNSA	Agencia Espacial China
CPP	Colaboración Público Privada
CSA	Agencia Espacial de Canadá
CESAEROB	Centro de Sistemas Aeroespaciales de Observación
COVE	Centro de Operaciones y Vigilancia Espacial
CTEIE	Centro de Tratamiento y Explotación de Imágenes Español
DAFO	Análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
DDV	Documento de Viabilidad
DGA	Dirección General del Armamento francesa
DGAM	Dirección General de Armamento y Material
DIGENPOL	Dirección General de Política de Defensa
DLR	Agencia Espacial Alemana
DoD	Departamento de Defensa de EEUU
EA	Ejército del Aire
EDA	Agencia Europea de Defensa
EDIDP	Programa Europeo de Desarrollo Industrial en materia de Defensa
EMA	Estado Mayor del Aire

EMAD	Estado Mayor de la Defensa
ESA	Agencia Espacial Europea
ETID	Estrategia Tecnológica e Industrial de la Defensa
FAS	Fuerzas Armadas
FED	Fondo Europeo de Defensa
GEO	Geosynchronous Orbit
GNSS	Global Navigation Satellite System
GOVSATCOM	Iniciativa para proporcionar capacidades SATCOM en el ámbito gubernamental europeo
GPS	Global Positioning System
GUIA	Gestor Unificado de Información Aeroespacial
HAD	Herramienta de Ayuda a la Decisión
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
ISRO	Agencia de Investigación Espacial India
JAXA	Agencia Espacial Civil Japonesa
JCISFAS	Jefatura de Sistemas de Información y Telecomunicaciones de las FAS
JDA	Agencia Espacial de Defensa Japonesa
JSMC	Jefatura del Sistema de Mando y Control del EA
LEO	Low Earth Orbit
LOI	Letter of Intent
NAD	Director Nacional de Armamento
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAVSAT	Navegación por Satélite
MEO	Medium Earth Orbit
MFOM	Ministerio de Fomento
MINCIU	Ministerio de Ciencia y Universidades
MINCOTUR	Ministerio de Industria Comercio y Turismo
MINISDEF	Ministerio de Defensa
MOU	Memorando de Entendimiento
MS	Multiespectrales
MUSIS	Multinational Space-based Imaging System
NEO	Near-Earth Objects
OCM	Objetivo de Capacidad Militar

OTAN	Organización del Tratado de Atlántico Norte
PADR	Acción Preparatoria de Defensa
PAN	Pancromático
PAPS	Phased Armaments Programming System
PD	Plan Director
PDC	Plan de Desarrollo de Capacidades
PESCO	Cooperación Estructurada Permanente en materia de Defensa
PNOTS	Programa Nacional de Observación de la Tierra por Satélite
POLSA	Agencia Espacial Polaca
PRS	Servicio Público Regulado
PT	Project Team
REM	Documento de Requisitos de Estado Mayor
RI	Razón de Inconsistencia
ROSCOSMOS	Agencia Espacial Rusa
SAR	Radar de Apertura Sintética
SATCEN	Centro de Satélites de la UE
SATCOM	Satélites de Comunicaciones
SDG ADQUI	Subdirección General de Adquisiciones de Armamento y Material
SDG GESPRO	Subdirección General de Gestión de Programas
SDG INREID	Subdirección General de Inspección Regulación y Estrategia Industrial de Defensa
SDG PLATIN	Subdirección General de Planificación Tecnología e Innovación
SDG REINT	Subdirección General de Relaciones Internacionales
SEDEF	Secretaría de Estado de Defensa
SEOT	Sistemas Espaciales de Observación de la Tierra
SSA	Conocimiento de la Situación Espacial
SST	Vigilancia y Seguimiento Espacial
S3T	Spanish SST
SUCHAI	Agencia Espacial Chilena
TEDAE	Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Aeronáutica y Espacio
TMI	Telemetría de Imagen
TTC	Tracking, Telemetry and Command
UE	Unión Europea

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- MARCO DEL TRABAJO.....	1
1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	1
1.3.- OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	1
CAPÍTULO 2: OBTENCIÓN DE CAPACIDADES ESPACIALES EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA.....	2
2.1.- NECESIDAD DE CAPACIDADES ESPACIALES EN DEFENSA	2
2.2.- DESCRIPCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CAPACIDADES DE LOS SISTEMAS ESPACIALES.....	3
2.3.- EL SECTOR ESPACIAL Y SU RELACIÓN CON DEFENSA	3
2.4.- ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD ESPACIAL EN EL MINISTERIO DE DEFENSA	6
2.5.- CAPACIDADES ESPACIALES DEL MINISTERIO DE DEFENSA.....	7
2.6.- FUTURAS CAPACIDADES	8
2.7.- COOPERACIÓN INTERNACIONAL	9
2.8.- PLAN DIRECTOR DE SISTEMAS ESPACIALES.....	10
2.9.- FASES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE RECURSOS EN LAS FAS.....	12
2.10.- ACTIVIDADES ASOCIADAS A UN PROYECTO ESPACIAL.....	12
CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE.....	13
CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN DE CAPACIDADES ESPACIALES EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA.....	15
4.1.- ALTERNATIVA 1: OBTENCIÓN MEDIANTE ADQUISICIÓN PROPIA (AP).....	15
4.2.- ALTERNATIVA 2: OBTENCIÓN MEDIANTE UN MODELO DE ADQUISICIÓN PÚBLICO-PRIVADO (APP)	15
4.3.- ALTERNATIVA 3: OBTENCIÓN MEDIANTE ADQUISICIÓN EXTERNA (AE)	18
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN.....	20
5.1.- ANÁLISIS DAFO DE LAS ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN IDENTIFICADAS	20
5.2.- ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN MEDIANTE HERRAMIENTA MULTICRITERIO: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AHP	23
5.3.- CONSIDERACIONES RELATIVAS A RIESGOS	30
CONCLUSIONES FINALES.....	31
REFERENCIAS	33
ANEXO 1: COMPONENTES Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ESPACIALES	35
ANEXO 2: PROGRAMAS DE ESPACIO EN LA DGAM.....	38
ANEXO 3: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD APLICADO A LA METODOLOGÍA AHP	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Organigrama Subdirecciones INTA.....	7
Figura 2 - Organigrama DGAM.	8
Figura 3 - Previsión de reparto de inversiones en Espacio MINISDEF.....	11
Figura 4 - Fases y Etapas Proceso Obtención.....	12
Figura 5 - Tipos CPP.....	16
Figura 6 - DAFO Alternativa AP.	20
Figura 7 - DAFO Alternativa APP.	21
Figura 8 - DAFO Alternativa AE.....	22
Figura 9 - Escala de Saaty.	23
Figura 10 - Diagrama de Árbol.	26
Figura 11 - Introducción Datos Paso 1 AHP en la HAD.....	26
Figura 12 - Evaluación Criterios.....	27
Figura 13 - Evaluación Subcriterios.	27
Figura 14 - Evaluación de Alternativas.	27
Figura 15 - Obtención de la Matriz de Decisión en la HAD.	28
Figura 16 – Comparativa Operaciones Transferidas en el modelo APP.....	30
Figura 17 - Arquitectura genérica de un Sistema Espacial.....	35
Figura 18 - Arquitectura Segmento Terreno SATCOM.....	38
Figura 19 - Unidades Segmento Terreno Pleiades.	40
Figura 20 - Satélite PAZ.	41
Figura 21 - Arquitectura Segmento Terreno PAZ.	42
Figura 22 - Radar de Vigilancia Espacial (Base Aérea de Morón).....	44
Figura 23 - Matriz de decisión Caso 1 (AS).....	47
Figura 24 - Matriz de decisión Caso 2 (AS).....	47
Figura 25 - Matriz de decisión Caso 3 (AS).....	47
Figura 26 - Matriz de decisión Caso 4 (AS).....	48

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1.- MARCO DEL TRABAJO

El marco del trabajo es el correspondiente a la obtención de capacidades espaciales para las FAS (Fuerzas Armadas) españolas. Se ha de referir por tanto la justificación de la necesidad en ese contexto, incluyendo los aspectos técnicos, industriales, organizativos, normativos y del contexto internacional que resulten más representativos, y que afectan a dicha obtención.

Dotar a nuestras FAS de estas capacidades se ha identificado como una prioridad, en un contexto marcado por sistemas de armas cada vez más complejos que demandan los recursos obtenidos de los sistemas espaciales. Se ha de tener en cuenta, además, su utilización bajo condiciones de entorno que imposibilitan la utilización de otro tipo de sistemas. Más adelante se analizará su necesidad en las diferentes áreas en que se dividen los sistemas espaciales, así como su identificación como un activo estratégico para la Defensa.

En cuanto al marco del TFM, es de destacar la situación del sector espacial en España y sus estrechos lazos con el Ministerio de Defensa. Desde el impulso que los proyectos de Defensa han proporcionado al sector, pasando por la necesidad de continuar el esfuerzo en desarrollo e innovación.

Se ha de mencionar también, la dificultad de disponer aisladamente por parte de una nación de los recursos materiales, técnicos y económicos necesarios para proyectar y llevar cabo una política espacial completa de Seguridad y Defensa.

Desde el punto de vista industrial ha de destacarse el nivel de los conocimientos técnicos adquiridos y la capacidad industrial desarrollada por la industria española del sector.

Se repasará la organización de la actividad espacial en el Ministerio de Defensa, los organismos involucrados y sus responsabilidades.

El Plan Director de Sistemas Espaciales del Ministerio de Defensa [1], cuya edición de 2015 está actualmente en proceso de revisión, es un documento de referencia para las adquisiciones en materia de espacio en el medio y largo plazo.

El marco en el que se demanda la identificación y análisis de aquellas alternativas que permiten la obtención de capacidades espaciales, es el proceso de obtención de recursos en Defensa. Sus fases y etapas se describirán de forma esquemática, situando sobre el mismo el momento del proceso en el que se encajaría el presente análisis.

1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La utilidad del presente TFM es la de identificar y analizar los posibles modelos de obtención de capacidades espaciales para las FAS españolas, presentando previamente el escenario alrededor de esta obtención.

Una vez identificada la necesidad de obtener una determinada capacidad espacial para Defensa, el proceso de obtención avanza hasta la elección de una alternativa viable. La obtención puede responder a la necesidad de una nueva capacidad, o bien, a la necesidad de reposición de las ya existentes por estar próximo el final de su vida operativa. En este punto, y dando continuidad al proceso de obtención de la misma, se llegaría a plantear en el "Dominio de la Obtención", partiendo de unos requisitos definidos por el "Dominio de la Necesidad", y teniendo en cuenta el escenario de obtención, que posible alternativa podría resultar más idónea para satisfacer la necesidad.

El análisis resulta de especial interés en lo relativo a la gestión de los programas, proyectos e iniciativas en materia de sistemas espaciales en el Ministerio de Defensa, del mismo se derivan las correspondientes conclusiones que pueden servir de apoyo en la implementación de mejoras a aplicar en este tipo de procesos de obtención, dejando también abierta la posibilidad de una línea de investigación y análisis con un mayor nivel de detalle.

1.3.- OBJETIVOS DEL TRABAJO

Ante la necesidad de obtención de una determinada capacidad espacial para Defensa, se identificarán los posibles modelos de obtención a aplicar, procediéndose a su análisis con objeto de seleccionar la alternativa más idónea y presentando las conclusiones que de los análisis se deriven. Previamente será caracterizado el entorno alrededor de este proceso de obtención.

CAPÍTULO 2: OBTENCIÓN DE CAPACIDADES ESPACIALES EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

En este capítulo se abordan distintos aspectos alrededor del escenario que caracteriza a la obtención de capacidades espaciales en el ámbito de la Defensa.

2.1.- NECESIDAD DE CAPACIDADES ESPACIALES EN DEFENSA

Antes de profundizar en las posibles alternativas de obtención, se presentan algunas reflexiones como base a la justificación de la necesidad operativa de este tipo de capacidades en el ámbito de la Defensa.

Se puede afirmar que los sistemas de armas modernos son casi imposibles de manejar sin los sistemas espaciales [2]. Un factor decisivo para la superioridad militar moderna radica en la capacidad para obtener, operar y mantener los sistemas espaciales [3].

Así, las FAS españolas, desarrollan su actividad en escenarios nacionales e internacionales, estos últimos en numerosas ocasiones remotos e inaccesibles, en los que resulta imprescindible contar con capacidades espaciales para atender las necesidades de información e imágenes en entornos seguros y regidos por la independencia y discreción.

La dependencia de las comunicaciones en red está aumentando de manera exponencial y en este sentido se hace necesario recurrir a las comunicaciones por satélite [4].

Asimismo, para detectar la posición del objetivo y entender la situación estratégicamente, es necesario adquirir imágenes mediante los satélites de reconocimiento. Los países más avanzados del mundo manejan la denominada inteligencia geoespacial basada en la disponibilidad de imágenes procedentes de satélites de observación junto a herramientas avanzadas de análisis. La explotación y el análisis de imágenes e información espacial permiten describir, evaluar y presentar características físicas y actividades referenciadas de inestimable interés para las FAS [2].

Los sistemas espaciales de navegación y posicionamiento proporcionan servicios indispensables para el desarrollo de las operaciones militares, como el vuelo de aeronaves, guiado de armas y control de la posición de las tropas [2].

Todos los datos anteriormente expuestos justifican la necesidad operativa de este tipo de sistemas en las FAS y permiten la aproximación a la importancia cada vez mayor del Espacio en la Defensa.

Sin embargo, los sistemas espaciales también son extremadamente vulnerables, y siendo los satélites, activos tan importantes para la Defensa, tiene gran importancia las actividades de vigilancia y seguimiento espacial. La basura espacial puede ser causa de daño y pérdida de funcionalidades de los satélites. Las actividades de Conocimiento de la Situación Espacial (SSA: Space Situational Awareness) permiten identificar y prevenir riesgos de origen espacial. Dentro de estas actividades se engloban las de Vigilancia y Seguimiento Espacial (SST: Space Surveillance and Tracking) cuyo objetivo es evitar colisiones que limiten o concluyan de forma precipitada la misión de los satélites, así como limitar los riesgos asociados a la re-entrada de objetos espaciales en la atmósfera terrestre.

De todas estas reflexiones se deduce que un paso estratégico y preliminar en un conflicto armado sería el ataque al sistema espacial [3]. En los diferentes foros internacionales en los que se trata el binomio Espacio-Defensa se destaca la necesidad de proteger las capacidades espaciales ante las amenazas que existen, lo que llevaría a una adaptación de las doctrinas para proteger el espacio. En este sentido varios Ministerios de Defensa de países de nuestro entorno están alineando dicha premisa en sus respectivas Estrategias Espaciales.

2.2.- DESCRIPCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CAPACIDADES DE LOS SISTEMAS ESPACIALES

Un sistema espacial es un conjunto de componentes situados en el espacio y en tierra que interaccionan entre sí constituyendo un todo organizado diseñado para proporcionar, directamente o a través de un proveedor, aplicaciones y servicios de valor añadido [2].

En el Anexo 1 se exponen las componentes y clasificación de los sistemas espaciales.

Los sistemas espaciales se pueden clasificar en familias según las capacidades que proporcionan [2]:

- Observación de la Tierra
- Comunicaciones
- Navegación y Posicionamiento
- Meteorología
- Geodesia
- Vigilancia y Seguimiento Espacial
- Acceso al Espacio (lanzadores)

En el caso de las capacidades espaciales de interés para la Defensa, cabe destacar las tres primeras familias y así mismo la capacidad de vigilancia y seguimiento espacial que se prevé potenciar dentro de nuestras FAS en los años venideros.

Desde el punto de vista de Defensa, los satélites de observación suponen una relevante herramienta en inteligencia, siendo de gran interés las imágenes de alta y muy alta resolución. Son además esenciales como complemento a otros medios disponibles.

Los sistemas SATCOM (Satélites de Comunicaciones) por su parte son el eje de toda la red de comunicaciones estratégicas y tácticas, apoyando al resto de medios y redes tradicionales. Son capaces de proporcionar cobertura global y elevadas velocidades de transmisión y recepción. Resultan fundamentales en operaciones donde se requiere una rápida proyección de medios, gran movilidad, zonas alejadas y muy diversificadas para favorecer la flexibilidad y la capacidad de reacción.

La información que suministran los sistemas espaciales de navegación y posicionamiento resulta indispensable en el contexto de Defensa, entre sus aplicaciones se pueden citar la navegación y posicionamiento de efectivos en vehículos (aéreos, terrestres y navales), guiado de armas y localización de objetivos.

Por su parte, poseer capacidades SST nacionales resulta de gran interés en términos duales, siendo de especial interés para el ámbito de la Defensa. El espacio se ha convertido en un ámbito susceptible de confrontación, por lo que, en caso de conflicto con un adversario de entidad, existe la posibilidad de que se puedan llevar a cabo ataques sobre los activos en órbita. En algunos ámbitos se considera que en caso de conflicto con un adversario lo primero en atacar sería sus capacidades espaciales, dada la dependencia de las mismas de los sistemas de armas modernos. En este sentido resulta fundamental dotarse de una infraestructura SSA/SST que proporcione independencia en el conocimiento de esta información.

2.3.- EL SECTOR ESPACIAL Y SU RELACIÓN CON DEFENSA

Se presenta un resumen del escenario que caracteriza al sector espacial. Esta síntesis permitirá situar el estado actual del sector y su importante evolución en los últimos años. Asimismo, permitirá posicionar la actividad de Defensa en el sector y sus expectativas de evolución futura.

En este sentido, es destacable el impulso proporcionado al sector proveniente de las actividades desarrolladas por el Ministerio de Defensa, siendo los programas de obtención de capacidades espaciales generados por la Defensa nacional, principales actores y tractores de la Industria espacial nacional.

Como ejemplo de la enorme relevancia que el Ministerio de Defensa Español otorga a los sistemas espaciales, se puede citar el hecho de que España es uno de los cinco países de la OTAN que cuenta con un Sistema de Comunicaciones Militares por Satélite propio. Además, el Ministerio de Defensa, al margen de su participación en diversos sistemas espaciales de observación de la Tierra de carácter multinacional europeo, ha apostado también por su independencia en este ámbito con su participación en el Programa Nacional de Observación de la Tierra (PNOTS) cuya componente SAR (satélite PAZ) proporciona imágenes al Ministerio de Defensa. Desde el 6 de septiembre de 2018, nuestras FAS cuentan con imágenes operativas del PAZ, una vez lanzado de manera exitosa el pasado 22 de febrero de 2018 y finalizada la fase de Comisión (también conocida por su denominación en inglés "Commissioning", o fase de validación en órbita, que es el periodo de tiempo tras el lanzamiento y previo a la explotación en el que se procede a probar, calibrar y validar los distintos modos de funcionamiento del instrumento, así como los equipos y subsistemas del propios del satélite).

Resulta clave por tanto el papel que el Ministerio de Defensa tiene en el sector en nuestro país, ya que es el principal inversor. La utilización del Espacio en la Seguridad y la Defensa Nacional, se puede considerar un mercado en clara expansión, y en el cual, Defensa actúa como motor del tejido empresarial español del sector.

En este contexto, ha de señalarse también la actual tendencia en el ámbito de la Comisión Europea hacia una convergencia de las Áreas de Espacio-Defensa en una labor cada vez más consensuada entre la ESA (Agencia Europea del Espacio) y la EDA (Agencia Europea de Defensa) [5] [6].

En este escenario resulta de especial interés cualquier análisis que permita implementar mejoras en la actual gestión de las capacidades espaciales. Revisar la evolución del sector espacial en España y analizar la situación actual y líneas futuras resulta de gran interés en los objetivos del presente TFM.

Como muestra de la importancia del sector espacial en la economía nacional se pueden citar las cifras y resultados que en 2018 fueron presentadas por TEDAE (Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Aeronáutica y Espacio) [7].

TEDAE hizo balance de los resultados correspondientes a la industria espacial al cierre del año anterior. Así, en el año 2017 se situó su crecimiento en el 2%. Es destacable el potencial crecimiento del sector espacial español que se sitúa en el 5º puesto del ranking a escala europea [8].

Incluso en los años de difícil coyuntura económica, los datos económicos y financieros de las diversas estadísticas, mostraban que, en líneas generales, se mantenía la facturación, toda vez que se conseguía también consolidar el empleo de la industria del sector. Se puede afirmar también que el sector espacial es referencia para el desarrollo tecnológico de las principales economías [7].

Haciendo un repaso de los orígenes de la actividad espacial española, se observa que España ha participado desde su inicio en la carrera espacial europea, aun contando con pocos recursos, tanto económicos como técnicos.

El inicio de la participación española en programas espaciales fue una de las vías para que España entrara a formar parte de organizaciones europeas, en este caso, del sector espacial. De igual manera comenzó la colaboración con el gobierno estadounidense a través de NASA (National Aeronautics and Space Administration).

El desarrollo de la actividad espacial en España estuvo marcado desde los primeros años de manera sustancial por los organismos, principalmente por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), secciones de la industria e instituciones que decidieron participar e invertir en el sector. Sin embargo, el desarrollo potencial del sector en España ha sido relativamente reciente, a partir del año 1988. Desde entonces, se ha mantenido un nivel de desarrollo sin precedentes en España para actividades de I+D, en gran parte esto ha sido debido a la entrada en la Agencia Espacial Europea.

Esta situación ha dado lugar a excelentes resultados, como el aprendizaje industrial de miles de profesionales en las más avanzadas técnicas; una mejora de forma paralela en los recursos tecnológicos disponibles para la industria y las capacidades experimentales de las instituciones, así como la integración en Europa de una importante parte de la administración española, industria y universidades.

En el campo científico, muchos grupos ya están familiarizados con temas que hace unos pocos años no estaban a su alcance y liderando incluso actualmente un buen número de experimentos europeos. Además, como

consecuencia de esta actividad, España se ha integrado como miembro de organizaciones internacionales relacionadas con la actividad espacial, sobre todo en el contexto europeo.

España ya dispone desde hace algunos años de una masa crítica en la industria espacial nacional, asegurando buenas perspectivas futuras.

Sin embargo, y a pesar de lo expuesto, la actividad espacial se caracteriza por tener que abordar de forma permanente nuevas tecnologías más complejas y tener que enriquecer los conocimientos científicos. Los proyectos que se plantean son difíciles de resolver y exigen procesos muy complicados, apoyados en programas de ensayos que requieren medios e instalaciones muy sofisticados. Además, el mantenimiento de un nivel tecnológico competitivo, requiere de un permanente esfuerzo en desarrollo e innovación. En todo ello resulta clave contar con una visión estratégica de la actividad espacial.

En el apartado de costes, los proyectos espaciales suponen una gran inversión. A la fabricación del propio satélite y la implantación de su correspondiente segmento terreno, se une el elevado coste que supone su lanzamiento, así como su mantenimiento en condición operativa, además de los costes de mantenimiento evolutivo aplicables a la componente terrena de este tipo de sistemas.

Algunos proyectos se llevan a cabo con financiación privada, otros proyectos se llevan a cabo mediante financiación pública, generalmente a través de créditos del Ministerio de Industria.

La construcción de un satélite incluye distintas fases, comenzando por su concepción y diseño sobre plano, la construcción del satélite como tal y un período de pruebas antes de ser lanzado al espacio. Este tiempo de construcción ha conseguido reducirse de manera sustancial en los últimos años, gracias a los avances tecnológicos con los que la industria aeroespacial cuenta actualmente. El INTA ha diseñado y desarrollado íntegramente satélites de reducido tamaño (MINISAT, NANOSAT Y OPTOS).

Para construir un satélite se contrata una empresa principal y esta subcontrata a otras para el abastecimiento de las distintas partes del satélite, circuitería, aislamientos y otros elementos específicos.

Como reparto de costes de referencia se podría poner el ejemplo la puesta en órbita de un satélite de comunicaciones. Un 40% del presupuesto total correspondería al coste de construcción del satélite. La mitad de eso, un 20%, es lo que costaría lanzar el satélite al espacio. Además, la contratación de una póliza de seguros en el caso de que el satélite se pierda en el espacio o falle el lanzamiento y acabe en autodestrucción supone un coste de aproximadamente el 15% del presupuesto final. El 25% final se destinaría a las inversiones en el segmento terreno y la puesta en producción del satélite.

Muy pocas naciones disponen aisladamente de los recursos materiales, técnicos y económicos necesarios para proyectar y llevar cabo una política espacial completa de Seguridad y Defensa en lo que respecta a sistemas espaciales de comunicaciones, observación de la tierra, navegación y vigilancia y seguimiento espacial. Además, las capacidades proporcionadas por estos medios espaciales sobrepasan las necesidades nacionales de la mayoría de los países europeos.

En este escenario, con frecuencia distintos países han unido sus fuerzas para desarrollar determinados proyectos espaciales cuyos medios estarían fuera del alcance de un sólo país, tanto a nivel económico como tecnológico.

La participación española en programas de cooperación se inició en el campo de observación de la Tierra con el satélite Helios I, esta primera colaboración ha abierto posteriormente la vía para otros proyectos de similares características entre dos o más países.

Tras unos comienzos en el sector espacial basados exclusivamente en la participación española en programas internacionales, se ha pasado a una situación en la cual el nivel de los conocimientos técnicos adquiridos y la capacidad industrial desarrollada por nuestra industria, permiten acometer programas espaciales a nivel nacional.

2.4.- ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD ESPACIAL EN EL MINISTERIO DE DEFENSA

Como se ha dicho en el apartado dedicado al sector espacial, el Ministerio de Defensa tiene un papel relevante en las actividades que viene desarrollando, contando además con organismos como el INTA pioneros en el desarrollo de la actividad espacial nacional y habiéndose alcanzado importantes hitos tecnológicos en esta materia. La Dirección General de Armamento y Material ha desarrollado actividades de gestión que han permitido la obtención de las actuales capacidades. Por su parte, el Estado Mayor de la Defensa (EMAD) constituye la vertiente operativa.

Se puede afirmar que el vínculo Espacio-Defensa es cada vez más importante y no sólo a nivel nacional sino en el entorno internacional y desde los diferentes puntos de vista, tanto operativos como tecnológicos. Las capacidades que ofrecen a las Fuerzas Armadas los sistemas espaciales son esenciales para el desarrollo de las operaciones militares puesto que permiten obtener libertad de acción y autonomía estratégica [4].

En el Ministerio de Defensa, la organización para las actividades espaciales se basa en tres pilares:

- Operativo

Representado por el Estado Mayor de la Defensa (EMAD): realiza y canaliza los requisitos operativos sobre los sistemas espaciales y gestiona operativamente estos sistemas, coordinando las peticiones que realizan sus entidades, los usuarios de los ejércitos. La Jefatura de Sistemas de Información y Telecomunicaciones de las FAS (JCISFAS) es la responsable de estos aspectos en lo relativo a los sistemas espaciales de comunicaciones (SATCOM), y el Centro de Inteligencia de la FAS (CIFAS) en lo relativo al área de sistemas espaciales de observación de la Tierra (SEOT).

- Obtención de capacidades

Representado por la Dirección General de Armamento y Material (DGAM): encargada del proceso de obtención de recursos y de la gestión de programas, proyectos e iniciativas, ya sea mediante contratación en el sector industrial o participación en acuerdos de cooperación con otros países.

La Subdirección General de Gestión de Programa (SDG GESPRO) tiene como funciones gestionar, en colaboración con las Fuerzas Armadas, los programas de obtención, de modernización y de sostenimiento común de los sistemas de armas y equipos de interés para la defensa nacional, así como armonizar y racionalizar su sostenimiento. En materia de espacio, estas responsabilidades se asignan a la Jefatura de Sistemas C4ISR y espaciales, y en concreto a su Unidad de Espacio en la que se ubican las correspondientes Oficinas de Programa.

En lo relativo a cooperación internacional, se cuenta también con el apoyo de la Subdirección General de Relaciones Internacionales (SDG REINT) de la DGAM.

Análogamente, en materia I+D es responsable la Subdirección General de Planificación Tecnología e Innovación (SDG PLATIN), al igual que de la planificación en la obtención de recursos.

Asimismo, por parte de la Subdirección General de Inspección, Regulación y Estrategia Industrial de Defensa (SDG INREID) se llevan a cabo actividades de Aseguramiento Oficial de la Calidad y otros servicios técnicos (homologación, catalogación y normalización) en contratos asignados a la industria del sector, así como aspectos relacionados con la gestión industrial, siendo responsable de ejercer las competencias que se le atribuyan para gestionar la participación industrial, controlar las transferencias de tecnología nacional a terceros países, así como la obtenida de programas, acuerdos o convenios internacionales.

Por último, en lo relativo a la DGAM, la Subdirección General de Adquisiciones de Armamento y Material (SDG ADQUI) es el órgano de responsable de la gestión económica y contractual.

Desde la consolidación del cambio orgánico por el que se modifica el modelo de "dirección centralizada y ejecución descentralizada" pasando a un modelo de "dirección y gestión centralizada" [9], queda patente la separación entre el dominio de la necesidad (los ejércitos como usuarios de los recursos) y el dominio de la solución (los órganos con responsabilidad para proporcionarlos). Dejando clara la responsabilidad de los Estados Mayores en la definición de las especificaciones militares de los sistemas y centralizándose en la DGAM la gestión de los programas de obtención, modernización, sostenimiento común y venta en apoyo a la internalización de la industria.

- Técnico.

Representado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA): el cual lleva a cabo proyectos espaciales, sobre todo con carga útil científica, ya sean propios o en colaboración con otros organismos como es el caso de las universidades.



Figura 1 - Organigrama Subdirecciones INTA. [10]

La responsabilidad dentro del INTA, en materia de actividades espaciales recae en la Subdirección General de Sistemas Espaciales (figura 1). Cabe reseñar su importante aportación en los sistemas espaciales actualmente en uso por las FAS en lo relativo a Segmento Terreno y herramientas de explotación.

Además de estos tres pilares, se debe también mencionar al Grupo Espacio Defensa, liderado por la Dirección General de Política de Defensa (DIGINPOL). Asisten a este grupo de trabajo entre otros, representantes de los organismos responsables de los tres pilares anteriormente expuestos.

Por su parte el Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC) tiene también asignados cometidos relacionados con los sistemas espaciales. Le corresponde dirigir y gestionar los sistemas de información y telecomunicaciones en el ámbito común al Departamento y las infraestructuras en que se sustentan, en coordinación con el Estado Mayor de la Defensa, y a través del Centro de Gestión de Satélite (CGS), siendo el encargado de gestionar la capacidad y planificar los enlaces de comunicaciones teniendo en cuenta los recursos y las prestaciones de capacidad espacial SATCOM, las estaciones de anclaje, los centros de vigilancia y gestión y las características de los terminales.

2.5.- CAPACIDADES ESPACIALES DEL MINISTERIO DE DEFENSA

En lo relativo a Programas Espaciales, la SDG GESPRO de la DGAM centra su actividad en cuatro áreas específicas:

- Comunicaciones por satélite (SATCOM)
- Observación de la Tierra por satélite (SEOT)
- Navegación y posicionamiento (NAVSAT)
- Vigilancia y Seguimiento Espacial (SST)

Además, se puede añadir la participación en numerosas actividades en materia de Espacio que han servido de impulso a iniciativas para potenciar la actividad de la industria espacial nacional.

En el apartado de cooperación internacional, cabe destacar también el establecimiento de "Memorándums de Entendimiento (MoUs)" con otros países para cooperar en tecnologías espaciales. Es el caso de los MoUs establecidos con Noruega y Portugal.

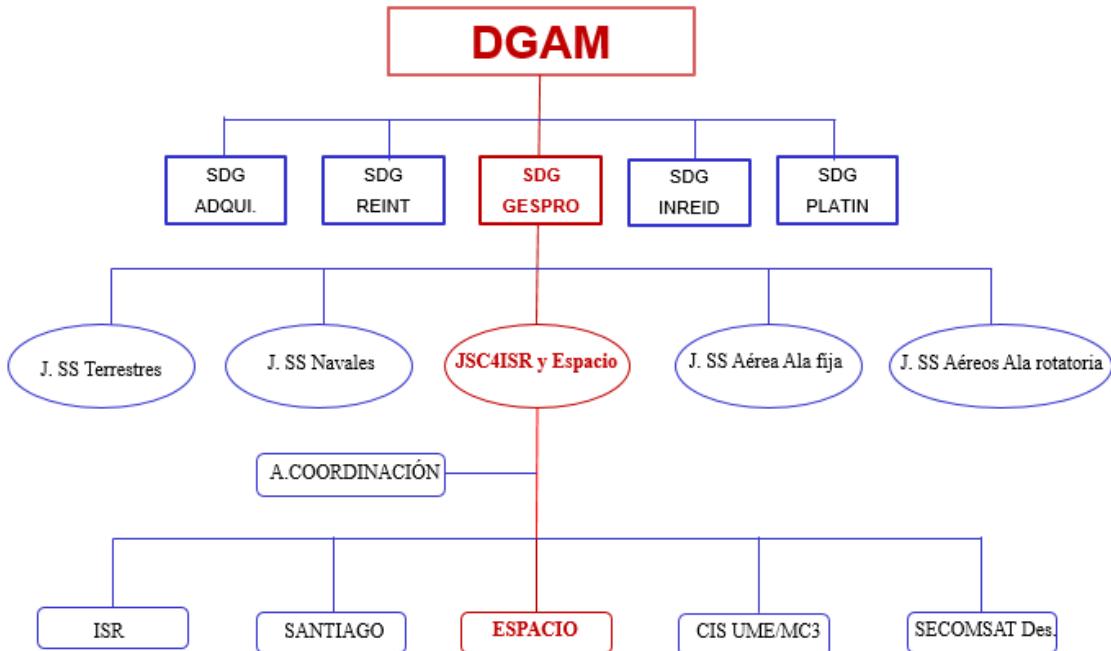


Figura 2 - Organigrama DGAM. Elaboración Propia

En el Anexo 2 se ofrece un resumen de los programas y proyectos gestionados por la SDG GESPRO de la DGAM que posibilitan la obtención de las actuales capacidades espaciales de que disponen nuestras FAS.

2.6.- FUTURAS CAPACIDADES

Es de destacar la intensa actividad que actualmente desencadenan los procesos de reposición tanto de las actuales capacidades SATCOM como SEOT de nuestras FAS. Estas actividades traerán aparejadas nuevas generaciones de satélites que permitirán cumplimentar los requisitos operativos expuestos en los correspondientes documentos ligados al proceso de obtención de capacidades. En el caso de SATCOM este proceso está más avanzado, habiéndose optado por un modelo de cooperación público-privado (CPP) a través del operador gubernamental HISDESAT, por medio de un Contrato Administrativo Especial. Este modelo ya se había utilizado en la anterior generación SATCOM actualmente operativa, pero con un negocio jurídico distinto, por medio de un Convenio de Colaboración MINISDEF-HISDESAT.

Por otra parte, cabe destacar la cooperación tanto bilateral (MOUs ya establecidos con Noruega y Portugal), como en los ámbitos EDA, UE y OTAN, que se prevé sigan avanzando en los años venideros. Destacando por ejemplo el relevante papel del Ministerio de Defensa español en el liderazgo de la iniciativa GOVSATCOM de la EDA (la iniciativa GOVSATCOM es una propuesta multi-nacional, para proporcionar capacidades SATCOM en el ámbito gubernamental europeo, fue aprobada por el Consejo Europeo, y su desarrollo se ha asignado a la EDA, para la parte relacionada con la Defensa, y a la Comisión Europea en lo relativo a la parte civil).

En las futuras líneas de actividad hay que tener presente:

- Las capacidades espaciales son necesarias para la operatividad de las capacidades de las FAS.
- La dependencia del Espacio para la defensa y la disuasión.
- La necesidad de coordinar en el ámbito nacional los actores involucrados en el Espacio.

- La cooperación, sobre todo en el ámbito europeo, en el avance de la obtención de capacidades.
- La tendencia hacia los sistemas de uso dual (uso civil y militar).
- La continuidad en el papel tractor de la actividad de la industria nacional del sector.
- Las posibilidades futuras de operación dual en el marco de un Programa Nacional en el que cooperen los tres Departamentos involucrados en las actividades SSA/SST nacionales (MINISDEF, MINCOTUR y MINCIU) y en el que encontrar el pilar de la capacidad de vigilancia espacial de la Defensa con operación propia.
- Las fuertes inversiones del sector privado en Espacio son actualmente una evidencia al sobrepasar en cifras al sector público, no obstante, los grandes programas estratégicos son iniciativa del sector público y suponen una parte importante de las inversiones en el sector.
- En general en el ámbito europeo, se tiende a proyectos dotados de flexibilidad, modularidad, rentabilidad (explotación público-privada) y con apoyo institucional, ya que a diferencia de EEUU donde la iniciativa privada permite financiar tales proyectos, Europa requiere financiación pública para asegurar la viabilidad.
- En el apartado de Cooperación Internacional se tratará el actual marco europeo y las iniciativas en materia de Defensa, así como su aplicación a Espacio. En la denominada Europa de la Defensa hay también un lugar relevante para la Europa Espacial. A nivel europeo se potencia la independencia en materia de Espacio, se destaca la importancia de la protección de satélites e infraestructuras críticas y la potenciación de la base tecnológica e industrial europea del sector espacial.

2.7.- COOPERACIÓN INTERNACIONAL

En el apartado de cooperación internacional en el ámbito de Defensa, se resumen algunos de los datos ya recogidos en el desarrollo de las capacidades:

- Participación en la iniciativa GOVSATCOM de la EDA, con un importante papel de liderazgo.
- El apoyo de Defensa para la integración española en el Consorcio SST de la UE y prestación de servicios.
- Participación española en el ámbito de Galileo.
- MoUs en materia de espacio con Noruega y Portugal.
- Participación en los estudios para la definición de arquitectura global y segmento terreno federado de la iniciativa MUSIS (Multinational Space-based Imaging System).
- Participación española en los programas SEOT franceses Helios y Pleiades.
- MoU con EEUU para el intercambio de datos SSA.
- Participación en los PT (Project Team) de la EDA.

En el plano internacional ha de destacarse de manera especial el impulso recibido recientemente desde la Unión Europea. En el contexto de la denominada Europa de la Defensa también hay un lugar preeminente para la Europa Espacial. En el caso de Espacio, los fondos asignados por la UE van dirigidos principalmente para los sistemas de navegación por satélite Galileo y EGNOS, así como para el programa Copérnico de observación de la Tierra [5].

La iniciativa de Fondo Europeo de Defensa (FED) persigue fomentar una base industrial innovadora y competitiva en el sector de la defensa y contribuir a la autonomía estratégica de la UE, dotando de una importante cifra con cargo a presupuestos UE para el periodo 2021-2027. Los proyectos podrán optar a financiaciones del 100% en la fase de I+D y el fondo dispondrá del presupuesto UE para complementar la inversión de los Estados miembros cofinanciando los costes de desarrollo de prototipos (hasta un 20%) y las operaciones de ensayo, calificación y certificación (hasta en un 80%).

Juncker como presidente de la Comisión Europea afirmó: "Bruselas no puede reemplazar a los Estados miembros en materia de Defensa, pero si alentar la colaboración para desarrollar las tecnologías y equipamientos necesarios para hacer frente a los desafíos planteados para su seguridad y protección" [11].

La Cooperación Estructurada Permanente en materia de Defensa (PESCO, en sus siglas en inglés) es una iniciativa, permitida por el Tratado de la UE, que faculta a un grupo de estados miembros a coordinar sus objetivos en el ámbito de la seguridad, las adquisiciones de material bélico y las futuras operaciones conjuntas de defensa y de paz.

Con la Cooperación Estructurada Permanente, liderada por Alemania, Francia, Italia y España, la UE busca prepararse mejor para las nuevas amenazas de seguridad, pero también avanzar hacia una mayor operatividad y convergencia de las industrias.

Entre las aspiraciones de PESCO se encuentran la armonización de capacidades, la puesta en común de activos, la cooperación en capacitación y logística, evaluaciones periódicas del gasto en defensa nacional, una Revisión Anual Coordinada de la Defensa (CARD) y el desarrollo de la flexibilidad, la interoperabilidad y la capacidad de despliegue entre las fuerzas.

Los proyectos han de alinearse con las prioridades acordadas en materia de Defensa por los Estados miembros en el contexto del Plan de Desarrollo de Capacidades (PDC), si bien podrán atenderse prioridades regionales e internacionales como las relacionadas con la OTAN. Se destinará una parte del presupuesto a la financiación de innovaciones disruptivas y de alto riesgo que potencien la autonomía de Europa en el ámbito de defensa y su liderazgo tecnológico.

Como resultado de la colaboración entre la Comisión Europea y los estados miembros se ha trabajado recientemente en la definición de un programa de trabajo en el marco del Programa Europeo de Desarrollo Industrial en materia de Defensa (EDIDP), con el objetivo de cofinanciar proyectos industriales conjuntos en el ámbito de la defensa con cargo al presupuesto UE para el periodo 2019-2020. La denominada Acción Preparatoria de Defensa (PADR), es junto a la EDIDP la otra iniciativa previa al FED.

En materia de Espacio, respecto del enfoque actual de EDIDP, se puede mencionar que incluye como una de sus áreas de enfoque las comunicaciones por satélite. Además, el proyecto NEMOS, es una propuesta presentada al EDIDP por un consorcio internacional en el que participa una nueva compañía española del "New Space" que proporciona tecnologías de carga útil de alto rendimiento para permitir el desarrollo de servicios de alta resolución espacial y temporal para la observación de la Tierra y teledetección.

2.8.- PLAN DIRECTOR DE SISTEMAS ESPACIALES

La edición del Plan Director de Sistemas Espaciales de 2015 que actualmente está en proceso de revisión, supone una referencia para las obtenciones del Ministerio de Defensa en materia de Espacio en el medio y largo plazo [1].

El PD (Plan Director) propone un conjunto de acciones para garantizar el mantenimiento de las capacidades espaciales existentes, así como la consecución de aquellas que serán necesarias en el futuro.

Se señala en el PD que desde la DGAM se apuesta por mantener el modelo de cooperación en el sector con actuaciones en torno a tres ejes:

- Capacidad operativa
- Tecnología e industria
- Cooperación internacional

De acuerdo con la información presentada en el PD, las necesidades de financiación del MINISDEF para mantener las capacidades operativas en el sector espacial en el horizonte del planeamiento estudiado (2016-2030) se cifraban en 1.740 M€ y se realizaba la siguiente estimación por áreas de actividad: 46% SATCOM, 32% SEOT y 22% NAVSAT (figura 3).

De toda esta inversión prevista se calculaba que el 27% de la inversión correspondería a programas de cooperación internacional.

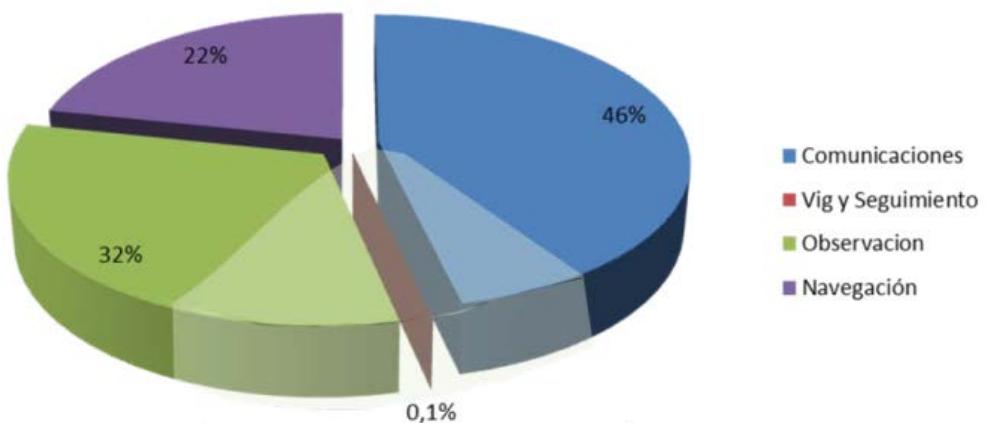


Figura 3 - Previsión de reparto de inversiones en Espacio MINISDEF. [1]

El modelo de obtención de las capacidades utilizado hasta ese momento por el MINISDEF se basaba en la obtención a través de una operadora nacional de servicios gubernamentales o a través de acuerdos de colaboración en programas internacionales.

Se preveían también las principales actuaciones futuras en las diferentes áreas de actividad que permitieran mantener la capacidad operativa existente y obtener las nuevas capacidades. Algunas de ellas son las siguientes:

- Importancia de la reposición de la capacidad SATCOM y de la implicación nacional en la iniciativa GOVSATCOM de la EDA.
- Cubrir la capacidad de observación óptica de alta resolución, deseablemente con la puesta en marcha de una solución autónoma nacional para disponer de una capacidad estratégica nacional y alternativamente complementarla con la participación en CSO (Componente Espacial Óptica francesa).
- Incluir en el planeamiento de Defensa las necesidades de los Sistemas de navegación y posicionamiento por satélite, promoviendo también una política industrial que favorezca la participación de la industria nacional en la explotación de la señal Galileo PRS.
- Continuar el apoyo del MINISDEF en las actividades SST.
- Importancia de mantener el adecuado nivel de implicación en las actividades de cooperación internacional, resultando fundamental conseguir una adecuada capacidad de influencia y de decisión en las organizaciones internacionales de las que España forma parte. Esta vertiente supone además una fuente de oportunidades hacia la industria nacional del sector para su posicionamiento en el mercado internacional.
- Participar en el impulso de la coordinación entre instituciones nacionales para favorecer, entre otros aspectos, afrontar con garantías y eficacia el relevo generacional en materia de capacidades espaciales de la Defensa.
- Identificar y potenciar las capacidades industriales y estratégicas para el sector, así como su alineamiento con la ETID (Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa).

En 2019 se ha iniciado la revisión del Plan Director de Sistemas Espaciales y se espera disponer de una versión actualizada en 2020.

En este repaso, no hay que olvidar que el sector espacial se caracteriza por la faceta dual (uso civil y militar) de las tecnologías que emplea, lo cual ha producido un aprovechamiento de los logros tecnológicos de diferentes departamentos, organismos e instituciones, dando un resultado muy positivo.

2.9.- FASES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE RECURSOS EN LAS FAS

La política de Armamento y Material tiene varios objetivos básicos siendo el principal el de dar respuesta a las necesidades de las FAS. Otros objetivos modularán la forma de conseguir este objetivo principal. Por su parte, la determinación de las necesidades de las FAS, comienza como se contempla en el ciclo de planeamiento de la Defensa, con la consecución de las capacidades necesarias para alcanzar los objetivos establecidos en la política de Defensa, obteniendo los denominados Objetivos de Capacidad Militar (OCM) y su desglose en las necesidades que se han de alcanzar para la obtención de las capacidades previstas. En este punto da comienzo el proceso de obtención. El proceso está regulado en la Instrucción 67/2011 de 15 de septiembre del Secretario de Estado de Defensa (SEDEF). La Instrucción [12] sigue el esquema de la publicación aliada AAP-20, "Phased Armaments Programming System" (PAPS), cubriendo todo el ciclo de vida de los sistemas. Se definen las actuaciones y puntos de decisión de cada fase. Los resultados de cada fase se consolidan en un hito documental que cierra cada etapa y que constituye un punto de control para el análisis de los resultados de la actividad desarrollada en esa etapa y que contiene las directrices para continuar el proceso. Además, se garantiza la concurrencia a lo largo del proceso adoptándose mecanismos de coordinación entre la Autoridad que define la necesidad y la Autoridad responsable de su obtención [13].

El proceso de obtención consta de cuatro fases (conceptual, definición y decisión, ejecución y servicio):

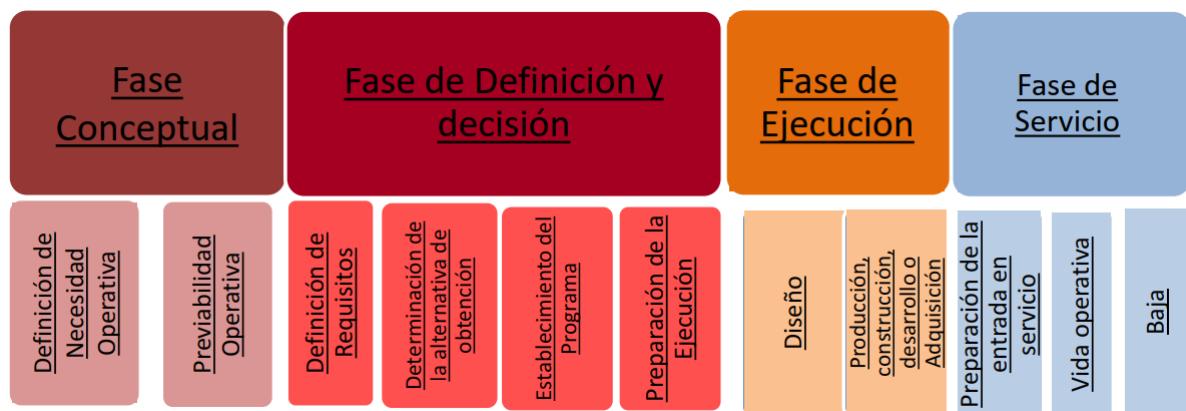


Figura 4 - Fases y Etapas Proceso Obtención. [13]

El análisis de alternativas que se plantea en el presente TFM, se situaría en la segunda etapa de la segunda fase, es decir en la etapa de determinación de la alternativa de obtención dentro de la fase de definición y decisión. Esta etapa concluye con el hito documental denominado Documento de Viabilidad (DDV). El DDV incluirá como propuesta la alternativa de obtención que cumpliendo los requisitos mejor se ajuste a las directrices de la política de armamento y material. El DDV indicará también si se abre un nuevo programa de armamento y material.

2.10.- ACTIVIDADES ASOCIADAS A UN PROYECTO ESPACIAL

Este aspecto ha sido desarrollado por diversos autores y puede esquematizarse en la división de actividades que se presenta seguidamente:

- Ingeniería de sistemas: diseño, administración e implementación del sistema.
- Administración de la misión: control del proyecto y administración del equipo.
- Operaciones espaciales: operaciones de la misión, control de vuelo y procesamiento/envío de datos.

Este desglose da idea de la complejidad que supone resolver el total de estas operaciones y por este motivo se recurren con frecuencia a soluciones de externalización en mayor o menor grado.

CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE

Respecto de la obtención de capacidades espaciales para la Defensa en otros países de nuestro entorno, se han recabado datos relativos a estos procesos de obtención tanto en Sistemas Espaciales de Observación de la Tierra como de Comunicaciones.

Así, como ejemplo relevante en el ámbito de Observación, cabe destacar el caso francés. Francia lidera a nivel europeo las obtenciones mediante satélites militares de observación dotados de sensores ópticos. El sistema Helios es propiedad de la Dirección General del Armamento francés (DGA), al igual que el sistema CSO. En este caso la agencia espacial francesa (CNES) ha actuado como órgano de contratación delegado por la DGA. También el CNES [14] es propietario del sistema Pleiades, también SEOT óptico, pero en este caso de carácter dual.

Por su parte, en el caso de SEOT SAR, el Ministerio de Defensa alemán es propietario del sistema militar SAR-Lupe, mientras que Italia cuenta con el Cosmo-Skymed propiedad del Ministerio de Defensa italiano en un 30% y de la Agencia Espacial Italiana (AEI) en un 70%.

Otro ejemplo de SEOT de propiedad gubernamental sería el NAOS de Luxemburgo.

Por su parte en el caso de SATCOM, Luxemburgo ha creado una "Joint Venture" público privada, entre el gobierno de Luxemburgo y la operadora SES, para proporcionar comunicaciones por satélite gubernamentales orientadas a cubrir la demanda de aplicaciones de seguridad civiles y de Defensa.

Alemania tiene un sistema parecido al español en SATCOM, es decir, a través de una operadora gubernamental.

Grecia tiene una carga alojada en un satélite comercial. La compañía privada HELLASAT es propietaria de un satélite con capacidad comercial y en ese satélite el gobierno de Grecia aloja una carga de pago que le proporciona capacidad. El control y operación del satélite recae sobre la compañía privada, aunque el gobierno de Atenas le requiere que los centros de control tengan requisitos específicos de seguridad para cumplir con las necesidades del Ministerio de Defensa.

Como queda patente, en algunos casos las obtenciones propias por parte de los Ministerios de Defensa se apoyan en las respectivas agencias espaciales nacionales que en ocasiones son también copropietarias del sistema. Por ello, en este punto se abre una reflexión sobre la existencia y posible conveniencia para las actividades de espacio nacionales de una agencia espacial que en el caso español no ha sido constituida, asimismo sobre la existencia de una política espacial definida.

Seguidamente se presentan datos a nivel internacional, de aquellos países que tienen definida una política espacial o poseen agencias espaciales nacionales [15]:

-Francia: Tiene una estrategia nacional de espacio, que incluye una colaboración estrecha entre la agencia espacial francesa (CNES) y la Dirección General de Armamento (DGA). Desarrolla sistemas tanto de comunicaciones (ATHENA-FIDUS, Siracuse) como de observación de la tierra (Helios, Pleiades, CSO), algunas de ellas en colaboración con otros países.

-Alemania: Tiene definida una estrategia de política espacial, en la que se incluyen los intereses de defensa. Tiene una agencia espacial denominada DLR. Dispone de capacidades de comunicaciones (Comsat-BW), observación de la tierra (Terrasar X), y tiene ubicado un Centro de Control del sistema Galileo.

-Italia: Tiene definida política espacial civil nacional, así como una visión estratégica 2010-2020 realizada por la agencia espacial italiana, en la que se incluye la política espacial de defensa. Tiene capacidad de comunicaciones (SICRAL, ATHENA-FIDUS).

-Estados Unidos: Tiene definida una política espacial nacional (2010) que incluye directrices para los sectores comercial, civil y seguridad nacional. La parte civil (científica, observación de la tierra) la lleva a cabo la NASA.

-Reino Unido: creó una Agencia Espacial en 2011, y en 2014 publicó su política nacional de seguridad y espacio, en la que se incluye lo relacionado con Defensa. Posee capacidad de comunicaciones (Skynet) y observación de la Tierra.

-Rusia: Posee política espacial definida en la que está incluido el ámbito de defensa. También posee agencia espacial nacional (ROSCOSMOS).

-Japón: El plan espacial básico de Japón describe las directrices básicas de los programas espaciales hasta el año 2024. Posee una agencia espacial nacional civil (JAXA) así como una agencia de defensa (JDA). Posee capacidades científicas de observación de la Tierra, de comunicaciones y de aumentación de navegación (MSAS) y está planificando un sistema de navegación propio (satélites QZSS).

-China: Tiene publicados documentos blancos de política espacial, y posee una agencia espacial nacional (CNSA). Tiene capacidades de comunicaciones (Chinasat), observación de la tierra (TIANZU) y de navegación (BEIDU).

-India: Tiene política de comunicaciones por satélite y de observación de la tierra, además tiene una agencia de investigación espacial nacional (ISRO). Posee capacidades de comunicaciones (INSAT), de observación de la tierra, y de aumentación GPS (INRSS).

-Canadá: Posee Agencia Espacial nacional (CSA). Posee capacidades de comunicaciones (SAPHIRE), observación de la tierra (Radarsat), de identificación automática por satélite (AIS).

-Polonia: Tiene una agencia espacial Nacional (POLSA).

-Portugal: ha creado recientemente (2019) su agencia espacial, Portugal Space, con sede en las Azores, donde se construirá también una plataforma de lanzamiento de microsatélites. La creación de la agencia es uno de los pilares de la estrategia nacional para el sector espacial "Portugal Space 2030".

España no cuenta con una agencia espacial nacional. Las responsabilidades en temas espaciales están repartidas entre varios Ministerios: MINISDEF, MINCOTUR, MINCIU, MFOM, lo que provoca no tener un criterio nacional superior en el que poder enmarcar las bases de una política concreta del MINISDEF en materia de Espacio. La coordinación se realiza a través de Comisiones Interministeriales.

Recogidas diversas opiniones en el ámbito institucional, tecnológico e industrial sobre la conveniencia de crear una agencia espacial en España, la tendencia es defender su necesidad por los beneficios que puede aportar. Algunos expertos apuntan la necesidad de su creación sin que ello suponga el establecimiento de una estructura de gran complejidad. Facilitaría la coordinación entre Ministerios a través de un núcleo pensante único con capacidad de planificación a medio y largo plazo. Su creación ofrecería una referencia única hacia la industria del sector, proporcionando coordinación, liderazgo, estabilidad y un plan a largo plazo.

Desde el punto de vista del presente estudio, una agencia espacial podría proporcionar apoyo en los procesos de obtención de capacidades analizados, mejorando en gran medida los riesgos asociados a cada una de las alternativas contempladas.

Otro aspecto a contemplar respecto del estado del arte es la tendencia "New Space" [16]. La reducción de costes en el sector aeroespacial, que comenzó hace unos años, supuso una verdadera revolución dando acceso a nuevas compañías y organizaciones frente al monopolio de las grandes agencias y corporaciones que operaban en el sector hasta el momento. La pieza central en este proceso de democratización del espacio, conocido como el "New Space", es el nano-satélite (1-10 kg).

En el caso español ya han surgido estas nuevas compañías dentro del sector espacial.

Estos satélites pequeños no constituyen en sí la solución, pero hay una clara tendencia en el panorama internacional a complementar los satélites tradicionales con estos nuevos desarrollos. Por ejemplo, en el caso de Observación, el uso de constelaciones de estos satélites pequeños con diferentes modos de resolución, según la misión que se equipe a bordo, para mejorar el tiempo de revisita.

CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN DE CAPACIDADES ESPACIALES EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

Seguidamente se abordará la identificación de las alternativas de obtención que una vez caracterizadas serán objeto de análisis.

Se han identificado tres modelos básicos. En extremos opuestos se situarían dos modelos, uno caracterizado por ser plenamente gubernamental, asumiendo todo el proceso que caracteriza a la obtención de la capacidad. En el extremo opuesto, se situaría un modelo puramente privado o totalmente externalizado. En un caso intermedio entre los dos extremos, se situaría un modelo de adquisición público-privado que podría estructurarse bajo distintos sub-modelos, pero teniendo siempre en común la composición de funciones repartidas entre la parte privada y el organismo público responsable, en este caso el Ministerio de Defensa.

De esta forma, las posibles alternativas identificadas son las siguientes:

4.1.- ALTERNATIVA 1: OBTENCIÓN MEDIANTE ADQUISICIÓN PROPIA (AP)

En este modelo, el Ministerio de Defensa debería proceder a la definición de la necesidad, diseño, desarrollo, gestión de la producción, lanzamiento, operación, mantenimiento y explotación de la misión espacial. Se trata de un escenario altamente exigente desde el punto de vista orgánico y que requiere contar con capacidades para ejecutar todas las funciones descritas. En el momento de definición de la necesidad se ha de evaluar la capacidad para adquirir como medio propio la capacidad espacial en cuestión.

En este tipo de modelos, en el caso que nos ocupa de obtención de capacidades espaciales y en las FAS españolas, existen importantes limitaciones que afectan por ejemplo a la capacidad para operar los centros de programación, control y seguimiento de los satélites, tanto en infraestructura como en lo relativo a personal orgánico con formación para estas operaciones. El asumir por parte de las FAS la capacidad de Mando y Control de los satélites, no se correspondería con el actual estado de adiestramiento y misiones de nuestras FAS, dándose en países cuyos activos espaciales pertenecen a las FAS.

En este punto se puede abrir una reflexión sobre las necesidades de formación de personal en las FAS con especialización en actividades de espacio. Actualmente existen importantes carencias y aunque se ha avanzado en paralelo a la operación de las capacidades obtenidas, se identifica la necesidad de contemplar esta especialización en los futuros planes formativos del Ministerio de Defensa. Se han asumido funciones por las plantillas de los Centros de Usuario, pero sigue siendo necesario un importante soporte industrial a la operación. Además, las nuevas capacidades en las que se prevé un avance en los años venideros, como es el caso del desarrollo de la Capacidad de Vigilancia Espacial en el Ejército del Aire, demandarán unas necesidades formativas específicas en estas materias.

Existen ejemplos muy representativos en el ámbito europeo de países que han utilizado este modelo. Se puede poner como ejemplo el caso francés y la obtención por parte de la DGA (Dirección General del Armamento francesa) del Ministerio de Defensa francés del Sistema Helios. Las relaciones contractuales en lo relativo a la adquisición, operación y mantenimiento del sistema espacial son responsabilidad de la DGA, como propietaria del sistema, contando con el apoyo del Centro Nacional de Estudios Espaciales francés [14]. En este caso junto a Francia existen otros países cuyos Ministerios de Defensa han participado en el programa y las decisiones son coordinadas por un Comité Director en el que dichas naciones participan, entre ellas España.

4.2.- ALTERNATIVA 2: OBTENCIÓN MEDIANTE UN MODELO DE ADQUISICIÓN PÚBLICO-PRIVADO (APP)

Un modelo más flexible que no requiere contar con capacidad gubernamental plena para el desarrollo, producción, lanzamiento y operación completos de un satélite, es el de distribuir responsabilidades o funciones entre la administración y un ente privado. Así, la obtención de capacidades supone un esfuerzo distribuido entre actores públicos y privados.

La propia administración tendrá capacidad para asumir ciertas responsabilidades mientras que la entidad privada deberá asumir funciones que queden fuera de la capacidad de la administración, otras funciones podrán ser asumidas por una u otra parte, este último aspecto deberá decidirse en la fase de determinación de la alternativa de obtención elegida y lleva aparejado el nivel de delegación sobre la parte privada.

Se trata pues de un modelo en el que se establecería una relación entre un principal y un agente. El principal necesita tener un sistema espacial para sus fines, no disponiendo de capacidad para realizar todas las operaciones técnicas, comerciales, científicas o de otra índole que demandan este tipo de sistemas. De esta forma, debe buscar una alianza con una entidad privada que actué como agente para la administración, en el caso que nos ocupa para el Ministerio de Defensa.

Las colaboraciones público-privadas (CPP), se sostienen en acuerdos entre el sector público y el privado en los que parte de los servicios o tareas que son responsabilidad del sector público son proporcionadas por el sector privado bajo acuerdo claro de objetivos compartidos y proporcionándose un servicio o infraestructura pública. Este tipo de cooperaciones tiene una serie de particularidades como es la duración normalmente larga de las mismas, la financiación del proyecto, donde es relevante el rol del sector privado, la participación de la parte privada en diferentes etapas del proyecto y la distribución de riesgos entre el sector público y los socios privados. Se deben considerar factores como la externalización de los riesgos, la mejora en los procesos de innovación y tecnología por parte del agente, la mejora en la eficiencia en la operación de los activos oficiales y la posibilidad de poder dedicar los recursos del gobierno para las cuestiones que les son más propias [17].

Por tanto, los términos de la colaboración público-privada se establecen en un contrato o acuerdo para delimitar las responsabilidades de cada parte y asignar claramente el riesgo.

La Comisión Europea clasifica los diferentes tipos de colaboración público-privada en función de donde se sitúen los riesgos del proyecto, contemplando cinco posibilidades [17]:

- Contratos de gestión y operación: orientado a contratos de mantenimiento diario contratados al sector privado, y que incluye tareas específicas.
- Arrendamientos: consisten en una empresa privada que alquila los activos de una empresa de servicios públicos, y los mantiene y los opera, a cambio del derecho a los ingresos.
- Concesiones: implican la construcción de un nuevo activo o bien para la modernización, actualización o expansión de una instalación existente.
- Empresas Conjuntas "Joint Ventures": las partes públicas y privadas comparten la propiedad de una compañía para operar juntas, generalmente con un sentido de continuidad o permanencia.

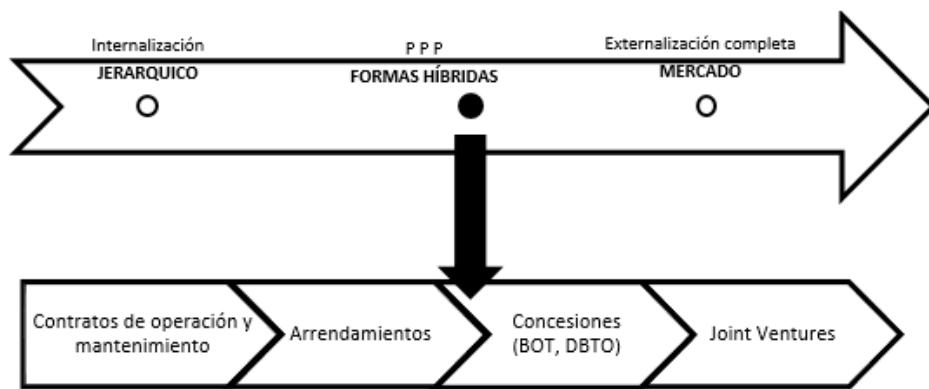


Figura 5 - Tipos CPP. [17]

Uno de los factores reconocidos en toda colaboración de este carácter es la transferencia de riesgos del entorno público al privado y que justifica el establecimiento de una alianza entre ambos. Parte de la incapacidad para desarrollar ciertas operaciones del proyecto por parte de la entidad pública que promociona este proyecto, y por ello debe transferir la operación a su socio privado, junto con los riesgos inherentes y asociados a la misma.

Es necesario buscar el equilibrio al que deben llegar los modelos de alianza entre lo público y lo privado. Internalizar el control en la organización para aumentar la seguridad, supone un coste operativo elevado. Por el contrario, externalizar este control, reduce los gastos internos de gestión al ser asumido por el agente, si bien aumenta la incertidumbre, y con ello el riesgo global del proyecto de colaboración público-privado:

Se consideran dos elementos clave en los modelos de colaboración público-privada los costes de transacción entre principal y agente y asimismo la distribución de riesgos.

En función de las partes del proyecto que queden externalizadas en el agente, se debe determinar, en el modelo de negocio que se plantee, cómo se van a gestionar los costes de transacción, y con ello poder determinar la proporción de control óptima que debe quedar en cada una de las partes.

Así, se deberán identificar los riesgos a asumir en la totalidad del proyecto, y dado que el principal no dispone de recursos para gestionarlos todos, se establecerá esta alianza que distribuya entre ambos los riesgos, en un reparto equilibrado en su totalidad.

Se clasifica también los tipos de CPP para las adquisiciones para la Defensa en tres sistemas distintos: alemán, español y anglosajón.

Esta clasificación determina, una distribución de riesgos del proyecto, al tener relación directa con el grado de externalización de las fases de mayor grado de ejecución, pudiendo simplificar estos modelos de la siguiente manera:

-Sistema alemán, o llave en mano: es el modelo tradicional, por el que se van satisfaciendo pagos en base a las certificaciones de ejecución del proyecto, siendo éste un ejemplo de difícil aplicación al proceso de obtención de una misión espacial.

-Sistema español: se crea una empresa instrumental que será la responsable de la construcción y explotación del activo. En el modelo de obtención de capacidades espaciales empleado en Defensa actualmente, la referida empresa, está capitalizada parcialmente por Defensa, además de por otros socios del sector.

No solo es un modelo que se ha seguido en España en cuestiones espaciales hasta la fecha, sino que cada vez dispone de más ejemplos en entidades y organizaciones espaciales Internacionales, tales como la ESA, NASA, el DoD (Departamento de Defensa) de los EEUU para sus misiones espaciales.

-Modelo sajón o peaje en la sombra: en este modelo, meramente concesionario, el gobierno da el mandato a la empresa, encargándose la construcción del activo, y será ésta la responsable de recuperar el capital invertido, durante la explotación del mismo.

En el caso español existe una operadora gubernamental para misiones de Defensa (HISDESAT), participada por el propio MINISDEF, que actualmente tiene establecidos modelos de CPP tanto para SATCOM como para PAZ.

HISDESAT es operador de servicios gubernamentales por satélite fundamentalmente en las áreas de defensa y seguridad. Esta operadora proporciona servicios a organismos gubernamentales nacionales e internacionales y desarrolla programas a través de CPP. Su accionariado [18] tiene participación del Sector Público (ISDEFE, sociedad pública del Ministerio de Defensa en un 30%), de HISPASAT (43%) y de las principales empresas españolas del sector espacial (15% de AIRBUS D&S, 7% de INDRA y 5% de SENER).

La existencia de una agencia espacial nacional con capacidad para operar misiones espaciales completas podría ser una opción viable a aplicar en la obtención de capacidades espaciales. En el caso del MINISDEF, se ha sustituido por la alianza entre la operadora espacial y el organismo gubernamental promotor, mediante el modelo de colaboración oportuno en cada caso. La agencia estatal espacial, dotada de las herramientas y capacidad gestora completas, podría suplir aquellas operaciones que se han encargado a la operadora.

En el modelo de CPP, deberá por tanto establecerse, un adecuado proceso de transacciones de operación del entorno público al privado, una adecuada distribución de los riesgos y costes inherentes al modelo, debiendo seleccionarse también el negocio jurídico que los expertos en contratación determinen. Los empleados hasta el momento en las CPP entre el MINISDEF e HISDESAT han sido Convenios de Colaboración y Contrato Administrativo Especial.

En este punto, se debe referir también la normativa aplicable a la contratación asociada a las CPP en España, ya que la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público deroga expresamente el contrato CPP [19]. Ante esta nueva regulación, la utilización de la técnica de CPP puede articularse a través de dos vías: el contrato administrativo especial y los contratos patrimoniales [17]. En el caso de la adquisición de capacidades espaciales en Defensa mediante CPP, la vía sería el mencionado Contrato Administrativo Especial.

En el caso español la programación habitual de las misiones se efectúa desde el Segmento Terreno de Usuario, y es finalmente validado por el Centro de Control de Misión del propietario del sistema. Se utiliza un Procedimiento de Control que permite a Defensa asegurarse de que el empleo que efectúe el propietario y operador del sistema, es el adecuado.

Esta alternativa APP resulta interesante en organizaciones sin capacidad para desarrollar de modo completo la obtención, lanzamiento y explotación a lo largo de todo el ciclo de vida, de una misión espacial, dónde la solución externalizada completa no sea posible por determinantes de independencia y autonomía operativa, ni se disponga de capacidad completa para obtener satélites propios bajo control operativo completo de la Administración, o los riesgos asociados a esa toma de control total en la adquisición propia fueran relevantes.

4.3.- ALTERNATIVA 3: OBTENCIÓN MEDIANTE ADQUISICIÓN EXTERNA (AE)

Se trataría de una adquisición externa de la capacidad, el modelo típico es recurrir al mercado con una adquisición comercial de la capacidad, es decir, la adquisición de servicios proporcionados por operadores de satélites comerciales. Se podría también identificar con este modelo, la proporción de capacidades a través de un país que comercializa sus excedentes y lo hace bajo similares premisas.

Esta alternativa queda fuera de un marco de obtención de capacidades estratégicas, estando en el marco de una prestación de servicios.

Es un modelo de externalización completa en el que todo el riesgo del proceso completo de obtención recae sobre la operadora, a la que el Ministerio de Defensa podría demandar los servicios espaciales que precisara (comunicaciones, observación de la Tierra, etc.). Es la parte privada la que ha de mitigar todos los riesgos y asumir los costes de diseño, desarrollo, lanzamiento, operación y mantenimiento del activo espacial. La parte pública, en este caso el Ministerio de Defensa, limitará su gestión de riesgos y costes a aquellos que se derivan de la disponibilidad de crédito o presupuesto para afrontar el modelo de pago por prestación de servicios que se acuerde con la operadora.

El modelo de gobernanza distingue entre las operaciones de cada parte y en el correspondiente contrato se establecerán las responsabilidades de las partes.

El efecto de los costes de transacción entre el principal y el agente es en este caso limitado.

En cuanto a este modelo de obtención, hay que señalar que es una opción con tendencia creciente a pesar de las limitaciones que conlleva su adopción en el marco de la Defensa. El motivo es que tanto a nivel militar como gubernamental existe una fuerte demanda de capacidades espaciales y los presupuestos cada vez más ajustados han determinado recurrir al sector privado para complementar la capacidad espacial de los satélites militares por medio del uso de satélites comerciales que pueden emplearse en ciertos escenarios no críticos, liberando a los satélites militares sólo para operaciones de vital importancia.

Como ejemplo, en 2010, se estimó que el Departamento de Defensa de EEUU (DoD) gastó 640 millones de dólares de un presupuesto de 1,6 mil millones para SATCOM en servicios de satélites comerciales, es decir, el 40% del presupuesto total. La previsión era además que esa cifra fuera en aumento [20].

Además, el sector de los satélites comerciales ha sufrido una rápida expansión en los últimos años. Las empresas comerciales pueden desarrollar, construir y lanzar un satélite en 3-4 años. Para los militares, este proceso puede oscilar entre alrededor de 5-10 años.

Sin embargo, en operaciones críticas existen ciertos condicionantes que pueden invalidar este modelo de obtención. Uno de los más evidentes es la necesidad de independencia y autonomía operativa en situaciones críticas. Además, deben destacarse los condicionantes de seguridad y confidencialidad que en este tipo de

sistemas se ha de demandar y que determinan requisitos exigentes y procesos de acreditación de seguridad complejos.

Respecto de la identificación de las tres alternativas de obtención anteriormente expuestas, se debe referir que existen modelos de obtención basados en cooperación internacional, en estos casos se llegan a acuerdos bilaterales o multilaterales que permiten la obtención de capacidades bajo diferentes premisas. En estos casos y según el acuerdo alcanzado, la obtención se podría asemejar a una propiedad del Ministerio de Defensa (alternativa 1) en un determinado porcentaje. Es el caso por ejemplo de la obtención de capacidades de observación de la Tierra a través de la participación en el programa Helios II en el que España participa con un 2,5%. En otros casos, el retorno en la obtención de capacidades se asemejará más a la alternativa 3, ya que el país propietario podría llegar a acuerdos con terceros funcionando como un operador comercial de capacidades espaciales, sin que el país receptor tenga ningún control sobre las decisiones del programa, limitándose a abonar un precio por un determinado modelo de prestación de servicios.

Por tanto, siempre se podrá aproximar cualquier modelo de obtención a uno de los tres identificados, encontrando además en el modelo APP un abanico de posibilidades según se acuerde el reparto de tareas entre la parte pública y la privada.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN

En este capítulo se procederá a realizar dos tipos de análisis de las tres alternativas de obtención previamente identificadas: análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) y análisis mediante técnicas multicriterio de ayuda a la decisión, usando en el mismo la metodología AHP (Analytical Hierarchy Process).

5.1.- ANÁLISIS DAFO DE LAS ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN IDENTIFICADAS

ALTERNATIVA 1: OBTENCIÓN MEDIANTE ADQUISICIÓN PROPIA	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> Los requisitos a trasladar al contratista se identifican con los demandados por las FAS, sin restricciones que respondan a otros intereses de carácter comercial. Independencia operativa. Relación directa del MINISDEF con el contratista. El MINISDEF tiene garantía de servicio y control total sobre la capacidad excedente (para negociar con otras entidades gubernamentales nacionales o internacionales). El MINISDEF gestionará directamente el precio de suministro de capacidades a terceros. Se puede imponer la aplicación de la normativa y procedimientos estrictamente militares. 	<ul style="list-style-type: none"> Sería necesario disponer de personal cualificado para ciertos trabajos/actividades de carácter muy específico. Actualmente no existen especialidades de formación en materia espacial en las FAS. Se recurre a la formación por parte de la industria asociada al proceso de obtención y gran parte de las funciones se asignan a personal externo. Rotación del personal militar. Falta de infraestructuras para llevar a cabo las operaciones específicas para operar la capacidad completa. No ser competitivos con los precios de mercado de las capacidades comerciales. Dificultad en llevar a cabo un Mantenimiento orgánico.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> Potenciar la industria nacional fortaleciendo la BTID nacional y capacitando a nuestra industria para competir en el exterior. Acceder mediante intercambio de capacidades a otras que sean generadas en el entorno internacional. Recuperar parte de la inversión al poder establecer acuerdos de suministro a terceros. 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas en tiempos (adquisición, fabricación, pruebas y lanzamiento). Problemas de presupuesto (alto coste) para cubrir todos los requisitos solicitados y hacerse cargo de todas las etapas de la misión espacial. Los elevados costes de mantenimiento del segmento espacio y terreno, incluidas modernizaciones, a asumir por completo Problemas de financiación, ligada a decisiones políticas y presupuestarias. Riesgo tecnológico.

Figura 6 - DAFO Alternativa AP. Elaboración Propia

ALTERNATIVA 2: OBTENCIÓN MEDIANTE UN MODELO DE ADQUISICIÓN PÚBLICO PRIVADO (APP)	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Modelo ya empleado por el MINISDEF en procesos de obtención anteriores (SATCOM y PAZ). • No se requieren nuevas infraestructuras para la operación completa de la capacidad, que son aportadas por la operadora. • Flexibilidad en el reparto de roles y funciones a asumir por las partes. • No se requiere personal cualificado en todas las áreas de la misión espacial. • El MINISDEF tiene garantía de servicio y seguimiento sobre la capacidad excedente. • El MINISDEF tiene capacidad para el seguimiento de la actividad industrial contratada por la operadora. • Factible en plazos por la flexibilidad de la parte privada. • Independencia operativa conforme a las reglas del instrumento jurídico empleado. • Distribución de riesgos entre la parte pública y la privada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia de un operador con sus propios intereses. • Necesidad de armonizar requisitos para llegar a soluciones de compromiso entre los requisitos de las FAS y los intereses comerciales de la operadora. • El MINISDEF no se puede beneficiar de manera directa de las contraprestaciones del suministro de la capacidad excedente a terceros (económica o de intercambio de capacidades).
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Potenciar la industria nacional, fortaleciendo la BTID nacional y capacitando a nuestra industria para competir en el exterior. • Oportunidades de colaboración internacional a través de la operadora (caso de GOVSATCOM). • Los beneficios de la operadora revierten en la propia CPP. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas en tiempos (adquisición, fabricación, pruebas y lanzamiento). • Costes elevados. Coste total de la inversión, aunque se difiera en pagos anuales durante la vida útil. • Problemas de financiación, ligada a decisiones políticas y presupuestarias.

Figura 7 - DAFO Alternativa APP. Elaboración Propia

ALTERNATIVA 3: OBTENCIÓN MEDIANTE ADQUISICIÓN DE MERCADO	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • No se requieren nuevas infraestructuras. • No se requiere personal cualificado salvo para las operaciones propias de explotación de la capacidad por las FAS. • Importante disminución de costes respecto de los otros modelos. • No existiría riesgo en el cumplimiento de plazos. • El suministro puede ajustarse al escenario en cada momento. • No existiría riesgo tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia del suministrador de servicios. • Requisitos no diseñados específicamente para la misión gubernamental. • En general no se potencia la BTID nacional contribuyendo a incrementar sus capacidades con nuevos desarrollos industriales. Se selecciona una opción con unos desarrollos industriales ya finalizados y comúnmente no nacionales. • Por el mismo motivo señalado en el punto anterior, no se promueve en este tipo de adquisiciones el I+D nacional. • No fomenta la cooperación internacional integrando a la industria nacional en programas en cooperación. • No se revierte ningún beneficio sobre la parte demandante de la capacidad.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de negociar paquetes de capacidades globales con reducción de los costes unitarios. • Posibilidad de obtención complementaria para situaciones "no críticas". • Posibilidad de obtención para cubrir una fase puente mientras se dispone de una capacidad obtenida mediante otra de las alternativas de obtención. • El mercado ofrece distintas opciones (suministradores) de obtención de capacidades comerciales por las que optar (diversidad de prestaciones, costes, etc) que se adapten las necesidades planteadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe garantía de Servicio al nivel requerido por las FAS en situaciones críticas. • Dependencia operativa. • Dependencia de industria extranjera • Pone en riesgo autonomía y libertad de acción. • Posible incumplimiento de requisitos de seguridad y confidencialidad. • Dependencia de intereses políticos de otras naciones detrás de operadores comerciales.

Figura 8 - DAFO Alternativa AE. Elaboración Propia

5.2.- ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE OBTENCIÓN MEDIANTE HERRAMIENTA MULTICRITERIO: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AHP

En este apartado se procederá a la aplicación de la metodología de decisión multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process) para la selección de la alternativa de obtención más idónea de entre las que han sido identificadas previamente.

La metodología AHP permite la evaluación y ordenación de las alternativas en función de varios criterios/subcriterios para elegir la mejor alternativa. Se basa en un modelo jerárquico que permite de manera sencilla hallar la solución al problema de decisión al descomponerlo y analizarlo por partes. El método fue ideado por Thomas Saaty en los años 70 para ayudar a desarrollar el tratado de reducción de armamento estratégico entre EEUU y la antigua URSS.

Según Saaty [21], su método "trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión, para ello descompone en partes la situación, ordena esas partes jerárquicamente, asigna valores numéricos a juicios o pensamientos subjetivos sobre la importancia relativa de cada variable y sintetiza los juicios para determinar que variables tienen mayor prioridad en el problema planteado".

En el proceso se establecen comparaciones por parejas, tanto para los criterios/subcriterios como para las alternativas, asignando valores a esas comparativas aplicando la escala de Saaty.

Valor	Definición	Comentario
1	Igual importancia	A y B tienen la misma importancia
3	Importancia moderada	A es ligeramente más importante que B
5	Importancia grande	A es más importante que B
7	Importancia muy grande	A es mucho más importante que B
9	Importancia extrema	A es extremadamente más importante que B

Figura 9 - Escala de Saaty. [22]

Resulta esencial la elección de los criterios y su ponderación. Para la selección de los criterios se contó con el asesoramiento del Teniente Coronel Jaime L. Sánchez Mayorga, experto en Sistemas Espaciales y Jefe de la Unidad de Espacio de la Subdirección General de Gestión de Programas de la Dirección General de Armamento y Material (SDG GESPRO/DGAM). Además, tanto para la selección de criterios/subcriterios a considerar en el análisis AHP, como para la valoración de las alternativas, se ha recurrido en este caso a un grupo de tres expertos, del núcleo de asistencia técnica de ISDEF (Ingeniería de Sistemas para la Defensa) a la Unidad de Espacio. Se trata de expertos en las áreas de SATCOM y SEOT, todos ellos con más de quince años de experiencia en el sector Espacio. Seguidamente se hace una breve reseña a sus datos académicos y profesionales:

- Susana Moreno García:

Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (1996). Experiencia en el Centro de Control de Satélites para el satélite LEO MINISAT-01. Desde 2002 desarrolla su actividad profesional de asistencia técnica a la Unidad de Espacio como ingeniero de sistemas en SATCOM.

- Sandra Archilla Aparicio:

Ingeniera Técnica de Telecomunicaciones en Sistemas de Telecomunicaciones por la Escuela Politécnica Superior de Alcalá de Henares (2004). Postgrado en Sistemas y Redes de Comunicación: Especialidad en Sistemas de Comunicación e Información para la Seguridad y Defensa. Con experiencia profesional en diversas compañías del

sector Defensa y en particular en Espacio (TAS, ADS, INDRA). Actualmente asistencia técnica a la Unidad de Espacio como ingeniero de sistemas en SATCOM.

- Domingo M. Soltero García:

Ingeniero de Telecomunicaciones (1998). PMP (Project Management Professional, 2010). Ha trabajado como Ingeniero de Sistemas desde 1999 en actividades relacionadas con la Defensa en el área de las comunicaciones y dentro del sector aeroespacial, y asimismo como Jefe de Proyecto (2004-2016) en actividades relacionadas con sistemas espaciales de comunicaciones. Desde 2016 es asistencia técnica a la Unidad de Espacio como ingeniero de sistemas en SATCOM y SEOT.

El método de Saaty consta de cuatro etapas:

- 1.- Representación del problema
- 2.- Evaluación de los criterios de valoración
- 3.- Evaluación de las alternativas
- 4.- Jerarquización de las alternativas

Se procede seguidamente a la exposición de los resultados obtenidos en cada una de las cuatro etapas.

Como apartado final, se recoge la exposición del análisis de los resultados y conclusiones derivadas de la aplicación de la metodología AHP.

Para facilitar la aplicación de la metodología, resolución de cálculos y obtención de resultados finales se ha empleado una herramienta software facilitada a los alumnos en el Módulo 2 del Master "Programa de ayuda a la decisión AHP". En adelante referida como HAD (Herramienta de Ayuda a la Decisión).

1.-Representación del problema

Objetivo: seleccionar la alternativa de obtención de capacidades espaciales para las FAS españolas más idónea.

Criterios-Subcriterios: por parte del grupo de expertos se realizó un "brainstorming" de posibles criterios a aplicar, de entre los mismos se acordó utilizar los siguientes:

Criterio 1: OPERACIÓN

Subcriterio 1.1: Independencia

En el tipo de misiones asociado a las capacidades espaciales resulta de gran interés disponer de la oportuna independencia en términos de autonomía operativa, permitiendo disponer de la capacidad en el tiempo y momento oportuno, sin restricciones o dependencias de factores externos.

Podría darse el caso de verse afecta la independencia operativa al depender de operadores o naciones cuyos intereses podrían entrar en conflicto con el cumplimiento de la misión encomendada a nuestras FAS. Desde el punto de vista de la operación, esta independencia estaría asegurada en el caso de un sistema obtenido mediante la alternativa de adquisición propia, si además se asegurara la independencia tecnológica e industrial de los desarrollos, se llegaría a alcanzar la situación óptima en términos generales de independencia.

Cítese como ejemplo la situación que según algunas fuentes agilizó el desarrollo del PNOTS y así se reflejó en distintos artículos de prensa: "Durante la crisis del islote de Perejil en 2002, España pidió imágenes de la zona a través del Programa francés Helios, resultando que las imágenes llegaron tarde y tras aquella «avería» satelital -algunos achacaron el fallo a las buenas relaciones de París y Rabat- el Gobierno español y sus Fuerzas Armadas asumieron la necesidad de ser independientes en dicha capacidad" [23].

Subcriterio 1.2: Requisitos

Respecto de los requisitos, este criterio pretende medir el grado de cumplimiento de los requisitos técnico-operativos definidos para la capacidad en cuestión. El documento de Requisitos de Estado Mayor (REM) reúne los mismos y después son cuidadosamente analizados y trazados en el Documento de Viabilidad (DDV). El nivel de cumplimiento no será el mismo en un sistema desarrollado a medida de unos requisitos que en un sistema ya existente. Tampoco será el mismo si en el empleo del sistema hay otros intereses además de los que motivan la definición de los requisitos del sistema para cumplir los objetivos de capacidad militar. En ocasiones tras la fase de definición de requisitos ha de llegarse a una armonización de requisitos, pudiendo prescindir de algunos de los calificados como deseables, pero no obligatorios.

Criterio 2: COSTE

Este criterio resulta de especial relevancia en la actual situación de escasez de recursos económicos para atender la obtención y el sostenimiento de los sistemas de armas.

Criterio 3: PLAZO

También resulta relevante valorar el plazo en el que la capacidad estaría disponible por haberse finalizado el proceso de obtención y haberse dado curso a la fase de explotación. Sin embargo, en caso de no poder atender los plazos se podría recurrir a soluciones interinas en las que la adquisición externa permitiría atender el gap.

Criterio 4: BENEFICIOS DERIVADOS

Subcriterio 4.1: Fortalecimiento de la BTID (Base Tecnológica e Industrial de Defensa)

Subcriterio 4.2: Beneficios hacia la Cooperación en el ámbito internacional

Por último, es necesario valorar los beneficios derivados de la obtención de la capacidad, seleccionándose como relevantes, por un lado las posibilidades de fortalecimiento de la Base Tecnológica e Industrial de la Defensa (BTID) en el caso de que la alternativa pudiera incluir desarrollos de I+D e industriales para la industria nacional del sector, por otro lado la disponibilidad de un sistema propio con el que participar en iniciativas en el ámbito internacional o con el que poder intercambiar otras capacidades con terceros países.

No hay que olvidar que la política de Armamento y Material tiene varios objetivos básicos, que permanecen en el tiempo con independencia de los cambios políticos, el principal sería dar respuesta de las necesidades de la FAS, mientras que cualquier otro objetivo (fortalecimiento de la BTID, fomento de la cooperación internacional, etc) actuaría modulando la forma de conseguir éste.

Alternativas: las ya identificadas en apartados previos

- Alternativa 1: Adquisición Propia (AP)
- Alternativa 2: Adquisición bajo un modelo de cooperación público-privado (APP)
- Alternativa 3: Adquisición externa (AE)

Se representa el problema con sus diferentes niveles en diagrama de árbol:

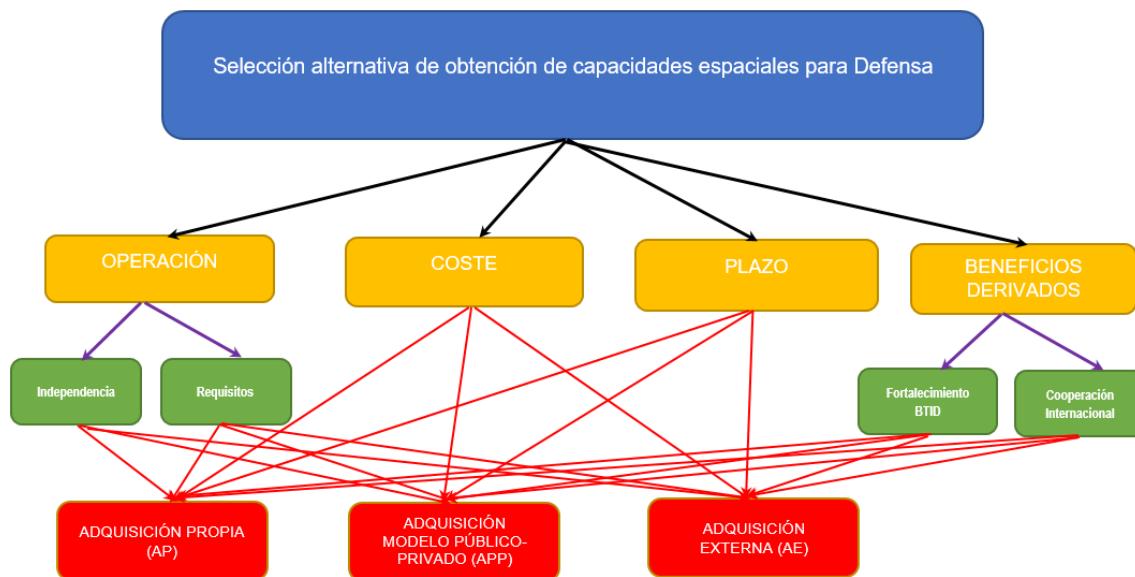


Figura 10 - Diagrama de Árbol. Elaboración Propia

Se procede a introducir en la HAD los criterios, subcriterios y alternativas a considerar, quedando preparada para la siguiente fase de evaluación de los criterios de valoración. Se muestra este paso mediante la captura de pantalla que se presenta seguidamente:

La captura de pantalla muestra la interfaz de la HAD para la introducción de datos para el AHP. Se dividen en tres secciones principales:

- CRITERIOS (máx. 7):** Permite introducir criterios y gestionarlos. Los criterios existentes son: OPERACIÓN, COSTE, PLAZO y BENEFICIOS.
- SUBCRITERIOS (máx. 3):** Permite seleccionar un criterio y añadir subcriterios. Un subcriterio seleccionado es: Coop Internacional.
- ALTERNATIVAS (máx. 7):** Permite introducir alternativas y gestionarlas. Las alternativas existentes son: AP, APP, AE.

Figura 11 - Introducción Datos Paso 1 AHP en la HAD. Elaboración Propia

2.-Evaluación de los criterios de valoración

En esta etapa se procede a construir una matriz a partir de la comparación de los criterios dos a dos, con el fin de estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos. Con el uso de HAD se introducen las valoraciones acordadas por el grupo de expertos, obteniendo tanto los pesos de cada criterio como la denominada Razón de Inconsistencia (RI). En general valores de RI superiores al 10% indican inconsistencia, en este caso su valor es de 6,96%.



Figura 12 - Evaluación Criterios. Elaboración Propia

Seguidamente se reitera este proceso, pero en este caso con los subcriterios.

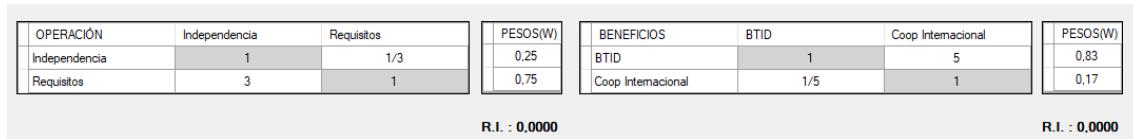


Figura 13 - Evaluación Subcriterios. Elaboración Propia

3.-Evaluación de las alternativas

En esta etapa se valora a las alternativas para cada uno de los subcriterios de los criterios 1 y 4 así como para los criterios 2 y 3.

Se presentan seguidamente las matrices con las puntuaciones asignadas por los expertos y los resultados obtenidos para los pesos y razones de inconsistencia en cada caso que se obtienen a través de la HAD:

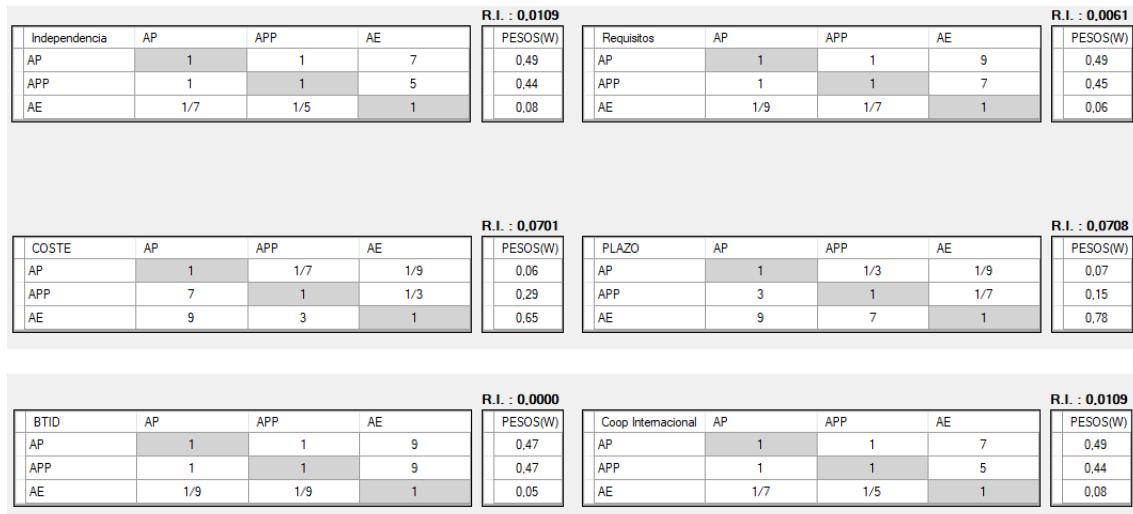


Figura 14 - Evaluación de Alternativas. Elaboración Propia

4.-Jerarquización de las alternativas

En esta etapa final se trasladan a la matriz de decisión todos los pesos calculados en las etapas previas. Este paso permitirá conocer con el apoyo de la HAD que alternativa es la más importante de acuerdo a los criterios establecidos, es decir, en nuestro caso, permitirá conocer la puntuación de las alternativas de obtención acorde a los criterios establecidos y las valoraciones de los expertos.

MATRIZ DE DECISIÓN				
CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	AP	APP	AE
OPERACIÓN	0.62	0.49	0.45	0.06
+ Independencia	0.25	0.49	0.44	0.08
+ Requisitos	0.75	0.49	0.45	0.06
COSTE	0.19	0.06	0.29	0.65
PLAZO	0.05	0.07	0.15	0.78
BENEFICIOS	0.14	0.48	0.47	0.06
+ BTID	0.83	0.47	0.47	0.05
+ Coop Internacional	0.17	0.49	0.44	0.08
		0.39	0.41	0.21

Figura 15 - Obtención de la Matriz de Decisión en la HAD. Elaboración Propia

5.-Análisis de los resultados y conclusiones de la aplicación de la metodología AHP

Una vez finalizadas todas las etapas de desarrollo de la metodología AHP aplicadas al proceso de selección de la alternativa de obtención más idónea, se obtuvo la anterior matriz de decisión. Por tanto, se obtiene como alternativa mejor valorada la adquisición de capacidades espaciales para las FAS españolas mediante un modelo de colaboración público-privado con una puntuación de 0,41.

Revisando los distintos pasos realizados en la aplicación de la metodología AHP, se observa en primer lugar que las valoraciones de los criterios por parte de los expertos, han determinado una importancia destacada sobre el resto de criterios a la operación (62%), a gran distancia del siguiente criterio mejor valorado que ha sido el coste (19%), en tercer lugar en importancia se sitúa el criterio de beneficios derivados del modelo de obtención utilizado (14%), y por último, a gran distancia del resto de criterios seleccionados, estaría el correspondiente al plazo en completar la fase de adquisición para dar comienzo a la fase de explotación (5%).

Esta jerarquización de la importancia de los criterios es acorde a la obtención en análisis. Como ya se ha indicado anteriormente el objetivo principal de la política de Armamento y Material es dar respuesta a las necesidades de la FAS y en este sentido cumplir con fidelidad los requisitos definidos y contar con la máxima independencia que permita dar respuesta a esas necesidades, es por ello que el criterio de operación se coloca a la cabeza del resto de criterios.

Por otro lado, el peso otorgado al criterio de coste, segundo en importancia, resulta coherente con el actual escenario económico con recursos escasos para atender las necesidades de obtención y sostenimiento de nuestros sistemas de armas.

Cualquier otro objetivo diferente del de dar respuesta a las necesidades de las FAS, pero también incluido en la política de Armamento y Material, ha de tener peso en este análisis ya que modula la forma de conseguir este objetivo; es el caso del fortalecimiento de la BTID y del fomento de la cooperación internacional, que han sido incluidos como subcriterios del criterio de beneficio derivado, no demasiado distante en peso del criterio de coste.

Por último, el criterio de plazo, se sitúa como el de menor peso. Ello se debe a que un retraso en la entrada en explotación de la capacidad podría dar lugar a un gap, cuyo impacto operativo, podría suplirse en caso necesario mediante una obtención provisional a través de una adquisición externa, como capacidad puente hasta disponer de la capacidad requerida.

Respecto de la valoración de las alternativas conforme a cada criterio, o en su caso subcriterios; el resultado de los juicios del equipo de expertos muestra que las alternativas AP y APP alcanzan las valoraciones más favorables respecto de la operación, a gran distancia de la AE. Es la consecuencia de procesos de obtención en que el sistema de armas obtenido se construye a medida de unos requisitos y de unos intereses propios en el caso de la AP o acordados entre las partes (pública y privada) en el caso de la APP. En este último caso, la inclusión de unos intereses externos (los de la parte privada) hacen que esta alternativa quede algo peor valorada en el criterio. Por su parte, en el caso de la AE, el proceso será el contrario, se contará con una capacidad dada, o mejor, se deberá escoger entre un abanico de capacidades ofertadas por parte de operadores o gobiernos entre las que se deberá analizar, entre otros aspectos, el grado de cumplimiento de los requisitos de partida.

En cuanto al coste, la opción con mejor valoración es la AE. En el polo opuesto se situaría la AP, en el caso de esta alternativa, el hecho de tener que desarrollar infraestructura actualmente no existente en relación a la componente terrena, al igual que personal entrenado para acometer las funciones propias de la operación, en paralelo con el desarrollo de la componente satélite, elevan de manera importante los costes de la misión. En el caso de la APP estos costes se atenúan al contar la parte privada con infraestructuras y personal entrenado que se ponen al servicio de la misión gubernamental a través de los correspondientes acuerdos con la parte pública, pudiendo dichos medios utilizarse para otras necesidades del operador.

Respecto del plazo, resulta evidente que en la AE la capacidad estaría disponible con tan sólo cerrar los correspondientes acuerdos/MoUs (Memorandos de Entendimiento) con los operadores/gobiernos ofertantes.

En el criterio de beneficios derivados tanto en una AP como una APP se fomentaría el fortalecimiento de la BTID nacional, cumpliendo siempre con los criterios de contratación que fomentan la libre competencia y pudiendo además desde fases iniciales de definición de requisitos, adelantar actuaciones de I+D que pudieran ser comunes a otras misiones en el ámbito civil y por tanto financiadas a través de colaboraciones del Ministerio de Defensa con otras entidades gubernamentales. En el actual escenario europeo de financiación a través de fondos UE en materia de defensa y seguridad resulta un importante beneficio la capacitación de la industria nacional para incorporarse a nuevos proyectos en el ámbito europeo.

Estos beneficios se podrían incrementar consiguiendo participaciones en iniciativas en cooperación internacional o acuerdos bilaterales que permitieran el intercambio de las capacidades nacionales por otras provenientes de otras naciones, evitando o minimizando también costes de esas capacidades que no se obtienen a nivel nacional.

Por tanto, la alternativa APP obtiene valoraciones muy elevadas en los criterios de mayor peso en el análisis, mientras que las valoraciones en los criterios de menor peso son más elevadas que en la alternativa AP, siendo de esta forma la alternativa más equilibrada en el cómputo final de valoraciones y resultando así la opción mejor valorada en el análisis jerárquico.

Como colofón al análisis AHP, se realizó un análisis de sensibilidad aplicado al mismo. Se trataba de comprobar que la jerarquización de las alternativas obtenida era estable frente a pequeñas variaciones en el peso de los criterios. Se procedió así a analizar los resultados en la ordenación de las tres alternativas en cuatro casos distintos, todos ellos con ligera variación en los pesos de alguno de los criterios. En el Anexo 3, se presenta el detalle de los resultados obtenidos en el citado análisis de sensibilidad.

La conclusión es que ligeros incrementos en la variación de los pesos siguen otorgando a las alternativas la misma ordenación, ello permite reforzar la validez del análisis AHP en términos de sensibilidad. Esta

conclusión refuerza la validez del resultado obtenido a pesar de la cercanía de la alternativa APP (41%) frente a la siguiente en valoración AP (39%).

5.3.- CONSIDERACIONES RELATIVAS A RIESGOS

Otra consideración que valida los resultados obtenidos en el estudio AHP, a pesar de la cercanía de los resultados de la alternativa APP (41%) frente a la siguiente en valoración AP (39%), es la relativa a riesgos.

Se puede argumentar que la transferencia de funciones a la parte privada permite transferir también riesgos críticos en el caso de ser asumidas esas funciones por la parte pública, es decir, con la selección de un modelo AP.

En la figura 16 se recogen ciertas funciones transferidas a la parte privada en los modelos de CPP utilizados para la obtención de capacidades espaciales para la Defensa en el caso español:

OPERACIONES TRANSFERIDAS A LA PARTE PRIVADA	PARTE PRIVADA	PARTE PÚBLICA
PROCESOS DE ADQUISICIÓN, INTEGRACIÓN, LANZAMIENTO Y MANTENIMIENTO	Permite procedimientos más flexibles en la contratación y aplicación de financiaciones externas al MINISDEF.	Procesos complejos para la contratación, regidos por la regulación aplicable en la Administración y sus dilatados plazos. Realiza, no obstante, seguimiento de la implantación de la nueva capacidad (diseños, fabricación, lanzamiento...).
OPERACIÓN (APORTE DE INFRAESTRUCTURAS ASOCIADAS)	La operadora dispone de las infraestructuras necesarias. Sólo costes de adecuación a las nuevas capacidades.	Necesaria inversión del MINISDEF en infraestructuras (Centros de Control, Estaciones de Telemetría y Tele-Comando), tanto principales como de respaldo.
OPERACIÓN (APORTE DE RRHH ESPECIALIZADOS)	Dispone de personal con formación. Sólo requiere su especialización en la nueva misión y en todo caso pequeños incrementos de plantilla.	Requiere de aumento de personal de las FAS. Requiere fuertes inversiones y plazo para la formación del personal. En este punto se ha de considerar también la rotación propia del personal militar.
COMERCIALIZACIÓN DEL EXCEDENTE	Los beneficios revierten también en la APP.	Operaciones que no son propias de la parte pública.

Figura 16 – Comparativa Operaciones Transferidas en el modelo APP. Elaboración Propia

En la alternativa AP, las operaciones expuestas en la figura 16 son asumidas por la parte pública (además de las de explotación y provisión a usuarios finales). Tomando como fundamento lo recogido en la tabla para cada ítem, en caso de ser asumidas esas operaciones por la parte pública, implicaría riesgo con un nivel de criticidad elevado, tanto en plazo como en coste. La bibliografía asociada al tratamiento de los riesgos en las adquisiciones de Defensa, señala como referencia el estudio del impacto de este tipo de riesgos en dichos procesos [24][25].

Este particular refuerza la validez de los resultados obtenidos en el análisis AHP, debido a la consideración del nivel de criticidad asociado a los riesgos que aparecerían al asumirse por parte del MINISDEF las funciones anteriormente expuestas.

CONCLUSIONES FINALES

Como conclusiones finales del TFM se extraen las recogidas seguidamente:

- Desde el punto de vista operativo:

- Queda patente la **necesidad de capacidades espaciales en nuestras FAS y la dependencia de las mismas en la operatividad de los actuales sistemas de armas**.
- Las capacidades que ofrecen a las Fuerzas Armadas los sistemas espaciales son esenciales para el desarrollo de las operaciones militares puesto que **permiten obtener libertad de acción y autonomía estratégica**.
- Muestra de la importancia de las capacidades espaciales es el hecho de que **un paso estratégico y preliminar en un conflicto armado sería el ataque al sistema espacial**.

- Bajo un punto de vista industrial y tecnológico:

- Resulta destacable el impulso proporcionado al sector espacial proveniente de las actividades desarrolladas por el Ministerio de Defensa, siendo **los Programas de obtención de capacidades espaciales generados por la Defensa nacional principales actores y tractores de la industria espacial nacional**.
- Se ha producido un **gran crecimiento del sector espacial español en los últimos años**, ocupando el **5º puesto del ranking a escala europea**.
- El sector espacial es **referencia para el desarrollo tecnológico de las principales economías**.
- Resulta clave contar con una **visión estratégica de la actividad espacial**.
- El sector espacial se caracteriza por la **faceta dual (uso civil y militar)** de las **tecnologías** que emplea, lo cual ha producido un **aprovechamiento de los logros tecnológicos** de diferentes departamentos, organismos e instituciones, dando un resultado muy positivo.
- La tendencia **“New Space”**, de gran impacto en el sector en los últimos años, ha introducido **reducción de costes en unos desarrollos que complementan a los tradicionales**.

- En el ámbito Europeo:

- En general se tiende a proyectos dotados de **flexibilidad, modularidad, rentabilidad, tendencia hacia la explotación público-privada y dependencia del apoyo institucional**.
- Dentro de las **iniciativas de financiación** en el marco de la denominada **Europa de la Defensa** hay un lugar preeminente para la **Europa Espacial**.
- **Pocas naciones disponen** **aisladamente de los recursos** materiales, técnicos y económicos necesarios para proyectar y llevar cabo una **política espacial completa de Seguridad y Defensa**.

- Respecto de las **alternativas de obtención de capacidades espaciales para la Defensa**:

La presentación de los componentes de un proyecto espacial da idea de la **complejidad** que supone resolver el total de sus operaciones y por este motivo se recurren con frecuencia a soluciones de externalización.

En la identificación de alternativas de obtención, se concluye que cualquier otra diferente de las tres descritas se podría aproximar en su concepto a alguna de las analizadas: **Adquisición Propia (AP)**, **Adquisición bajo un modelo de colaboración Público-Privado (APP)** y **Adquisición Externa (AE)**.

- El modelo **AP** se corresponde con un escenario altamente exigente desde el punto de vista orgánico ya que requiere contar con capacidades para ejecutar todas las funciones descritas.
- La alternativa **APP** resulta interesante en organizaciones sin capacidad para desarrollar de modo completo la obtención, lanzamiento y explotación a lo largo de todo el ciclo de vida, de una misión espacial, donde la solución externalizada completa no sea posible por determinantes de

independencia y autonomía operativa, ni se disponga de capacidad completa para obtener satélites propios bajo control operativo completo de la Administración, o los riesgos asociados a esa toma de control total en el modelo AP fueran relevantes.

- Uno de los condicionantes más evidentes que puede invalidar el modelo **AE** es la necesidad de independencia y autonomía operativa en situaciones críticas.

La existencia de una agencia estatal espacial, dotada de las herramientas y capacidad gestora completas, podría **suplir aquellas operaciones que recaen sobre la operadora en el caso del modelo APP** y posibilitar una adquisición puramente gubernamental. Además, podría proporcionar **apoyo en los procesos de obtención de capacidades analizados, mejorando en gran medida los riesgos** asociados a cada una de las alternativas contempladas. En particular permitiría avanzar hacia la minimización de riesgos en coste y plazo en una adquisición bajo el modelo AP.

- Conclusiones de los análisis y futuras líneas de investigación:

Realizados los análisis de las tres alternativas identificadas y ejecutada la jerarquización de las mismas mediante el método AHP, se **obtiene como alternativa mejor situada la Adquisición a través de un modelo Público-Privado**, que obtiene muy buenas valoraciones en los criterios de operación y beneficios derivados y que optimiza costes y plazos respecto de la **Adquisición Propia**. Esta última alternativa también es **bien valorada en cuanto a los criterios de operación y beneficios derivados**, sin embargo, en el actual escenario, **dotar de infraestructuras y personal en las FAS con la adecuada formación para la operación de la misión, requieren de grandes inversiones**. La **Adquisición Externa** por su parte se perfila como una opción idónea para el **caso de requerirse cortos plazos para el inicio de la explotación**, por tanto, sería una alternativa de gran interés para cubrir los gaps en caso de no llegar a tiempo con los calendarios marcados en los requisitos para el inicio de la explotación en los casos de Adquisiciones Propias o bajo el modelo de Adquisición Público-Privado. También la **Adquisición Externa** supondría una interesante alternativa para **complementar la capacidad espacial en ciertos escenarios no críticos**, liberando a las misiones principales cuyas prestaciones cumplen con los criterios de independencia y requisitos técnico-operativos para operaciones críticas.

El TFM deja abierta la posibilidad de una **futura línea de investigación** con la aplicación de otras metodologías que permitan completar los análisis realizados. Los futuros análisis podrían incluir sistemas de medición en base a una serie de indicadores, aportando resultados cuantitativos con un mayor nivel de detalle. Las conclusiones extraídas de esta nueva línea de investigación podrían permitir también identificar con mayor detalle las debilidades de cada uno de los modelos de obtención, e incluso proponer mejoras en los mismos.

REFERENCIAS

- [1] DGAM, Ministerio de Defensa. Plan Director de Sistemas Espaciales. 2015.
- [2] Davara Rodriguez, Fernando. Sistemas espaciales: aplicaciones y servicios: Cuadernos de Estrategia IEEE, 2014.
- [3] El espacio como nuevo ámbito de batalla. Suzuki, Kazuto. 2018.
- [4] TEDAE. Satélites y Defensa: un binomio a debate. [En línea] 2017. <https://www.tedae.org/es/espacio/noticias/satellites-y-defensa-un-binomio-a-debate>. (Último acceso 26.05.2019).
- [5] Europea, Comisión. Questions and answers on the new EU Space Programme. 2018. 18/4023.
- [6] Parlamento Europeo. Space, Sovereignty and European Security Buiding European Capabilities in an Advanced Institutional Framework. 2014.
- [7] TEDAE. Agenda sectorial de la industria espacial española. 2018.
- [8] Apesteguía E., FlyNews. España es la quinta potencia espacial Europea. [En línea] 2017. <http://fly-news.es/espacio/espana-es-la-quinta-potencia-espacial-europea/>. (Último acceso 26.05.2019).
- [9] Real Decreto 524/2014, de 20 de junio, que modifica el Real Decreto 454/2012, de 5 de marzo, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Defensa.
- [10] INTA. [En línea] 2019. <http://www.inta.es/WEB/INTA/es>. (Último acceso 26.05.2019).
- [11] Pons J., Flynews. Europa asigna 32000 millones de euros para financiar la Europa Espacial y de Defensa. [En línea] 2018. <http://fly-news.es/defensa-industria/bruselas-asigna-32-000-millones-euros-financiar-la-europa-espacial-defensa/>. (Último acceso 26.05.2019).
- [12] Instrucción 67/2011, de 15 de septiembre, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se regula el Proceso de Obtención de Recursos Materiales.
- [13] González del Campo, J.M. "Proceso de obtención de recursos". Módulo 1 (Política de Adquisiciones) : Master Dirección y Gestión Adquisiciones Defensa , 2018.
- [14] CNES. CNES's role and missions. [En línea] 2015. <https://corporate.cnes.fr/l-espace-en-tete/cnes-role-and-missions.html>.
- [15] Space Research Organisations in the world. [En línea] 2019. <https://www.rankred.com/top-10-space-research-organisations-world/>. (Último acceso 26.05.2019).
- [16] SENER. España en el futuro New Space (Juan Carlos Cortés, CDTI). [En línea] 2019. <http://www.revistanoticias.sener/news/espana-en-el-futuro-new-space-y-space-industry-4-0-juan-carlos-cortes/54/>. (Último acceso 26.05.2019)
- [17] Sanabria M. y Fleta J.: "Colaboración público privada". Módulo 4 (Presupuestación y contratación): Master Dirección y Gestión Adquisiciones Defensa, 2019.
- [18] HISDESAT. [En línea] 2019. <https://www.hisdesat.es/hisdesat>. (Último acceso 26.05.2019).

- [19] Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014.
- [20] Las comunicaciones por satélite militares. [En línea] gtd, 2014. <https://www.gtd.es/es/blog/las-comunicaciones-por-satelite-militares>.
- [21] Saaty, Thomas. "Making decisions in a complex world". 1997.
- [22] Ruiz López, C. "Herramientas de apoyo a la decisión. Métodos cuantitativos". Módulo 2 (Gestión Pública). s.l. : Master Dirección y Gestión Adquisiciones Defensa, 2018.
- [23] Villarejo, E.: "Paz:el satélite militar que surgió tras la crisis de Perejil". [En línea] ABC, 2017. <https://abcblogs.abc.es/tierra-mar-aire/otros-temas/paz-satelite-perejil.html>. (Último acceso 26.05.2019).
- [24] DRDC (Defence Research and Development Canada). "Risk Analysis of Defence Acquisition". 2017.
- [25] STO (Science and Technology Organisation). "Risk Assessment Guidebook for Defence Acquisition Programmes" (TR-SAS-109). 2018.

ANEXO 1: COMPONENTES Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ESPACIALES

Los sistemas espaciales se pueden clasificar en diferentes tipos, con elementos muy heterogéneos y proporcionando aplicaciones y servicios también muy distintos. Esta heterogeneidad conduce a diseños e implementaciones de arquitecturas muy diversas. Sin embargo, es común a todas ellas la división en dos grandes grupos de componentes: segmento espacial (también denominado segmento de vuelo) y segmento terreno.

El segmento espacial está compuesto por un satélite o por una constelación de satélites. El satélite está constituido por dos partes principales: la carga útil (también llamada cargo de pago) y la plataforma. La carga de pago es la que llevará a cabo la misión y se diseña de forma específica para cada sistema. Está constituida por diferentes instrumentos (equipos de telecomunicaciones, transpondedores, sensores ópticos o radar, etc.).

La plataforma soporta la infraestructura del satélite y asegura la misión de la carga útil. En ella se incluyen los sistemas de potencia que alimentan equipos y componentes, el subsistema de control de actitud y órbita del satélite, la gestión de datos y los servicios de comunicaciones. En este último grupo de sitúa el TTC (Tracking, Telemetry, Command) que recibe las órdenes desde tierra y transmite la telemetría del estado del satélite.

El segmento terreno está constituido por los componentes en tierra responsables del control de los satélites y de su explotación. La arquitectura del segmento terreno depende de la misión, pero pueden identificarse una serie de componentes funcionales que son en general comunes a todos los sistemas. El centro de control es responsable del control y mando del satélite, las estaciones de recepción, los medios de enlace que aseguran la conexión del satélite con los componentes terrestres, un TTC y un centro de misión responsable de gestionar las tareas asignadas a la carga útil.

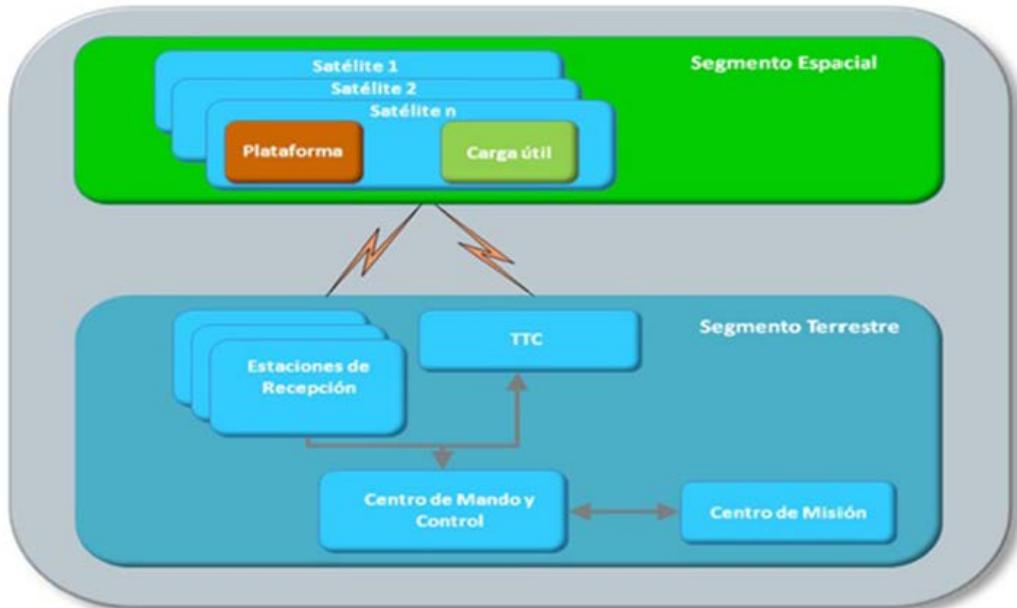


Figura 17 - Arquitectura genérica de un Sistema Espacial. [2]

Los satélites pueden situarse en diferentes órbitas que se clasifican según su altitud. Se pueden citar las órbitas geoestacionarias o geosíncronas (Geosynchronous Orbit, GEO), semisíncronas (Medium Earth Orbit, MEO) y de baja altitud (Low Earth Orbit, LEO).

En el caso de las denominadas GEO, su periodo es equivalente a un día sideral de la Tierra, condición que se cumple a una altitud de 35.786 Km. Además, son órbitas circulares y con cero grados de inclinación respecto al

ecuador, el satélite tiene velocidad relativa cero respecto a la superficie de la Tierra, permaneciendo por tanto estacionario respecto de ella. Este tipo de órbitas son las utilizadas en satélites de comunicaciones.

En las órbitas MEO su periodo orbital es equivalente a medio día sideral. Se utilizan en los sistemas de navegación y posicionamiento global (GPS y Galileo).

Las órbitas LEO están a alturas entre 200 y 2000 Km. Son las utilizadas en Sistemas de Observación de la Tierra, en particular se utilizan órbitas polares que no superan los 800 Km con periodos de rotación próximos a la centena de minutos, asegurando una buena permanencia en la observación. En muchos casos, sobre todo en satélites con sensores ópticos, se utilizan órbitas LEO helio-síncronas (sincronizadas con el sol), estas permiten observar todos los puntos con la misma inclinación de los rayos solares, lo que permite facilitar la extracción de información (realizar comparativas bajo las mismas condiciones de iluminación solar en un mismo punto).

Atendiendo a su tamaño, los satélites se dividen en: grandes satélites (pesan más de 1000 Kg), satélites medianos (de 500 a 1000 Kg), mini-satélites (de 100 a 500 Kg), micro-satélites (de 10 a 100 Kg), nano-satélites (de 1 a 10 Kg) y pico-satélites (menos de 1 Kg de peso).

Además, dentro de esta arquitectura genérica, hay que citar el denominado segmento terreno de usuario donde se manejan las aplicaciones y servicios que derivan de la explotación de las capacidades espaciales.

Los sistemas espaciales se pueden clasificar en familias según las capacidades que proporcionan, como se ha presentado en el apartado (2.2).

En el caso de las capacidades espaciales de interés para la Defensa, cabe destacar las relacionadas seguidamente:

- Observación de la Tierra

Estos sistemas adquieren y proporcionan datos de áreas concretas de la superficie terrestre. Basados en la percepción remota o teledetección, ésta supone el uso de sensores especializados para obtener información de objetos sin tener contacto con ellos, detectando, grabando y transmitiendo la energía electromagnética reflejada o emitida por ellos y sus relaciones espaciales.

La carga útil en este caso son los sensores. Se pueden clasificar en dos tipos, según los sensores sean pasivos (no utilizan energía propia) y activos (utilizan energía que proporciona el sensor).

Además, según el rango de longitud de onda de la radiación utilizada por el sensor, se puede conocer determinadas características del material y facilitar el desarrollo de ciertas aplicaciones.

Según la zona del espectro electromagnético, se pueden clasificar los sensores en:

-Sensores ópticos visible (PAN): de gran resolución espacial pero no pueden operar con cobertura nubosa o con poca luz solar.

-Sensores multiespectrales (MS): operan en toda la gama óptica e infrarroja.

-Sensores radar (comúnmente SAR, radar de apertura sintética) que operan "todo tiempo" y tanto de día como de noche.

-Comunicaciones por satélite

Se basan en la transmisión de señales de radiofrecuencia desde la tierra al satélite (enlaces de subida), su amplificación y cambio de frecuencia a bordo del satélite y su posterior retransmisión hacia la Tierra (enlaces de bajada).

Se sitúan en órbitas geoestacionarias, así el satélite está siempre fijo respecto de una zona de cobertura determinada y no se han de desplazar las antenas terrestres.

La combinación de receptor/transmisor en diferentes bandas de frecuencia del espectro se denomina transpondedor y permite recibir, amplificar y cambiar la frecuencia de la señal de recepción a la de transmisión para evitar interferencias.

Las bandas de frecuencia más utilizadas son (L, C, X, Ku, Ka), cada una presenta ventajas e inconvenientes. Las frecuencias más elevadas (bandas Ku y Ka) permiten transmitir más información, pero demandan más potencia y mayor diámetro de antena, encareciendo los equipos. Otras bandas con mayores longitudes de onda tienen mayor poder de penetración y necesitan menor potencia, pero la capacidad de transmisión de información es menor. Existen también restricciones de uso, en la banda Ku la mayor parte de las ubicaciones están ya adjudicadas y en la banda X está prácticamente reservada a sistemas de comunicaciones gubernamentales y militares.

-Navegación y Posicionamiento

Los sistemas espaciales de navegación y posicionamiento proporcionan señales que permiten obtener con cobertura global la posición 3D, velocidad, hora, etc., de un receptor con una precisión dependiente de cada uno de ellos, puestas a disposición de cualquier usuario. Está formado por una constelación de satélites con trayectorias distribuidas en diferentes planos orbitales que transmiten señales que al ser recibidas por los receptores se utilizan para determinar su posición en cuatro dimensiones (coordenadas geográficas, altitud y hora) y su velocidad en cualquier parte del globo terrestre, en tierra, mar o aire y en cualquier condición climatológica.

En este caso el segmento usuario está integrado directamente en su arquitectura, lo forman los receptores pasivos de todos los usuarios que reciben las señales y procesan los datos para convertirlos en información de utilidad.

La navegación por satélite nació y se desarrolló inicialmente para usos militares (por ejemplo, para el guiado de armas de precisión) pero pronto pasó a tener fuerte demanda para uso civil. Sus usos están muy extendidos en diversas áreas: transportes (aéreo, marítimo y terrestre), servicios basados en localización, sincronización, etc.

Las principales constelaciones GNSS (Global Navigation Satellite System) que se pueden citar son: GPS (EEUU), GLONASS (Rusia), Galileo (UE), Michibiki (Japón), IRNSS (India) y BeiDou (China).

-Conocimiento de la situación espacial/Vigilancia y seguimiento espacial (SSA/SST)

El ámbito de SSA (Space Situational Awareness, "conocimiento de la situación espacial") tiene por objetivo detectar y mitigar las características del entorno espacial que representan una amenaza potencial para infraestructuras (tanto espaciales como terrestres) y la población. El ámbito de actuación de SSA abarca tres áreas principales:

1.-Vigilancia y Seguimiento Espacial (SST, por Space Surveillance and Tracking): se ocupa de detectar y monitorizar los objetos en órbita terrestre, para evitar colisiones con satélites y prever su reentrada en la atmósfera. Tiene aspectos militares, ya que la información que recopila es clasificada o sensible, al incluir datos orbitales y físicos de satélites militares.

La arquitectura básica SST está basada en:

-Centro de Datos para el procesado de datos, generación de productos y servicios a los diferentes usuarios.

-Radares: elemento principal para detección de la población mayor de objetos, (200 – 2000 km). Incluye radares de vigilancia y de seguimiento.

-Telescopios: complemento para detección de objetos en altitudes mayores (2000 – 40000 km)

2.-Tiempo Espacial (Space Weather): se encarga de detectar el entorno de radiación y campo magnético en el espacio, y sus variaciones debidas a tormentas solares. Afecta a la seguridad de astronautas y satélites en el espacio, y en tierra a las redes eléctricas y de comunicaciones, que pueden quedar inutilizadas durante largos períodos de tiempo.

3.-Objetos cercanos a la Tierra (NEO: Near-Earth Objects): detecta los asteroides cuyas órbitas pueden cruzarse con la terrestre, y desarrolla tecnologías para poder modificar sus órbitas en caso de que se prevea su impacto con la Tierra.

ANEXO 2: PROGRAMAS DE ESPACIO EN LA DGAM

En este anexo se ofrece un resumen de los programas y proyectos gestionados por la SDG GESPRO de la DGAM y de los que deriva la obtención de las capacidades espaciales de que disponen nuestras FAS.

1.- SATCOM

En julio de 2001 se firmó un Acuerdo Marco entre MINISDEF, HISPASAT e HISDESAT para la implantación de un sistema de comunicaciones por satélite con objeto de proporcionar comunicaciones a las FAS.

HISDESAT es la propietaria y operadora de satélite principal SPAINSAT. El contratista principal para este programa fue la empresa norteamericana Space System Loral.

La participación nacional en la fabricación del satélite fue la siguiente: EADS-CASA Espacio (Antenas parabólicas y de bocina en bandas X y Ka), RYMSA (Antenas para telecomando y telecontrol en banda S; Filtros, acopladores, etc. en bandas X y Ka), SENER (Mecanismos de apuntamiento de antenas orientables), GMV (Desarrollos de software del centro de control, Dinámica del Vuelo y Análisis de colocación del satélite SPAINSAT).

En la implementación del segmento terreno la participación nacional fue la siguiente: INDRA fue el contratista principal para el del SPAINSAT e INSA para el del XTAR-EUR. Ambos segmentos son redundantes y situados en Arganda (instalaciones de HISPASAT) y Maspalomas (instalaciones del INTA) conectados con las estaciones de anclaje.

El satélite principal SPAINSAT entró en operación en abril de 2006, mientras que el satélite de respaldo y para capacidad adicional XTAR-EUR, lo hizo en marzo de 2005.

Actualmente hay una intensa actividad en materia SATCOM tanto en lo relativo a la futura Nueva Generación SATCOM como a las diversas iniciativas en el marco de la EDA, UE y OTAN, habiéndose aprobado nuevas inversiones.

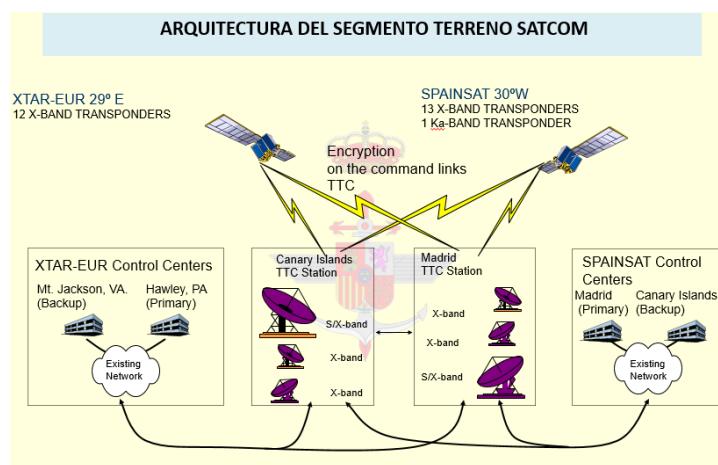


Figura 18 - Arquitectura Segmento Terreno SATCOM. Fuente: Oficina de Programa

Por Acuerdo de Consejo de Ministros de 15 de marzo de 2019 se autorizó la celebración de un Contrato Administrativo Especial por un valor estimado de 1.617 M€ que permitirá la reposición de la capacidad SATCOM una vez finalizada la vida útil de la actual generación.

Las comunicaciones por satélite son de gran importancia estratégica tanto a nivel nacional, ya que proporciona independencia y flexibilidad operativa a las FAS, como internacional, ya que la UE está impulsando el proyecto para proporcionar capacidad de comunicaciones gubernamental GOVSATCOM y dentro de este marco, España es líder de este programa en la EDA.

La Oficina de Programa (OP) SATCOM-SPAINSAT NG, encuadrada en la JSC4ISRyE, es responsable del impulso, coordinación y seguimiento de las actividades de ejecución del Programa.

2.- SEOT

En materia SEOT, el MINISDEF ha participado en los Programas Helios I, Helios II, Pleiades y PAZ (PNOTS). Además, cabe destacar su participación en los estudios preparatorios de la iniciativa MUSIS (Multinational Space-based Imaging System). Asimismo, está en proceso la reposición de la capacidad SEOT en el espectro visible e infrarrojo.

- Helios

El objetivo del Programa francés Helios era implementar en dos fases un sistema de Observación de la Tierra desde el espacio dotado de sensores ópticos de alta y muy alta resolución y de infrarrojos.

El Helios I fue un programa militar de observación de la Tierra por satélite que se componía de dos satélites (Helios IA y Helios IB), dotados de sensores ópticos que trabajaban en el espectro visible y del correspondiente segmento terreno.

España participó en el Programa con un 7%. El Acuerdo de participación española en la ya existente cooperación franco-italiana para el programa Helios I se estableció el 09/11/98. La participación de cada país en el Programa era: Francia (79%), Italia (14%) y España (7%).

La Directiva 60/90 de 20/09/90 estableció la organización, funciones y competencias relativas a la participación española en el Programa. En el contexto de la estructura multinacional hay que señalar que las decisiones políticas, técnicas y financieras se toman en el Comité Director (CODIR) y las de carácter operativo en el Grupo Operativo Multinacional (GOMH).

Los lanzamientos se realizaron el 15/07/95 para el Helios IA y el 03/12/99 para el Helios IB. La vida útil estimada era de 5 años. El Helios IB cesó de operar en 2004 y el Helios IA continuó operativo hasta el 31/12/2011.

El programa Helios II es continuación del Helios I. Consta de dos satélites operativos en órbita con sensores ópticos de alta y muy alta resolución en el espectro visible e infrarrojo. El primer satélite lanzado 18/12/2004, y el segundo el 18/12/2009. Si bien la vida útil estimada de los satélites es de 5 años, la previsión es que el sistema podría estar operativo hasta 2022, dependiendo de la entrada en operación del nuevo sistema francés CSO (Componente Espacial Óptico).

Hay que destacar que el sistema de explotación Helios correspondió a un desarrollo nacional liderado por el INTA para la implantación del CTEIE (Centro de Tratamiento y Explotación de Imágenes Español) y sus correspondientes evoluciones.

El segmento terreno de usuario español quedó instalado en el CESAEROB (Centro de Sistemas Espaciales de Observación) ubicado en la Base Aérea de Torrejón. Actualmente dicho Centro alberga tanto el Segmento Terreno de usuario Helios II como el Centro de Defensa del PAZ.

La participación nacional en el Mantenimiento en Condición Operativa (MCO) es responsabilidad del EMAD. Se distinguen dos categorías de actividades, las denominadas del "sistema" y las "nacionales". Las actividades de "sistema" comprenden por un lado las funciones ligadas a la explotación en común de los satélites en órbita y caracterizados por medios únicos y compartidos y asimismo las actividades de mantenimiento de software y de logística realizadas en común para conservar la coherencia del sistema. Las actividades "nacionales" corresponden al mantenimiento o a la evolución de los segmentos nacionales y cuentan con la participación de la industria nacional.

- Pleiades

El Programa Pleiades es un sistema desarrollado por Francia de uso dual compuesto por dos satélites dotados de sensores ópticos que proporcionan imágenes multi-espectrales de alta resolución. La participación de España fue de un 3%. El segmento espacial, en situación operativa, cuenta con dos satélites, el primero lanzado el 17 de diciembre de 2011 y el segundo el 2 de diciembre de 2012.

La actividad operacional en el segmento terreno de usuario de Defensa español (SpDUGS), ubicado también en el CESAEORB, está actualmente suspendida debido a razones presupuestarias para sostener simultáneamente los sistemas Helios y Pleiades.

En el Segmento Espacial se obtuvieron retornos industriales superiores al total de la participación nacional en el Programa.

Las competencias, responsabilidades y estructura orgánico-administrativa del programa en España quedaron establecidas en la Instrucción 174/2003 de 22.12.2003 de SEDEF.

La implementación del SpDUGS supuso la integración de las unidades de acceso, programación, procesamiento y recepción. Asimismo, la ampliación del edificio del CESAEORB, hasta ese momento utilizado sólo para propósitos Helios, así como la ubicación de la correspondiente antena de recepción de la TMI (Telemetría de Imagen).



Figura 19 - Unidades Segmento Terreno Pleiades. Elaboración Propia

- MUSIS (Multinational Space-based Imaging System)

En diciembre de 2006 los seis países Helios II (Francia, Bélgica, España, Italia, Grecia y Alemania) firmaron un Acuerdo Técnico (TA1) para llevar a cabo estudios preparatorios para la definición y realización de un Sistema Multinacional de Imágenes basado en el Espacio (Multinational Space-based Imaging System – MUSIS) para vigilancia, reconocimiento y observación. Estos estudios buscaban la identificación y optimización de la arquitectura global del sistema MUSIS y la definición de una arquitectura genérica y abierta para un segmento terreno de usuario compatible con varios componentes espaciales. España aprobó la realización de tales estudios y concedió un crédito de 1,5 M€. Participaron en los estudios dos consorcios liderados por EADS-Astrium y Thales-Alenia-Space (TAS). Los estudios fueron finalizados en 2008 y la documentación entregada a los seis países.

MUSIS fue un intento federativo que quedó reducido a soluciones bilaterales, para sus diferentes componentes (segmento terreno, radar y óptica). De MUSIS derivó la Componente Óptica francesa (CSO) en la que la cooperación con Francia se enmarcaba en un acuerdo bilateral con este país.

- PAZ

Con objeto de establecer un marco general de cooperación, el Ministerio de Industria Turismo y Comercio y el Ministerio de Defensa suscribieron con fecha 26 de julio de 2007, un Acuerdo Marco para la gestión coordinada del desarrollo, financiación, puesta en órbita y explotación de un Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite (PNOTS) formados por dos satélites, uno basado en tecnología en sensores ópticos (INGENIO) y otro basado en tecnología radar (satélite PAZ).

El MINISDEF suscribió a su vez con la empresa HISDESAT el Convenio Marco de Colaboración para la definición e implantación de un Sistema de Observación de la Tierra por Satélite gubernamental con tecnología Radar (PAZ) de 22 de febrero de 2008.

El satélite PAZ fue lanzado con éxito el 22 de febrero de 2018 por la compañía Space X mediante el Falcon 9 desde la Base Aérea de Vandenberg (California).

Tras la fase de "commissioning" de 6 meses de duración, proporciona imágenes operativas al MINISDEF (desde el 6 de septiembre de 2018), a razón de 33 diarias durante cinco años.

En materia organizativa se puede citar la existencia de un Comité Director PNOTS que afecta tanto al PAZ (componente radárica) como al Ingenio (componente óptica) y que es co-presidido por ambos Ministerios.

El propietario del sistema es HISDESAT que fue responsable del desarrollo del Segmento Espacial, mientras que el INTA lo fue del Segmento Terreno. El responsable de la operación es HISDESAT que también ha establecido un contrato con el INTA para el servicio de operación y mantenimiento requerido para las instalaciones del INTA.

HISDESAT contrató en diciembre de 2007 a EADS Casa Espacio (actualmente Airbus DS) para el desarrollo del satélite.

El satélite PAZ, basado en la plataforma alemana Terrasar X está dotado de tecnología SAR (radar de apertura sintética) y su sensor "todo tiempo" permite la obtención de imágenes (100 diarias), tanto diurnas como nocturnas y con independencia de las condiciones meteorológicas, cubriendo un área de más de 300.000 Km² al día.

Da 15 vueltas diarias a la Tierra. Su órbita quasi-polar ligeramente inclinada, proporciona cobertura global con un tiempo medio de revisita de 24 horas. El radar de apertura sintética opera en banda X con un ancho de banda de 300 MHz y tiene una capacidad máxima de toma de imágenes de 420 segundos por órbita.

Dispone de cinco modos de funcionamiento:

- Modo Spotlight y High resolution Spotlight: Para las imágenes de alta y muy alta resolución.
- Modo Stripmap: Para imágenes de alta resolución.
- Modo ScanSar: Para las imágenes de resolución media.

Y otros dos modos por el momento experimentales:

- Modo Staring Spotlight
- Modo Wide ScanSAR

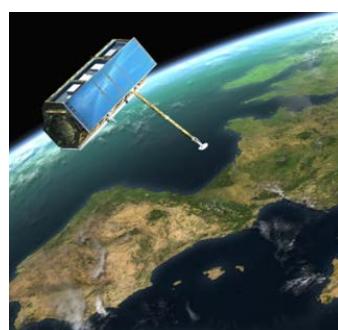


Figura 20 - Satélite PAZ. [18]

Además, el satélite incorpora un desarrollo de radio occultación y precipitación extrema y un receptor de identificación automática de buques (AIS).

Aunque de uso dual, su ámbito principal de utilización es el de seguridad y defensa.

En la estructura del Segmento Terreno podemos distinguir tres ubicaciones: las instalaciones del Centro Principal en INTA-Torrejón, Centro de Respaldo en INTA-Maspalomas y Centro de Defensa en el CESEROB:

- Centro Principal: Con capacidad de planificación y programación de la misión y control del satélite, así como de recepción, procesado y almacenamiento de imágenes.
- Centro Secundario: Con capacidad de control del satélite, recepción de datos radar y envío al Centro Principal para su procesado.
- Centro de Defensa: Con capacidad de planificación de Misiones Defensa, recepción de datos radar por línea segura desde el Centro Principal, procesados y archivo.

El Segmento Terreno PAZ se desarrolló bajo la dirección técnica del INTA. Para la consecución de los objetivos se hicieron más de 75 contratos con diferentes suministradores. Participaron empresas nacionales del sector y otros organismos como el DLR alemán. Su gran complejidad se debe en gran medida a la flexibilidad del instrumento, al no existir ningún modo de operación fijado a bordo, implicando el incremento de la complejidad en Tierra.

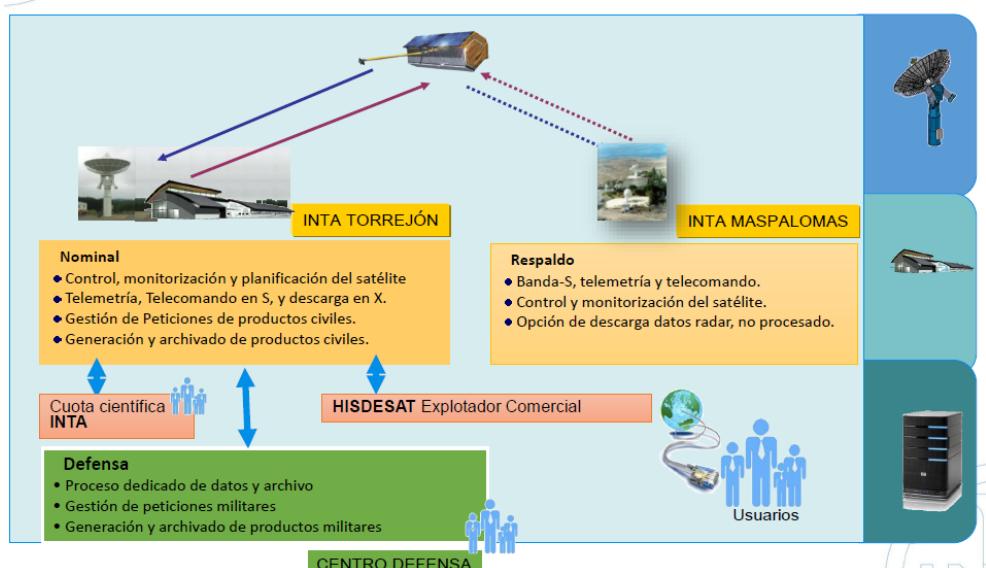


Figura 21 - Arquitectura Segmento Terreno PAZ. Fuente: Presentación INTA

La naturaleza dual de la misión PAZ implica la posibilidad, por parte de usuarios civiles, de adquirir información que pudiera ser sensible para los intereses de la defensa nacional. La determinación de las condiciones, plazos, resoluciones, usuarios y usos que dichas imágenes pudieran tener es objeto de un proceso de escrutinio adecuado, que asegura todos los aspectos de seguridad exigidos (control de sensibilidad).

Como en el caso de Helios, el Sistema Gestor Unificado de Información Aeroespacial (GUIA) permite a los usuarios finales la correcta explotación de las imágenes generadas por el SEOT PAZ. A GUIA llegan peticiones de los tres Ejércitos y CNI, siendo el CIFAS el responsable de asignar las correspondientes prioridades.

El PAZ ha supuesto un importante hito tanto desde el punto de vista tecnológico como operativo, al disponer nuestras FAS de un sistema nacional que además ha permitido cumplir el requisito "todo tiempo".

3.- NAVEGACIÓN Y POSICIONAMIENTO

En materia de navegación por satélite, a nivel nacional, el Ministerio de Defensa participa en distintos grupos de trabajo a nivel nacional e internacional.

El sistema GALILEO supone unos de los grandes programas de la UE, que permitirán a Europa disponer de un adecuado grado de autonomía e independencia, respecto de sistemas similares gobernados por otras naciones (GPS, GLONASS, etc...) GALILEO cuenta con el apoyo y participación de España desde su implantación. Dentro del mismo, el servicio PRS (Servicio Público Regulado) es uno de los principales focos de atención para los Ministerios de Defensa de los países de la UE.

El futuro plan de obtención es dotar a las FAS de las unidades de receptores Galileo necesarias para un futuro.

Se están llevando a cabo Proyectos Piloto para la validación de la señal Galileo, tanto "Open Service" como "PRS", que se planean y ejecutan en el ámbito de las Fuerzas Armadas. Con la realización de los diferentes Proyectos Piloto implementados por los Ejércitos, se abre una estrecha cooperación entre los organismos involucrados. Parte importante es la campaña antártica para continuar con las pruebas para el desarrollo de plataformas PRS.

4.- SSA/SST

La Unión Europea determinó el lanzamiento de un programa denominado SST "Space Surveillance and Tracking", destinado a establecer un sistema de alerta y protección frente al riesgo que suponen los residuos espaciales o "Space Debris".

A nivel nacional, el programa S3T "Spanish Space Surveillance and Tracking", se orientó a la participación española en el Consorcio SST. Se trata de un programa financiado por MINCOTUR vía ESA, la gestión corresponde a la ESA bajo supervisión del CDTI (Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial dependiente del MINCIU). Cuenta con el apoyo del MINISDEF en diversos aspectos.

La ESA inició en 2008 un programa de SSA, y en él España se posicionó como líder, tanto por el presupuesto comprometido como por el nivel tecnológico de nuestras empresas.

Aunque España no comprometió fondos en la reunión ministerial de 2012, España continuó como el segundo contribuyente global al programa SSA. En el Consejo Ministerial de la ESA de 2014 se anunció una importante inversión española en el programa SSA/SST que permitiera a nuestras empresas liderarlo en el marco de la Unión Europea.

De esta forma, la Comisión Europea propuso el inicio de un programa de Vigilancia Espacial (SST) orientado a proteger la infraestructura espacial y prever la reentrada de objetos espaciales en la atmósfera. Se propuso un presupuesto modesto para el periodo preparatorio (2014-2020), con el que los países con activos relevantes formaran un consorcio para establecer una capacidad inicial.

Además, se propuso en el programa de I+D H2020 fondos adicionales para apoyar la mejora de los activos existentes y planificar el futuro sistema de SST.

Debido al tipo de sensores que se emplean en el sistema SST, en especial radares; y la información que se recaba sobre la infraestructura espacial tanto civil como militar, el programa SST tiene una dimensión de seguridad y defensa que requiere la participación de los respectivos Ministerios de Defensa de los Estados Miembros.

El 15 de junio 2015 España entra formalmente en el Consorcio SST de la UE junto a Alemania, Francia, Italia y Reino Unido, con la firma del Acuerdo correspondiente a dicho Consorcio. El CDTI firmó el citado Acuerdo de Consorcio con las agencias espaciales europeas que participan en el marco de apoyo a la SST (CNES, UKSA, DLR y ASI), así como un acuerdo con esas agencias y el Centro de Satélites de la Unión Europea (SATCEN) por la que se formaliza las actividades de SATCEN con el Consorcio.

El 30 de diciembre de 2015 se firmó el Memorando de Entendimiento (MOU) entre el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América y el Ministerio de Defensa de España para la Cooperación en materia de seguridad de los vuelos espaciales y la prestación de servicios y el suministro de información sobre el conocimiento de la situación del espacio (SSA).

El 04.07.2017 se firmó el Convenio MINISDEF-SGIPYME-CDTI que establece el marco legal de coordinación de las acciones a realizar por las partes en actividades relativas al desarrollo y operación de las capacidades nacionales de un Sistema de Vigilancia y Seguimiento Espacial (SST) y asimismo de la coordinación de la participación española en el Marco de Apoyo al Programa SST de la UE. La colaboración entre las partes firmantes se extiende a la participación española en actividades de SST tanto de la ESA como de la Unión Europea, así como en cualesquier foros espaciales, nacionales e internacionales, u otras líneas de actividades de SST en las que participen los firmantes, por separado o de forma conjunta.

Bajo liderazgo del MINISDEF, España ha participado también en los ejercicios Global Sentinel de 2017 y 2018.

Los beneficios de la participación española en SST se centran en diferentes aspectos, principalmente industriales (desarrollos de centro de datos, radar y arquitectura del sistema) y operacionales (seguridad de los satélites españoles civiles y militares).

SSA/SST es un sistema dual, que incluye la Seguridad Nacional de España y constituye una prioridad en la política espacial.

Las actividades españolas desde el inicio de las actividades SSA/SST han sido relevantes, se concentraron sobre todo en el ámbito de SST, donde las empresas españolas se han posicionado como líderes europeas en varias áreas, incluyendo desarrollo de radar, software y arquitectura de sistema.

La infraestructura SST nacional (S3T, Spanish SST) está basada en:

- Centro de Operaciones SST (SSTOC) ubicado en la Jefatura del Sistema de Mando y Control del EA.
- Radar de vigilancia de Morón (S3TSR) ubicado en la Base Aérea de Morón.
- Demostrador Radar ubicado en la Estación Radionaval de Santorcaz.
- Red de Telescopios en diversas ubicaciones y bajo diferente dependencia.

Por su parte, el Ministerio de Defensa tiene gran relevancia en la evolución de las actividades SST. La IG-10-03 del Jefe del Estado Mayor del Aire (EMA) que desarrolla la estructura orgánica, funciones y relaciones del Mando Aéreo de Combate establece como una de las funciones de ese Mando: "llevar a cabo la vigilancia y control del espacio aéreo de soberanía, responsabilidad e interés nacional, y la vigilancia del espacio exterior, detectando e identificando los objetos que orbitan la Tierra y, en caso de que la reentrada de éstos suponga un riesgo, estar preparado para emitir una alerta al sistema nacional de protección civil". Recientemente, en 2018, se ha creado en la estructura orgánica del EA el germen para la creación del futuro Centro de Operaciones de Vigilancia Espacial (COVE) dependiente de la Jefatura del Sistema de Mando y Control (JSMC) del EA.



Figura 22 - Radar de Vigilancia Espacial (Base Aérea de Morón). Fuente: INDRA

Según el EMA, el objetivo del COVE es adquirir la capacidad de conocer un Espacio cada vez más congestionado, disputado y competitivo y asimismo predecir los riesgos que puedan afectar a los activos espaciales españoles, tanto civiles como militares, para así evitar o minimizar sus efectos.

El CDTI ha liderado el S3TOC operado con fondos UE y bajo contrato con la industria. En un futuro se establecerán los correspondientes acuerdos con el EA para aprovechar sinergias y evitar duplicidades en la actividad de operación y mantenimiento de activos S3T.

Se espera una fase de transición desde la actual capacidad nacional SSA/SST, cuya base son los activos del Programa S3T operado por la industria, hasta la operación dual en el marco de un Programa Nacional en el que cooperen los tres Departamentos involucrados en las actividades SSA/SST nacionales (MINISDEF, MINCOTUR y MINCIU) y en el que encontrar el pilar de la capacidad de vigilancia espacial de la Defensa con operación propia.

ANEXO 3: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD APLICADO A LA METODOLOGÍA AHP

Se recoge en este Anexo el detalle del análisis de sensibilidad aplicado al análisis mediante la metodología AHP empleada en el TFM. Se trata de comprobar que la jerarquización de las alternativas obtenida es estable frente a pequeñas variaciones en el peso de los criterios.

Se procede por ello a analizar los resultados que se obtienen en la ordenación de las tres alternativas en los siguientes casos:

- Caso 1: Ligero incremento del peso en el criterio COSTE (del 19% a 23%).
- Caso 2: Ligero incremento del peso en el criterio PLAZO (del 5% al 10%).
- Caso 3: Ligero incremento del peso en el criterio BENEFICIO DERIVADO (del 14% al 18%).
- Caso 4: Ligero descenso en peso en el criterio de mayor peso (OPERACIÓN, del 62% al 51%) y ligero incremento del peso en el 2º criterio en peso (COSTE, del 19% al 23%).

En el análisis del TFM los pesos de los criterios aplicados y la ordenación de alternativas obtenida fue la siguiente:

MATRIZ DE DECISIÓN					
CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	AP	APP	AE	
OPERACIÓN	0.62	0.49	0.45	0.06	
+ Independencia	0.25	0.49	0.44	0.08	
+ Requisitos	0.75	0.49	0.45	0.06	
COSTE	0.19	0.06	0.29	0.65	
PLAZO	0.05	0.07	0.15	0.78	
BENEFICIOS	0.14	0.48	0.47	0.06	
+ BTID	0.83	0.47	0.47	0.05	
+ Coop Internacional	0.17	0.49	0.44	0.08	
		0.39	0.41	0.21	

Figura 15 – Matriz de decisión obtenida en el análisis AHP. Elaboración Propia

Se presenta la resolución de la matriz de decisión para los casos planteados en el análisis de sensibilidad (AS):

- CASO 1: Ligero incremento del peso en el criterio COSTE (del 19% a 23%)

MATRIZ DE DECISIÓN					
CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	AP	APP	AE	
OPERACIÓN	0.56	0.49	0.45	0.06	
+ Independencia	0.25	0.49	0.44	0.08	
+ Requisitos	0.75	0.49	0.45	0.06	
COSTE	0.23	0.06	0.29	0.65	
PLAZO	0.05	0.07	0.15	0.78	
BENEFICIOS	0.15	0.48	0.47	0.06	
+ BTID	0.83	0.47	0.47	0.05	
+ Coop Int	0.17	0.49	0.44	0.08	
		0.37	0.40	0.24	

Figura 23 - Matriz de decisión Caso 1 (AS). Elaboración Propia

- CASO 2: Ligero incremento del peso en el criterio PLAZO (del 5% al 10%)

MATRIZ DE DECISIÓN		PESOS	AP	APP	AE
OPERACIÓN	0.57	0.49	0.45	0.06	
+ Independencia	0,25	0,49	0,44	0,08	
+ Requisitos	0,75	0,49	0,45	0,06	
COSTE	0.20	0.06	0.29	0.65	
PLAZO	0.10	0.07	0.15	0.78	
BENEFICIOS	0.13	0.48	0.47	0.06	
+ BTID	0,83	0,47	0,47	0,05	
+ Coop Int	0,17	0,49	0,44	0,08	
		0.36	0.39	0.25	

Figura 24 - Matriz de decisión Caso 2 (AS). Elaboración Propia

- CASO 3: Ligero incremento del peso en el criterio BENEFICIO DERIVADO (del 14% al 18%)

MATRIZ DE DECISIÓN		PESOS	AP	APP	AE
OPERACIÓN	0.60	0.49	0.45	0.06	
+ Independencia	0,25	0,49	0,44	0,08	
+ Requisitos	0,75	0,49	0,45	0,06	
COSTE	0.16	0.06	0.29	0.65	
PLAZO	0.06	0.07	0.15	0.78	
BENEFICIOS	0.18	0.48	0.47	0.06	
+ BTID	0,83	0,47	0,47	0,05	
+ Coop Int	0,17	0,49	0,44	0,08	
		0.39	0.41	0.20	

Figura 25 - Matriz de decisión Caso 3 (AS). Elaboración Propia

- CASO 4: Por último, se hace una aproximación entre los criterios de mayor peso, esto es, ligero descenso en peso en el criterio de mayor peso OPERACIÓN (del 62% al 51%) y ligero incremento del peso en el 2º criterio en peso COSTE (del 19% al 23%)

MATRIZ DE DECISIÓN		PESOS	AP	APP	AE
OPERACIÓN	0.51	0.49	0.45	0.06	
+ Independencia	0.25	0.49	0.44	0.08	
+ Requisitos	0.75	0.49	0.45	0.06	
COSTE	0.23	0.06	0.29	0.65	
PLAZO	0.07	0.07	0.15	0.78	
BENEFICIOS	0.19	0.48	0.47	0.06	
+ BTID	0.83	0.47	0.47	0.05	
+ Coop Int	0.17	0.49	0.44	0.08	
		0.36	0.40	0.25	

Figura 26 - Matriz de decisión Caso 4 (AS). Elaboración Propia

De esta forma, se observa que, en los cuatro casos estudiados, ligeros incrementos en la variación de los pesos de los criterios siguen otorgando a las alternativas la misma ordenación, ello permite reforzar la validez del análisis AHP en términos de sensibilidad.