



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio de Viabilidad y Diseño de sensores en red que integren los distintos Sistemas de Información y Vigilancia del Campo de Batalla del E.T.

Autor/es

Carlos Barquín Portillo

Director/es

Carlos Enrique Cajal Hernando
Rubén Darío Pérez Martín
Javier Jesús Nicolás Gomariz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2015

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1	Contexto del trabajo.....	7
1.2	Objetivos y alcance del proyecto	8
1.3	Antecedentes.....	8
1.4	Metodología.....	10
2	ESTUDIO DE REQUERIMIENTOS.....	11
2.1	Estructura de desglose de trabajo.....	11
2.2	Análisis de mercado.....	11
2.3	Recopilación de necesidades de los usuarios finales.....	12
2.4	Requerimientos técnicos.....	13
2.5	Concepto del sistema de vigilancia	16
3	ESTUDIO DE POSIBLES MEDIOS Y EQUIPOS DEL SISTEMA.....	17
3.1	Autonomía energética.....	17
3.2	Compresión de vídeo.....	18
3.3	Cámaras diurnas	18
3.4	Sensores pasivos IR.....	19
3.5	Sensores y cámaras térmicas.....	19
3.6	Soporte físico y posibilidad de control remoto.....	20
3.7	Transmisión de información sensores – base patrullas.....	20
3.8	Transmisión de información base patrullas – puesto de mando.....	20
3.9	Otros aspectos relevantes	20
4	EVALUACIÓN DE ALGUNOS EQUIPOS	24
4.1	Integración CASCAM en Notebook.....	24
4.2	Integración de Cámara de Vídeo comercial Panasonic con Transmisores FPV en Pantalla táctil	24
4.3	Cascam con pantalla táctil y gafas de visualización	25
4.4	Cámara panasonic integrada con notebook de cascam y gafas de visualización.....	25
4.5	Integración cámara térmica flir con pantalla táctil y gafas de visualización	25
4.6	Cámara tipo domo vehicular, pantalla táctil.....	25
5	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	27
6	BIBLIOGRAFÍA.....	28
7	ÍNDICE DE FIGURAS.....	29
8	ANEXOS.....	31

Estudio de viabilidad y diseño de sensores en red que integren los distintos sistemas de información y vigilancia del campo de batalla del E.T.

AGRADECIMIENTOS

La presente memoria no podría comenzar de otra forma que mediante un profundo agradecimiento hacia todo el personal del Mando de Operaciones Especiales del Ejército de Tierra (MOE), Unidad en la que realicé mi período de Prácticas Externas, cuyo grado de interés y entusiasmo en el proyecto ha facilitado sobremanera el desarrollo del mismo.

Desde el comienzo de este estudio, todo el personal de la Unidad se mostró volcado en la colaboración con mi trabajo y con mi aprendizaje en esta y otras muchas materias del mundo de las Transmisiones, Operaciones Especiales y la vida y el trabajo en una Unidad de nuestro Ejército con una calidad excepcional en todos los sentidos. Gracias a todos ellos por dedicarme parte de su valioso tiempo. Por motivos de seguridad, no se incluyen los nombres completos del personal del MOE mencionado.

En primer lugar, agradecer a mi Director militar en este proyecto, Capitán Pérez, y a mi Subdirector militar, Teniente Nicolás, así como a todos los componentes de la Compañía de Transmisiones del MOE sin excepción, por su ayuda, su dedicación y su seguimiento constante desde el primer momento en el trabajo. También una especial mención a mi Director académico, Profesor Dr. Carlos E. Cajal Hernando, por su continuo apoyo y su altísimo grado de involucración en el presente trabajo.

Por otra parte, agradezco profundamente la utilísima ayuda a la hora de recopilar información, material y conocimientos que he recibido a la siguiente relación de personal en la Unidad:

Teniente Coronel del Castillo, Jefe del GCG, por su continua atención sobre el desarrollo del trabajo desde mi primer día de Prácticas en la Unidad.

Al Teniente Coronel Gutiérrez (Jefe GOE III), Teniente Coronel Lucas (Jefe GOE XIX) y al Comandante Mateo (Jefe GOE IV durante mi estancia en Prácticas), por facilitarme y ofrecerme siempre el acceso a actividades y a entrevistas con personal de sus respectivos GOE's en horario de trabajo con total confianza.

Al personal de G6, por su paciencia y su interminable ayuda en forma de explicaciones sobre medios CIS y propuestas para el TFG.

A la UINT. Su ayuda y la información de ellos obtenida, así como la asistencia al curso "Full Motion Video" por ellos impartido, fueron utilísimos.

A la UEXP del GCG, por recibirme en su complicado horario trabajo y facilitarme datos y material de alto valor para el tema de estudio del TFG, sobre todo relacionado con medios de obtención y sensores.

Capitán Canedo, GOE XIX. Su disponibilidad y su experiencia, así como el material y la información por él proporcionados, fueron esenciales a la hora de comprender aspectos técnico-operativos del tema objeto de estudio.

Sargento 1º Baena, UOE del GCG. Por el material e información prestados derivados de su experiencia y prácticas ya realizadas en Patrullas de Reconocimiento Especial (PRE's).

Y finalmente, por ayudarme a comprender el funcionamiento y vida de las Unidades de Operaciones Especiales durante mi estancia en el MOE en Prácticas Externas, quiero hacer una merecida mención a los siguientes miembros de la Unidad: Capitán Bustos (GOE IV), Capitán del Río (GOE IV), Teniente Lorente (GOE IV), Teniente Valencia (GOE IV), Teniente Bielsa (GOE IV), Teniente Gozalo (GOE III), Teniente Sarmiento (GOE III), así como a todo el personal de la COE de Instrucción.

A todos gracias por acogerme como uno más en todo momento.

RESUMEN

La información precisa, de calidad y en tiempo real es, en las operaciones militares actuales, una demanda que poco a poco está materializándose en una realidad gracias a los avances tecnológicos en imagen y sistemas CIS (*Communication and Information Systems*). En numerosas ocasiones, el éxito de una operación puede depender del grado de exactitud y la rapidez con que el Mando dispone de los datos necesarios.

El presente proyecto desarrolla, gracias al conocimiento recopilado en el Mando de Operaciones Especiales (MOE) a partir de prácticas y de experiencias del personal de dicha Unidad en misiones, maniobras, investigación y material disponible, un sistema de vigilancia del campo de batalla basado en sensores y en la transmisión de la información obtenida en tiempo real en el marco de Patrullas de Reconocimiento Especial (PRE's) en unidades de Operaciones Especiales.

A continuación se detalla el proceso de evaluación de todas las necesidades y factores relevantes que determinan el diseño y estudio de viabilidad de dicho sistema, con el cual no sólo se pretende agilizar el desarrollo de una misión de vigilancia del campo de batalla en el ambiente de las Operaciones Especiales, sino además, de implementar las ventajas actuales de los sectores de telecomunicaciones y electrónica, que encontramos tanto en el mercado civil como en el militar, para lograr la obtención de información de la manera más rápida, segura y precisa posible.

En primer lugar, mediante un sencillo estudio de mercado, la realización del desglose de las actividades e hitos de las que se compone el proceso de desarrollo del trabajo y el estudio de requerimientos demandados, se hace posible la materialización de la ya mencionada evaluación de las necesidades de los usuarios finales y la construcción de un concepto del sistema de vigilancia objeto de estudio.

Posteriormente, se propone una búsqueda y selección de medios necesarios, de acuerdo con sus especificaciones técnicas, que se considerarían apropiados para la consecución de los objetivos de vigilancia y captación de información en posibles diversos ambientes y condiciones. Por ello, este apartado se subdivide en cada tipo de medio que podría ser empleado: la cuestión de la autonomía energética del sistema, posible compresión de vídeo, sensores diurnos, infrarrojos y térmicos, soporte físico y posibilidad de control remoto y aspectos relativos a la transmisión de la información adquirida.

En el siguiente punto del trabajo realizado, se detallan algunas prácticas de interconexión realizadas con personal del MOE, empleando medios y sistemas disponibles en la Unidad. Con ello no sólo se pone de manifiesto que existe ya una orientación de trabajo en la Unidad hacia el campo de estudio tratado, sino que además se comprueba que los mismos equipos disponibles pueden ser perfectamente empleados en el sistema evaluado.

Por último, se desarrolla un listado de conclusiones derivadas del estudio de viabilidad desarrollado y se propone una serie de líneas futuras a tratar con las que dar continuidad a aspectos relativos a la consecución del proyecto demandado.

1 INTRODUCCIÓN

La siguiente memoria presenta los trabajos del Trabajo Fin de Grado del grado de Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Su título es *“ESTUDIO DE VIABILIDAD Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE SENSORES EN RED QUE INTEGRE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN Y VIGILANCIA DEL CAMPO DE BATALLA EXISTENTES EN EL ET”* y ha sido desarrollado por el CAC. de Transmisiones Carlos Barquín Portillo.

1.1 Contexto del trabajo

El resultado de la presente memoria será de aplicación única y exclusivamente a unidades de Operaciones Especiales, en el marco operativo de Patrullas de Reconocimiento Especial (PRE's) en escenarios diversos, como puede apreciarse en las Figuras 1 y 2, teniendo en cuenta las misiones, ambientes y conflictos internacionales en que actualmente el personal del MOE ha sido o se encuentra desplegado.

Una de las misiones más habituales de las unidades de operaciones especiales es la de obtención de información. Uno de sus procedimientos consiste en la infiltración tras las líneas enemigas para establecer un puesto de observación a caballo de una línea de comunicación. Desde ese punto vigilan la misma transmitiendo todo movimiento observado mientras dure la misión. Este tipo de vigilancia está *“englobado dentro del denominado reconocimiento especial”* [1].

Según el Comandante D. Félix Alvear de Gregorio en su monografía *“Inteligencia de Imágenes (IMINT): capacidades actuales y futuras en las Fuerzas Armadas Españolas”*: *“la vigilancia se define como la observación sistemática del espacio aéreo, de la superficie o áreas bajo la misma, de lugares, persona o cosas por los medios visuales, electrónicos, fotográficos y acústicos”* [2].



Figura 1. Ejemplos de posiciones enmascaradas con elementos de obtención de imágenes.



Figura 2. Vigilancia de una edificación en medio rural.

En esta modalidad de misión, un Equipo Operativo se convierte en un valiosísimo recurso de obtención de inteligencia gracias a su capacidad para ser desplegado en ambientes en los que otras unidades no podrían adaptarse y a su flexibilidad.

Flexibilidad en cuanto a la enorme variedad de objetivos susceptibles de estudio y vigilancia, terreno, enemigo, medios propios, tiempo disponible y ambiente. Estas labores de vigilancia pueden desarrollarse en los más diversos escenarios: vigilancia rural, urbana, montaña invernal, etc. La finalidad de la misión también es variable; ésta puede extenderse desde el simple control de un área concreta hasta la identificación positiva de personal armado o de individuos específicos en una edificación.

Cabe destacar el hecho de que, actualmente, y a pesar de que las TTP's (Técnicas, Tácticas y Procedimientos) para PRE's están evolucionando hacia el concepto de uso de sensores y cámaras "desatendidos" para llevar a cabo la captación de inteligencia desde una posición enmascarada debido a los avances tecnológicos, el factor humano en este tipo de misión es insustituible. Es decir, por muy técnicos y precisos que los medios CIS y de sensores de captación de imagen disponibles por el Equipo Operativo sean, siempre será necesaria la existencia de un operador que controle la situación, el entorno, la seguridad y la propia transmisión de los datos obtenidos.

Los medios dedicados a este tipo de sistemas pueden clasificarse en: sensores fotográficos, electroópticos, infrarrojos y térmicos [3].

1.2 Objetivos y alcance del proyecto

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la viabilidad y el posterior desarrollo de un sistema de vigilancia de objetivos mediante la implementación de medios CIS (*Communication and Information Systems*) que permitan llevar a cabo la obtención de vídeo tanto en ambiente diurno como nocturno y la transmisión de esta información en tiempo real.

Como objetivos más específicos, se distinguen los siguientes atendiendo a las diversas partes de que consta el presente estudio de viabilidad y de diseño: un análisis detallado de necesidades y prescripciones técnicas demandadas, una búsqueda de medios acordes con dichas prescripciones en el mercado y que se adapten a las diferentes situaciones en que el sistema de vigilancia objeto de estudio pueda ser empleado, y por último, la realización de pruebas con material disponible en la Unidad interesada con el fin de estudiar posibles implementaciones y configuraciones de dicho sistema.

El Alcance de este proyecto quedará limitado a la recopilación de las prescripciones técnicas que se derivan de las necesidades de los usuarios finales, a la transformación de dichas necesidades y especificaciones en requerimientos técnicos y a la búsqueda de posibles medios que mejor se adapten técnica y operativamente al cumplimiento de la misión en las condiciones variables en que ésta se pueda desarrollar.

1.3 Antecedentes

El presente trabajo se centra en la realización de un análisis técnico concreto en la fase de obtención en el proceso de elaboración de inteligencia.

De acuerdo con el Comandante D. Gonzalo Díez de Tejada Montero de Espinosa en su trabajo "Vigilancia y Reconocimiento del Campo de Batalla", *"la fase de obtención es la fase en la que se ejecutan las misiones planeadas durante la fase de dirección, con el fin de conseguir la información necesaria para poder elaborar inteligencia"* [4].

Dicha fase de obtención, en la que se realizan las labores de reconocimiento y vigilancia, finaliza con la transmisión de la información a los órganos de elaboración de inteligencia, la cual numerosas veces se realiza en tiempo real.

Existe además, una serie de factores que pueden conformar dificultades añadidas en este tipo de misiones.

En primer lugar, los ambientes en los que el personal del Mando de Operaciones Especiales (MOE) desarrolla este tipo de misiones, actualmente, en Zona de Operaciones, se caracterizan por su complejidad en diversos factores: en lo cultural, étnico y religioso, en lo económico, político y en lo militar. Los escenarios en los que un equipo debe desarrollar labores de vigilancia presentan inconvenientes y factores que deben ser tenidos en cuenta aparte de lo meramente táctico y estratégico. La población local, por ejemplo, presenta un punto de riesgo añadido: una población sumida en pobreza extrema, regida más por milicias y grupos armados de diversa índole que por prácticamente inexistentes fuerzas del orden estatales, pero poseedora de armamento y dispositivos de telefonía móvil con los que informar a dichos grupos, un inconveniente que el personal de una PRE debe asumir es el escrupulosísimo enmascaramiento del material y los medios, no ya sólo para garantizar el éxito de la misión de vigilancia, sino por el hecho de que la población autóctona recoge cualquier objeto o dispositivo, por inútil que parezca, si lo considera susceptible de aprovechamiento propio.

Por otro lado, es importante considerar el hecho de que, a pesar de que se han realizado prácticas en Zona de Operaciones por personal del MOE orientadas hacia el objeto de estudio del presente trabajo, es necesario recalcar que no existe documentación normalizada a día de hoy sobre un sistema específico que reúna todas las características de empleo de sensores y medios de captación de información en red, transmisión de los datos en tiempo real, grado alto de autonomía energética, integración completa de sensores con medios CIS para realización de transmisión de los datos. Por tanto, la presente memoria ha sido realizada por medio de estudios de medios y materiales disponibles tanto en la Unidad interesada, el MOE, como en el mercado civil y militar, estudio de necesidades por parte de personal de la Unidad experimentado en el tema de trabajo y a través de la recopilación de requisitos técnicos derivados de las demandas de los posibles usuarios finales.

No obstante, la creciente demanda de rapidez y precisión en la inteligencia en operaciones, unida a la evolución científico-técnica de los medios CIS en el mercado, hacen que la implementación de este tipo de sistemas sea de un elevado interés para el Mando.

En cuanto a reglamentación sobre vigilancia, destacan, a nivel OTAN, El AJP-2 "*Allied joint intelligence, counter intelligence and security doctrine*" como la publicación de mayor nivel en el que viene definido el concepto de vigilancia.

El AJP 2-7 "*Allied joint doctrine for reconnaissance and surveillance*" dedica un capítulo entero a capacidades, características y limitaciones.

En cuanto a reglamentación en las Fuerzas Armadas (FAS) españolas, en el OR5-009 "Orientaciones. Procedimientos de inteligencia, contrainteligencia y seguridad" se define la vigilancia dentro de los procedimientos de obtención de inteligencia [5].

Finalmente, merece la pena recalcar que en el marco económico, técnico y científico actual, la variedad de medios con que un sistema de las características que se estudian a continuación serían adquiridos prácticamente en su totalidad en el mercado civil, por estar más desarrollado técnicamente y por la amplísima gama de productos que nos puede ofrecer, siendo estos medios posteriormente adaptados a nuestro interés operativo para el adecuado cumplimiento de la misión. Así, se ha estudiado una serie de conceptos técnicos desde el punto de vista del interés de las posibles circunstancias en que el uso de un sistema de este tipo tuviese lugar: nitidez, precisión, anchos de banda de transmisión, analógico vs digital, valoración de empleo de medidas de guerra electrónica (EW) y protección de la información, peso, dimensiones, coste, etc.

1.4 Metodología

La estructura del proyecto, como se ha definido anteriormente en el Alcance del mismo, consta de tres partes bien diferenciadas que permiten, de manera progresiva y estructurada, analizar la viabilidad de la consecución del sistema de vigilancia del campo de batalla demandado. Estas partes son: extracción de las necesidades del cliente, transformación de dichas necesidades en requerimientos técnicos para su estudio y, finalmente, realización de una búsqueda de medios y equipos tanto en el sector militar como en el civil cuya integración en el sistema se adapte a las especificaciones técnicas.

Es importante tener en cuenta que, antes de comenzar con cualquier posible implementación de un sistema de vigilancia sobre el que aún no hay nada formalmente regulado, a petición de un cliente, en este caso el MOE del Ejército de Tierra, es preciso llevar a cabo una adecuada extracción de necesidades y demandas e incluso, en los casos practicados por personal especializado, lecciones aprendidas, con las que desde un primer momento determinar el concepto del proyecto que se va a realizar.

2 ESTUDIO DE REQUERIMIENTOS

Esta parte del presente trabajo se constituye a partir de una serie de entrevistas con personal especializado en diversas áreas del tema de estudio abarcado y el uso de una serie de herramientas de calidad que permiten la paulatina valoración de la viabilidad de los factores que conformarán el sistema futuro que se pretende desarrollar.

2.1 Estructura de desglose de trabajo

El objetivo perseguido con la creación de la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) es el de “*descomponer jerárquicamente el trabajo a realizar para lograr los objetivos del proyecto, orientado a entregables, y hasta llegar a nivel de paquetes de trabajo*” [6].

En la EDT desarrollada puede apreciarse la secuencia de hitos planificada y seguida a la hora de completar paso a paso el trabajo. Ver **Anexo A**.

Una parte fundamental de la documentación es el “Project Charter” o “Acta de Constitución del Proyecto”, con la cual se consigue elaborar un compendio de la información general y las restricciones del trabajo tratado, se puede consultar detalladamente en el **Anexo B** [7].

2.2 Análisis de mercado

Como quedaba anteriormente expuesto en el apartado del Alcance y Objetivos del Proyecto, el presente tema de estudio ha sido originado a partir de dos hechos trascendentales de la actualidad: la necesidad de información precisa y de calidad en tiempo real para las operaciones como apoyo importante para la decisión y el acusado avance tecnológico, así como mayor facilidad de acceso, experimentado en el sector civil en medios CIS, electrónica y obtención de imagen.

Según la investigación realizada, no existe actualmente un sistema de vigilancia concreto que constituya el “kit perfecto y específico” para realizar misiones de esta índole, dadas las condiciones cambiantes en que éstas se desenvuelven. Por ello, desde unidades militares dedicadas a labores de reconocimiento y vigilancia hasta usuarios particulares, se centran en la organización, gestión y adquisición de una serie de medios que mejor se adaptan a sus necesidades.

El presente análisis de mercado, enfocado hacia la coyuntura en que se desarrolla el presente trabajo y hacia las posibles demandas del cliente, se expone a continuación mediante la realización de la herramienta de gestión de la calidad en Ingeniería de Organización Industrial de la Matriz DAFO.

El método de la Matriz “DAFO” (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades), nos permite estudiar en un primer momento la viabilidad de un proyecto, con la contraposición de los factores que se integran en cada una de las cuatro clases.

De esta forma, podemos evaluar a simple vista cuáles son los puntos débiles del estudio, con el fin de solventarlos por medio de nuestras Fortalezas, y cuáles son los factores que amenazan al éxito del trabajo, para poder equilibrarlos mediante las Oportunidades que nos ofrece el mercado.

De acuerdo con la matriz (**Anexo C**), podemos deducir que el proyecto presenta ciertos factores que podrían hacerlo viable, dado que personal del MOE ha realizado prácticas de observación y vigilancia con medios ópticos en red en PRE’s en Zona de Operaciones, por lo que existen antecedentes tanto prácticos como, muy importante, técnicos, que suponen una ventaja a la hora de desarrollar un sistema de este tipo. Además, la existencia de una alta variedad de productos relacionados en el sector civil hace que la posibilidad de desarrollo se incremente.

No obstante, como puede observarse, la respuesta final sobre la viabilidad del producto la dará el estudio técnico-operativo que resulte de la solución técnica de aquellas restricciones que demandan los usuarios finales [9].

2.3 Recopilación de necesidades de los usuarios finales

Antes de poder comenzar a definir el concepto del proyecto que se pretende desarrollar, al constituir un estudio demandado por un cliente en concreto, el primer paso consiste en desarrollar la extracción de las necesidades y requerimientos a los que éste pretende dar solución con el sistema de vigilancia.

Más adelante, estas necesidades se traducirán en una lista de requerimientos técnicos con los que construir el concepto del sistema que se plantea estudiar en la presente memoria, y se estudiara la posibilidad de su implementación.

Estas necesidades fueron recopiladas a partir de personal especializado en la materia de estudio que se trata, por medio de entrevistas, en concreto con S3 (Sección de Operaciones) de la Plana Mayor del GOE XIX, la unidad de Experiencias (UEXP) del Grupo de Cuartel General, la Unidad de Inteligencia (UINT) del Grupo de Cuartel general (GCG), personal de la Unidad de Operaciones Especiales (UOE) del GCG y G6 (Sección Información y Sistemas de Telecomunicaciones) de Cuartel general (CG), en el Mando de Operaciones Especiales (MOE), la Unidad interesada. También se extrajo información a partir de empresas civiles dedicadas al sector de vigilancia con empleo de sensores para el sector militar e industrial: Flir, Indra, Visiotech e Infaimon [10].

Los conceptos fundamentales para la consecución de los objetivos del proyecto, derivados de este proceso de búsqueda y entrevistas son los que se exponen a continuación.

- **Autonomía Energética:** es una necesidad importante para un sistema que va a emplear, sobre el terreno, sensores y dispositivos electrónicos. El personal que lleva a cabo una PRE puede estar haciendo uso del material durante un espacio temporal que puede extenderse desde horas hasta varios días de vigilancia.
- **Tipo de Imagen:** la Unidad se muestra interesada por la captación de datos de imagen vídeo mediante cámaras y sensores de distintos tipos y características (incluso un simple teléfono móvil podría considerarse un dispositivo de adquisición de información si cuenta con los elementos adecuados para ello). Imagen vídeo diurna, nocturna IR y, si las circunstancias lo permiten, imagen térmica. Y que los sensores puedan ser activados y desactivados cuando los usuarios lo determinen.
- **Resolución de Imagen:** interesa una resolución de imagen media, que permita hacer la distinción de siluetas y armamento.
- **Posibilidad de Realización de Ajustes sobre el enfoque y posición de los Sensores de forma Remota:** a pesar de la complejidad técnica que este factor puede integrar, los usuarios finales estarían interesados en la capacidad, si cabe, de realizar pequeños ajustes en el ángulo de visión y posición de los sensores desde la propia posición en que se localiza el personal de la patrulla que opera el sistema. Debido a circunstancias ambientales (meteorología, fauna, población local, movimiento del sensor inconscientemente con el equipo por parte del personal operador tras colocarlo y cualquier otro factor), sería necesario este control a fin de garantizar la seguridad de la misión, al no tener que implicar a personal que se descubra por movimiento y desenmascaramiento para recolocar manualmente los sensores.
- **Volumen y Peso:** éstos han de ser reducidos. El Equipo encargado de realizar la PRE deberá portar consigo todos los medios necesarios para poner en funcionamiento el sistema, además de material propio y medios propios para hacer vida durante el tiempo que dure la misión.
- **Transmisión de la Información en Tiempo Real:** necesidad importante en el sistema objeto de estudio. Debe valorarse si es viable la realización de la transmisión de los datos en tiempo real o si, por las circunstancias, sólo puede desarrollarse la capacidad de almacenar la información adquirida en dispositivos de memoria recuperables. Se requiere que los sensores o cámaras que conforman el elemento de vigilancia permitan configurar la velocidad de imagen de vídeo captada (frames/s) y el tamaño de imagen

(resolución), con el fin de aprovechar de la mejor manera posible el ancho de banda del que se disponga y las circunstancias de la misión, que pueden ser muy cambiantes a lo largo de la misma. Así podremos optimizar las condiciones de la transmisión y de la posible compresión de los datos captados.

- **Protección:** resistencia a golpes, tierra y estanqueidad. Respecto al factor de la estanqueidad y la protección frente a la introducción de materiales externos en los mecanismos de los dispositivos que integran el sistema, es interesante la consideración del estándar de Grado de Protección IP (del inglés *Ingress Protection*), muy empleado en el sector de sensores y de la electrónica, y que mediante un código alfanumérico estandarizado clasifica las diferentes formas de protección frente a agentes externos. La clasificación para protección frente al acceso de cualquier partícula de polvo ni de agua en inmersión de 1 metro se denomina IP67 [8].
- **Precio:** el precio total del sistema debe ser asequible para la Unidad, y aunque se desconoce el presupuesto de la misma, se tratará de minimizar teniendo en cuenta las necesidades y medios específicos que compondrán el resultado del estudio. En este punto relacionado con lo anterior, entramos a valorar finalmente si nos conviene más la adquisición de medios de calidad excesiva o una mayor cantidad de medios de calidad media. Dadas las necesidades actuales, los usuarios se inclinan hacia la segunda.

Mediante el Diagrama de Kano (**Anexo D**), podemos clasificar aquellas necesidades que los usuarios finales del producto pretenden satisfacer con éste, según su importancia. Se trata también de estudiar aquellas necesidades serían esenciales para que el producto se introdujese en el mercado.

Puesto que lo que se busca conseguir no es el desarrollo de un producto de uso común para su comercialización, sino de cubrir una serie de requerimientos interesantes para el trabajo de los Equipos Operativos, esta clasificación resulta interesante para saber cuáles serán las prescripciones técnicas más valoradas en el futuro y dónde tendremos que centrar el esfuerzo principal del trabajo.

En un análisis de Kano simple, distinguimos tres clases de requisitos:

- **Requisitos de Calidad Básica:** los más triviales para los usuarios finales.
- **Requisitos de Calidad Expresados:** los que se esperan del producto, porque la competencia también los proporciona pero que merece la pena resaltarlos.
- **Requisitos de Calidad Sorprendentes:** propiedades que el usuario final no esperaba y que hacen al producto especialmente atractivo.

Es posible que, dado que el objeto del presente trabajo es un campo de estudio incipiente, las que actualmente se constituyen como “Características Sorprendentes”, lleguen a ser “Características Básicas” en un futuro no muy lejano ante el desarrollo de la tecnología [11].

2.4 Requerimientos técnicos

A continuación se expone la relación de requerimientos técnicos extraídos a partir de las necesidades de los usuarios finales del sistema demandado, teniendo en cuenta las circunstancias en que éste sería empleado.

- **Autonomía Energética:** 4 ó 5 días. Las misiones de vigilancia desempeñadas por una Patrulla de Reconocimiento Especial (PRE) pueden requerir de un mínimo de 24 horas de vigilancia.
- **Tipo de imagen:**
 - Visión diurna de resolución media a ser posible modificable sobre el terreno.
 - Visión nocturna no detectable: necesitaremos cámara infrarroja (IR) de sensor pasivo, con una alta sensibilidad a la luz. Lo idóneo sería contar con cámaras del tipo Presentco con objetivo de 0'0003 lux [12].

- **Visión Térmica:** se estudiará posteriormente la conveniencia de integrar sensores de visión térmica en el sistema, debido, ante todo, al precio de los dispositivos de este tipo, que podría ser elevado.
 - **Contenido de la Imagen:** se requiere la distinción de siluetas y armamento. Pero hay una serie de parámetros que se deben analizar.
 - **Campo de Visión:** disponemos de tres alternativas: “vista normal”, que correspondería a un visor con el que adquirir la panorámica natural del ojo humano; “telefoto”, siendo el idóneo a la hora de ganar una resolución que nos permita distinguir mejor el detalle de la imagen, al disponer de un objetivo más estrecho que el anterior; y el “gran angular”, objetivo más ancho y, por tanto, con mayor campo de visión (“ojo de pez”). Nos interesa un campo de visión de “vista normal”. Incluso, dependiendo del posterior estudio de las prescripciones técnicas, nos interesaría utilizar sensores del tipo “telefoto”. No interesa tanto el uso de zoom.
 - **Distancia entre el dispositivo de grabación y el objetivo enemigo:** los Equipos Operativos tienen en cuenta que, dados los ambientes en que se desarrollan las misiones actuales (de pobreza generalizada), donde la población recoge cualquier cosa que a nosotros nos podría parecer inservible para llevársela a su casa, interesa una posición lejana, oculta y a ser posible situada en un punto alto (como casas o edificios). Lo teórico serían entre 60 y 65 m. Y como máximo, entre 150 y 200 m.
 - **Calidad de Imagen:** para la distancia especificada anteriormente, si queremos distinguir claramente siluetas (e incluso caras) y armamento, necesitamos un mínimo de 14 Megapíxeles.
 - **¿Iris Manual o Automático?:** dado que el sistema no será utilizado, por regla general en interiores, interesa una adaptación luminosa automática. Iris (también denominado “diafragma”) automático.
 - **Posibilidad de Realización de Ajustes sobre el enfoque y posición de los Sensores de forma Remota:** requerimiento de movimiento en el elemento de vigilancia: dos grados de libertad.
 - **Volumen y Peso:** no deberían superarse los 8 kg de peso de todo el sistema. En cuanto al volumen de los componentes, hay que tener en cuenta que estos medios serán cargados en el equipo del personal de una patrulla, por lo que los componentes no deberían exceder las dimensiones de: 10 cm de largo x 8 cm de ancho x 20 cm de alto.
 - **Transmisión de la Información en Tiempo Real:** se especifica más adelante en el estudio de posibles medios con los que realizar esta función.
- Protección:** debemos tener en cuenta que los dispositivos de adquisición de imagen vídeo serán enmascarados en diversas situaciones, siendo algunas de ellas bajo el agua o bajo tierra. Por tanto, se valora más la adquisición de equipos civiles de calidad media, más baratos (lo cual nos permitiría realizar la compra de un mayor número de éstos) y, así, menos difíciles de reemplazar ante su pérdida o destrucción. Nos basta con que los medios sean “water-proof”, grado de protección IP de IPX7 para agua. El grado de protección frente a la introducción de agua y partículas de polvo es IP67 [13].
- **Precio:** un precio aceptable para un kit que incluyese cámara/sensor y sistema de transmisión del vídeo sería alrededor de 1000’00 € [14].
 - **Otras consideraciones:** Lo más conveniente sería un rugerizado militar de los equipos, dado que este factor aumentaría tanto los precios como el volumen y el peso de los equipos, que deben ser portables y recuperables por los miembros de un Equipo

Operativo, con el fin de no dejar indicios o información acerca de la misión que ha tenido lugar. El equipo y material debe ser discreto y enmascarable. Por otro lado, respecto a la consideración del uso de cifrado de la información, podría estudiarse el introducir un cifrado de los datos en la transmisión en tiempo real de éstos al mando. Sin embargo, la inclusión de protección contra guerra electrónica (EW) no es una prioridad, dado que los ambientes actuales en que el personal del MOE está desplegado se caracterizan por la pobreza generalizada, y a pesar de la abundancia de armamento y dispositivos de telefonía móvil tipo “smartphones” (con los que se podría detectar, por ejemplo, una red Wi-Fi), la población carece por lo general de medios de EW que puedan afectar.

Además, debe tenerse muy en cuenta que los medios y materiales necesarios deben ser fácilmente enmascarables en el entorno de actuación, lo cual implica colores y formas discretas, sin brillos, tamaño apropiado, etc. En las siguientes figuras se muestran ejemplos de enmascaramiento de personal y material involucrado en labores de vigilancia rural: en la Figura 3 a) puede apreciarse cómo una sección de cable ha sido enmascarada bajo la propia corteza de la vegetación del medio; la Figura 3 b) ofrece un ejemplo de tamaños apropiados, así como de colores, apropiados para el cable empleado; en la Figura 4 aparecen material de observación y operador enmascarados en labores de vigilancia, fotografía tomada a 5 m de distancia.

En la Figura 5 aparece una muestra de sensor de vigilancia enmascarado en carcasa con forma de roca.



Figura 3 a) Detalle de sección de cable enmascarada bajo corteza de árbol. b) Tamaños y colores para cables apropiados.



Figura 4 Material de observación y operador enmascarados en PRE.



Figura 5. Sensor oculto en carcasa enmascarada. También podrían ocultarse bajo el agua.

2.5 Concepto del sistema de vigilancia

A partir de los dos pasos anteriores, la recopilación de necesidades de los usuarios finales y la extracción de los requerimientos técnicos con los que posteriormente orientar la búsqueda de los medios específicos que necesitaremos, podemos construir el concepto de sistema de vigilancia requerido. Debemos tener en cuenta, como ya anteriormente se ha expuesto, que no existe un sistema de vigilancia del campo de batalla único y específico para toda situación o entorno. Con este apartado se pretende conceptualizar la estructura simplificada que una configuración de dicho sistema podría poseer. Sin embargo, debido a la variedad de contextos y marcos operativos en que sería implementado, y dependiendo de los equipos que más se ajustasen a éste, se hace importante considerar el término de “flexibilidad” en lo que a tal concepto se refiere. El empleo y configuración del sistema objeto de estudio, como el uso de cualquier otro equipo, medio o plan de acción, aunque sí debe estar detallado, no es algo rígidamente determinado para toda situación susceptible de cambios.

El sistema se compondrá de tres elementos diferenciados, que se denominarán de la siguiente forma:

- **Elemento de Vigilancia:** sensores y dispositivos de adquisición de información.
- **Base de Patrullas (BP):** área de vida en la que los operadores del sistema recibirán, visualizarán y controlarán los datos captados. Gestionarán aspectos técnicos tales como la imagen, la alimentación energética, la transmisión en tiempo real, etc.
- **Elemento de Transmisión:** elemento gestionado por el personal operador mediante el cual se realiza la transmisión de los datos, en tiempo real, a Puesto de Mando (PC).

De esta forma, tanto los sensores de captación de imagen como los operadores y los medios de transmisión, conformarán una red de adquisición, flujo y control de datos que permitirá su gestión y rápido envío para su posterior transformación en inteligencia.

A continuación, en la Figura 6, se muestra un esquema orientativo de la composición del sistema de vigilancia:

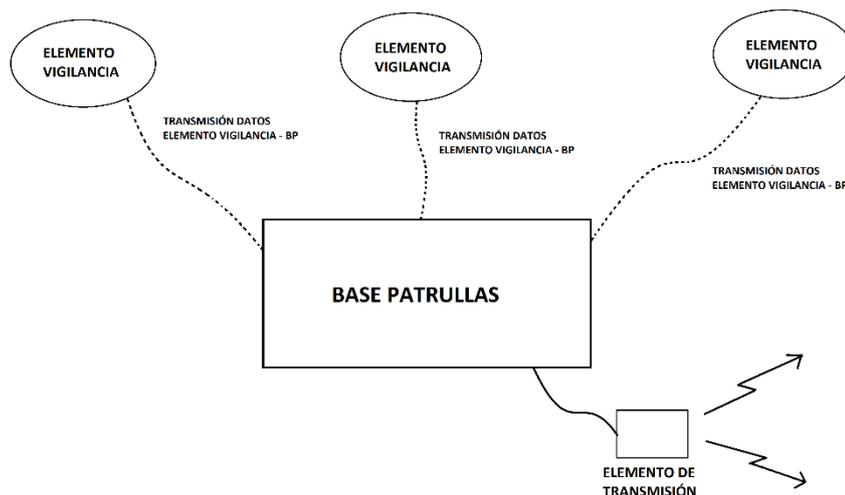


Figura 6. Esquema sistema vigilancia del campo de batalla.

3 ESTUDIO DE POSIBLES MEDIOS Y EQUIPOS DEL SISTEMA

En los siguientes apartados se realiza una enumeración de medios que, de acuerdo con los requerimientos técnicos estudiados anteriormente, se adaptan a las diversas necesidades que caracterizan nuestro sistema de vigilancia objeto de estudio.

3.1 Autonomía energética

El correcto cálculo de la duración de las baterías de las que depende el funcionamiento de los dispositivos electrónicos es, probablemente, una de las claves del éxito del sistema de vigilancia. Es además, una de las partes técnicamente más complicadas desde el punto de vista técnico y operativo.

Para la preparación del material, durante el planeamiento, es necesario montar el sistema con las baterías y dejar la cámara apuntando a un reloj para comprobar, de esta forma, la cantidad de horas de autonomía que cada medio nos podrá proporcionar realmente al sistema [15].

En cuanto a la posibilidad de reposición o recarga de las distintas baterías, debemos considerar tres posibles alternativas:

- 1) Porte, por parte de la patrulla, del número de baterías suficientes para desempeñar la misión.
- 2) Porte de un número reducido de baterías, con posibilidad de reabastecimiento de éstas a la patrulla durante la operación.
- 3) Recarga mediante panel solar portátil, siempre que las circunstancias ambientales (meteorología, enmascaramiento, operatividad) lo permitan, tal y como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Recarga de baterías mediante panel solar.

Estos sistemas de alimentación pueden ser empleados tanto para los sensores o cámaras que configuren el elemento de vigilancia como para el ordenador donde se recoja permanentemente la información obtenida, con los adaptadores o convertidores adecuados, como se muestra en este sencillo diagrama, Figura 8.

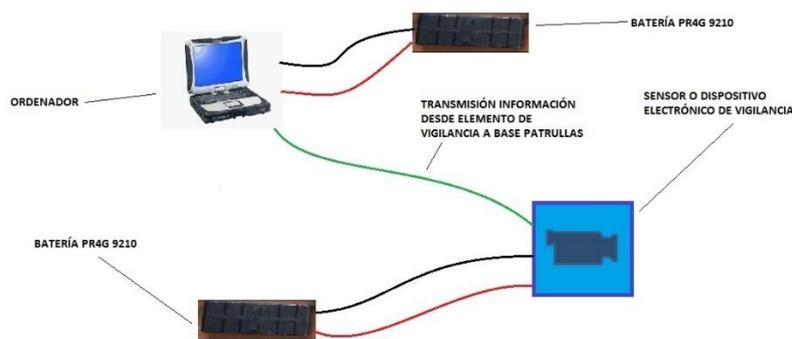


Figura 8. Esquema alimentación para sistema visualización de la información y sensores de elemento de vigilancia.

En el **Anexo E** se puede consultar la relación de las distintas posibilidades estudiadas.

3.2 Compresión de vídeo

Generalmente será necesario el tratamiento o compresión de la imagen. Es importante tener en cuenta que los equipos electrónicos de compresión de vídeo, por lo general, pueden requerir también de alimentación energética.

Deberá valorarse, según la circunstancia y los equipos empleados, si se ha de realizar tratamiento de la imagen en dos posibles momentos: antes de la transmisión y antes de la recepción.

El propósito del presente trabajo no consiste en profundizar en las diversas técnicas de compresión de imagen existentes actualmente, sino en presentar una serie de medios que, por sus capacidades y compatibilidades con otros equipos y con la Unidad, pueden ser interesantes. Las posibilidades estudiadas se enumeran en el **Anexo F**.

3.3 Cámaras diurnas

Debemos considerar que, en este aspecto, un medio de obtención de imagen vídeo, ya sea de tipo diurno, nocturno IR o térmico, puede ser cualquier dispositivo que cuente con cámara o sensor, ya

sea una cámara tipo domo, una cámara industrial, una grabadora comercial o incluso un teléfono móvil.

En el anexo se enumera una serie de sensores diurnos encontrados en el sector civil e industrial que por sus características podrían ser considerados interesantes desde el punto de vista del funcionamiento correcto del sistema objeto de estudio y de las necesidades de los usuarios finales, junto con algunas de las prescripciones técnicas de estos productos ofrecidas por el fabricante. Ver **Anexo G**.

3.4 Sensores pasivos IR

La capacidad de continuar adquiriendo información en ambiente nocturno es esencial Sin embargo, también lo es la de que la PRE y su sistema de vigilancia no sean descubiertos. Por ello, los sensores IR deberán ser del tipo pasivos, con el fin de que el enemigo, con medios propios, no sea capaz de detectar un haz IR emitido por un sensor IR activo.

Los sensores IR pasivos encontrados en el mercado que se ajustan a las necesidades y requerimientos del sistema se enumeran en el **Anexo H**.

3.5 Sensores y cámaras térmicas

La incorporación de sensores de adquisición de imagen térmica es un factor interesante desde el punto de vista de la adquisición de una mayor precisión y definición para nuestro sistema de vigilancia.

Es importante tener en cuenta el hecho de que con medios de visión térmica no podremos vigilar objetivos que se encuentren tras cristales (personal tras ventanas o cristaleras, vigilancia con cámara térmica desde interior de vehículo, etc.). Asimismo, deberemos tener cuidado a la hora de distinguir los objetivos, ya que la posible existencia de espejos en el entorno de vigilancia puede llevar a crear reflejos de imágenes térmicas y a la confusión sobre la información y el número de siluetas.

Otro factor de importancia que debe valorarse con detenimiento es el precio de este tipo de dispositivos, pues al ser muy elevado en el mercado actual, la incorporación de una cámara térmica en el elenco de medios, para una determinada misión, podría no ser el aspecto más relevante a tener en cuenta.

Cabe mencionar la existencia en el mercado, aunque a muy altos precios, de cámaras de fusión de imagen térmica e IR, con lo que se consigue un mayor grado de distinción de siluetas y de formas: no sólo se ve una “mancha térmica” que podría ser cualquier cosa desconocida (un animal, una mano...), sino que además se perfila la forma gracias a la visión IR, tal como se muestra en la Figura 9. Sin embargo, se descarta esta tecnología para el presente trabajo, dado que se elevaría considerablemente el coste y sería inviable.

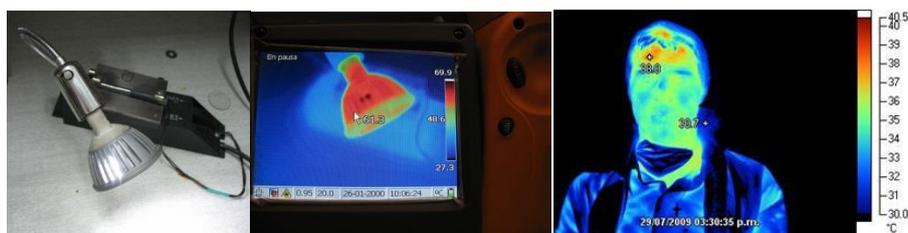


Figura 9. Detalle de imagen creada con cámara de fusión.

La exposición de los sensores térmicos se realiza en el **Anexo I**.

3.6 Soporte físico y posibilidad de control remoto

Podemos contar con tres tipos de soportes para nuestros sensores en el elemento de vigilancia: trípode fijo sin posibilidad de movimiento de forma remota, soportes con posibilidad de movimiento a control remoto (del tipo servos) y usar el propio entorno para colocar el sensor (este último nos ofrece la ventaja de un enmascaramiento más sencillo y completo en el ambiente de trabajo), como aparece en el ejemplo de la Figura 11.



Figura 10. Sensor y transmisor ocultos empleando el propio entorno como soporte físico.

El estudio de las diversas posibilidades se realiza en el **Anexo J**.

3.7 Transmisión de información sensores – base patrullas

Comprende esta parte el estudio de la realización del envío de la información adquirida por el elemento de vigilancia directamente a los medios de control y visualización de los que disponga el personal operador en la BP.

A continuación se realiza la valoración de una serie de posibilidades con las que realizar la transmisión de datos en tiempo real entre nuestros sensores y la patrulla que opera el elemento de vigilancia, cada uno de ellos con sus ventajas y desventajas. Ver **Anexo K**.

3.8 Transmisión de información base patrullas – puesto de mando

La Transmisión de los datos entre la BP en que se encuentra el personal operador y el PC, donde esa información será convertida en inteligencia, es otra de las demandas fundamentales del cliente interesado, y quizá, junto con el estudio de la alimentación energética, uno de los aspectos técnico-operativos más complejos.

En el **Anexo M** se expone la relación de medios con los que se podría llevar a cabo el enlace entre la PRE y PC para efectuar la Transmisión de imagen en tiempo real.

3.9 Otros aspectos relevantes

A continuación se expone una lista de otras consideraciones en cuanto a medios necesarios para hacer funcionar el sistema de vigilancia exitosamente y afrontar posibles contingencias.

- Según la experiencia y pruebas realizadas por personal de la Unidad en PRE's en Zona de Operaciones, es importante contar con una gama de conectores y clavijas para los distintos montajes del sistema (USB, mechero, duplicadores, etc.). Además, un kit de reparación básico nos posibilitaría un mantenimiento correctivo instantáneo en el escenario de vigilancia y el cambio de clavijas para los distintos componentes. Para poder sacar el máximo partido a esta aplicación, se debe contar con unos conocimientos

Estudio de viabilidad y diseño de sensores en red que integren los distintos sistemas de información y vigilancia del campo de batalla del E.T.

mínimos de electrónica. Un ejemplo de los componentes de que podría constar este kit se muestra en la Figura 11. Asimismo, en las Figuras 13 y 14 se aprecia la variedad de conectores que podrían ser necesarios dependiendo de los dispositivos con que se trabaje [16].



Figura 11. Kit de útiles de Reparación.

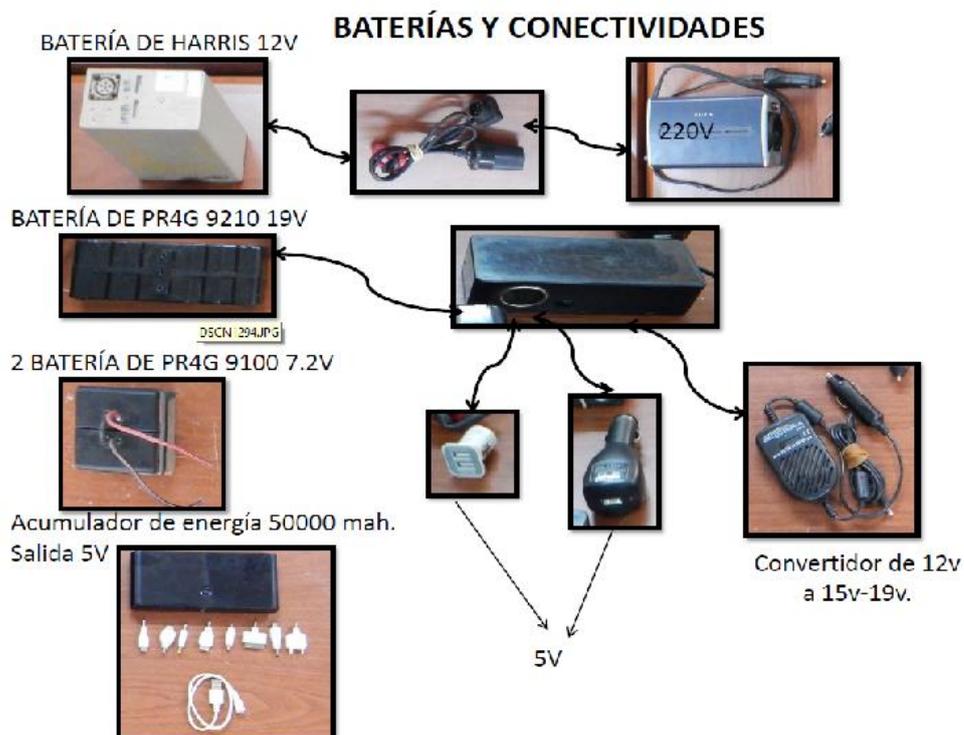


Figura 12. Exposición de baterías y conectividades variadas que podrían resultar útiles.

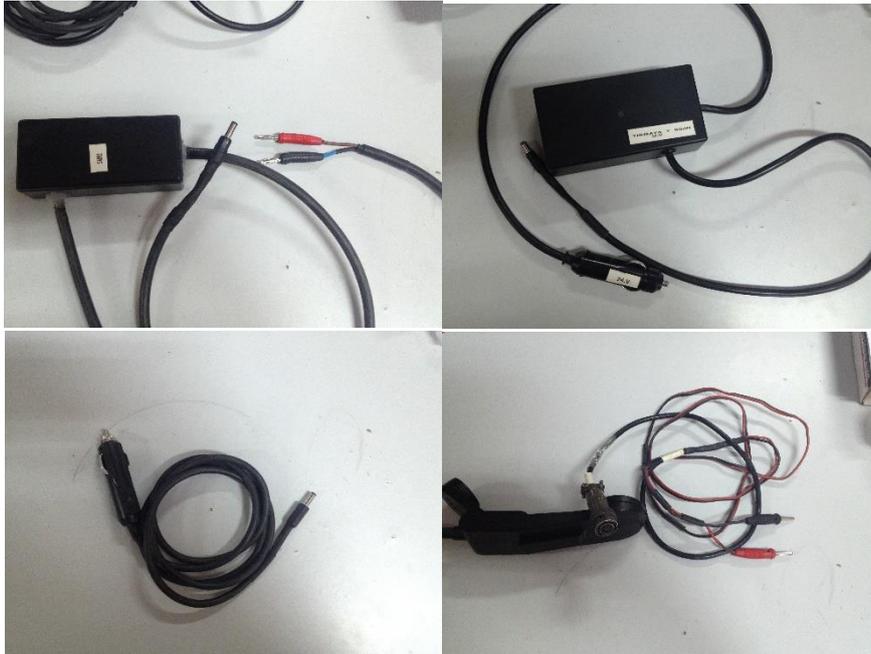


Figura 13. Conectores de diversos tipos, con los dos polos para conectar a la fuente y extremos varios (mechero, USB, etc.), para sistema de vigilancia montado sobre vehículo y en tierra firme. [17]

- Merece la pena considerar la opción de integrar un puntero láser, ya sea láser visible o IR (ver Figura 14), junto al sistema, con el fin de realizar enfoques de manera precisa y eficaz hacia el objetivo con nuestros sensores y cámaras [18].



Figura 14. Detalle de puntero láser para guiar el sensor.

- Técnica "Digi-Scoping": "mediante la combinación de una cámara digital de alta calidad y un potente telescopio, podemos crear una muy útil herramienta de equipo de vigilancia, ideal para el medio rural cuando el trabajo consiste en la obtención de imágenes a muy larga distancia" [19].
- Debido a que la inclusión de zoom potente en los sensores y dispositivos de adquisición de imagen del elemento de vigilancia no es una de las máximas prioridades (por aumento de precio, tamaño, etc.), puede tenerse en cuenta el uso de esta técnica, mostrada en la Figura 15, con el fin de lograr una mayor precisión con objetivos a distancia.



Figura 15. Ejemplos de uso de "Digi-Scoping" en PRE's.

- Capturadora de Vídeo USB: una capturadora de vídeo analógico como la que se muestra en la Figura 17 para el visionado y edición en un PC. Alimentación mediante puerto USB.



Figura 16. Capturadora de vídeo analógico.

- Es muy interesante la consideración del uso de un ordenador de placa reducida y bajo coste tipo Raspberry Pi como complemento a la transmisión de vídeo entre los sensores y la BP, por la gran cantidad de posibilidades, puertos y accesorios que nos ofrece. Consiste en un ordenador de una única placa, de alimentación de 2'5 W (modelo A) o 3'5 W (modelo B) y 5 V, múltiples sistemas operativos compatibles, procesador de 700 MHz, procesador gráfico VideoCore IV, memoria RAM de 256 MB (modelo A y primeros modelos B) o 512 MB (modelo B) y sin disco duro o unidad de estado sólido, al usar tarjeta SD o SDHC como método de almacenamiento.

Para consultar un estudio más detallado sobre accesorios existentes para dicho procesador, ver **Anexo N**.

4 EVALUACIÓN DE ALGUNOS EQUIPOS

Pese a que el objetivo de este proyecto es analizar nuevos equipos de información y vigilancia, hoy en día ya se dispone de equipos que realizan esas funciones por lo que resulta interesante tener una toma de contacto con ellos. A continuación se expone brevemente una relación de Prácticas efectuadas en el MOE con medios disponibles en la Unidad, en la UINT de GCG, y expuestos en los apartados anteriores y sus correspondientes anexos. Dichas Prácticas fueron concretamente desarrolladas durante la asistencia a un Curso “FMV” (“Full Motion Video”), impartido por personal de la propia UINT [20].

4.1 Integración CASCAM en Notebook

Prueba de conectividad entre cámara de casco “CASCAM” y ordenador portátil Notebook con transmisor analógico de imagen y antena monodireccional. La imagen captada por el sensor se transmite en tiempo real al Notebook, nuestro medio de visualización. Dicha práctica de interconexión se muestra en la Figura 17.



Figura 17. Práctica con CASCAM, Notebook y transmisor FPV interconectados.

4.2 Integración de Cámara de Vídeo comercial Panasonic con Transmisores FPV en Pantalla táctil

En dicha práctica se procedió a la interconexión de una cámara de vídeo comercial de la casa Panasonic con una pantalla táctil como medio de visualización de la imagen. La imagen se transmitió por medio de Transmisores FPV analógicos y la alimentación se realizó por medio de la conexión de una batería Zippy al sistema, como puede apreciarse en la Figura 18.



Figura 18. Sistema de vigilancia creado con cámara Panasonic, pantalla táctil y transmisión en tiempo real por Transmisores analógicos.

4.3 Cascam con pantalla táctil y gafas de visualización

En la Figura 19 pueden observarse los dispositivos interconectados durante la realización de dicha práctica.



Figura 19. Medios interconectados en la práctica: CASCAM con su emisor, pantalla, gafas y sus conectores.

4.4 Cámara panasonic integrada con notebook de cascam y gafas de visualización

Con este nuevo experimento se puso en práctica la interconexión de medios de adquisición de imagen con equipos de visualización que no son los propios, obteniéndose un resultado satisfactorio al lograrse la imagen del dispositivo de grabación Panasonic visualizada en tiempo real en gafas y en ordenador Notebook.

4.5 Integración cámara térmica flir con pantalla táctil y gafas de visualización

Conexión del sensor térmico de la casa Flir con pantalla táctil Xenarc y gafas, lográndose la correcta visualización de la imagen adquirida en tiempo real, tal como aparece en la Figura 20.



Figura 20. Cámara térmica Flir conectada y resultado de la visualización en pantalla táctil.

4.6 Cámara tipo domo vehicular, pantalla táctil

Con esta última práctica se comprobó el funcionamiento de un sistema de vigilancia sobre soporte vehicular mediante la cámara tipo domo, su control por medio de joystick y la visualización de la imagen obtenida en pantalla táctil Xenarc. En la Figura 21 se aprecia la cámara tipo domo que posteriormente será colocada sobre el vehículo, mientras la Figura 21 enseña el esquema de funcionamiento de esta última posible configuración del sistema.



Figura 21. Cámara tipo domo y joystick.

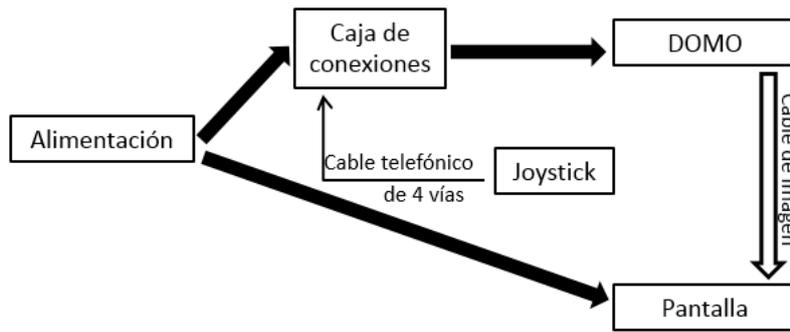


Figura 22. Esquema de sistema de vigilancia vehicular montado.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Finalmente, tras la realización de la presente memoria, es necesario destacar tanto una serie de conclusiones derivadas de las circunstancias más importantes del estudio, así como de líneas de acción futuras. Las líneas futuras consisten en aspectos que, por la limitación en tiempo, alcance y contenido del presente proyecto, se recomiendan como continuación para llegar a un resultado final.

Como conclusiones cabe destacar las siguientes:

- Una vez finalizado el TFG, puede concluirse que aquellos aspectos demandados para el estudio de la viabilidad y el posterior diseño en función de las diversas necesidades de los usuarios finales, han sido cubiertos y evaluados de acuerdo con la especificación del alcance del proyecto y el tiempo disponible para su realización.
- No existe un sistema de vigilancia único y concreto para todo, sino que debe hacerse uso de medios cuyas características se adapten a las necesidades requeridas en la misión.
- En cuanto a la búsqueda y adquisición de equipos y medios componentes del sistema, la mayor parte de éstos se encuentra en el mercado civil.
- Es necesaria la compatibilidad de interconexión de la gran variedad de equipos que se pueden utilizar.
- A pesar de buscarse un sistema de vigilancia lo más sencillo y práctico posible, dada la complejidad de los medios, el resultado final podría ser muy técnico, por lo que se requerirá un alto grado de familiarización por parte del personal operador con el mismo.
- Las necesidades de los usuarios finales pueden ser tan cambiantes como la propia tecnología en el mercado. Por lo que es importante una constante actualización del conocimiento en el campo de estudio.
- Existe un principio muy lógico y básico: las capacidades, rendimientos y calidad de los medios empleados para las labores de vigilancia son directamente proporcionales al precio de adquisición de éstos.

Por último, se marcan algunas líneas futuras de importante consideración:

- Se recomienda la realización de numerosas prácticas, además de las realizadas en el presente trabajo, con cualquier medio que se pretenda emplear en este sistema de vigilancia para una PRE con el fin de verificar compatibilidades y funcionamiento.
- Efectuar pruebas sobre el terreno, una vez estudiadas la interconexión y compatibilidades, a fin de comprobar la adecuada transmisión de la información.
- En toda práctica realizada, debería seguir estudiándose cualquier aspecto técnico u operativo mejorable. Con ello se pretenderá incrementar la eficiencia del sistema.

Sería interesante estudiar la posibilidad de realizar la incorporación de un cifrado en la información transmitida, bien de tipo simétrico o mediante algún tipo de infraestructura de clave pública.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual D02-001 Doctrina. Operaciones Especiales.
- [2] Cte. D. Gonzalo Díez de Tejada Montero de Espinosa. *Vigilancia y Reconocimiento del Campo de Batalla*.
- [3] Cte. D. Félix Alvear de Gregorio. Inteligencia de Imágenes (IMINT): capacidades actuales y futuras en las Fuerzas Armadas Españolas.
- [4] Cte. D. Gonzalo Díez de Tejada Montero de Espinosa. *Vigilancia y Reconocimiento del Campo de Batalla*.
- [5] Cte. D. Gonzalo Díez de Tejada Montero de Espinosa. *Vigilancia y Reconocimiento del Campo de Batalla*.
- [6] Apuntes *Oficina de Proyectos. Tema 3, Gestión del Alcance*. Curso 2013 – 2014. Centro Universitario de la Defensa.
- [7] Apuntes *Oficina de Proyectos. Tema 2, Gestión de la Integración*. Curso 2013 – 2014. Centro Universitario de la Defensa.
- [8] R. Acero, J. Pastor, J. Sancho, M. Torralba. *Ingeniería de la Calidad*. 2011. Textos Docentes del Centro Universitario de la Defensa (Zaragoza).
- [9] www.flir.es, www.indracompany.com, www.visiotech.es, www.infaimon.com.
- [10] Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Grado_de_protecci%C3%B3n_IP.
- [11] R. Acero, J. Pastor, J. Sancho, M. Torralba. *Ingeniería de la Calidad*. 2011. Textos Docentes del Centro Universitario de la Defensa (Zaragoza).
- [12] Catálogo Productos y Precios Junio 2011 Presentco.
- [13] Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Grado_de_protecci%C3%B3n_IP.
- [14] Dato subjetivo aproximado obtenido en entrevista con Bgda. Moliner, de la UEXP de GCG.
- [15] Sgto 1º Baena, UOE de GCG. *Conectividad de Medios para la Obtención y Grabación de Imágenes*.
- [16] Sgto 1º Baena, UOE de GCG. *Conectividad de Medios para la Obtención y Grabación de Imágenes*.
- [17] Material disponible en la CIATRANSMOE (Compañía de Transmisiones del Mando de Operaciones Especiales).
- [18] B. Wall. *Covert Rural Surveillance*. 2012. Crops UK.
- [19] B. Wall. *Covert Rural Surveillance*. 2012. Crops UK.
- [20] Sgto. Mateu, Cbo. Alba, de la UINT de GCG. Curso *Full Motion Video*.

7 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de posiciones enmascaradas con elementos de obtención de imágenes.	7
Figura 2. Vigilancia de una edificación en medio rural.	7
Figura 3 a) Detalle de sección de cable enmascarada bajo corteza de árbol. b) Tamaños y colores para cables apropiados.	15
Figura 4 Material de observación y operador enmascarados en PRE.	15
Figura 5. Sensor oculto en carcasa enmascarada. También podrían ocultarse bajo el agua.	16
Figura 6. Esquema sistema vigilancia del campo de batalla.	17
Figura 7. Recarga de baterías mediante panel solar.	18
Figura 8. Esquema alimentación para sistema visualización de la información y sensores de elemento de vigilancia.	18
Figura 9. Detalle de imagen creada con cámara de fusión.	19
Figura 10. Sensor y transmisor ocultos empleando el propio entorno como soporte físico.	20
Figura 11. Kit de útiles de Reparación.	21
Figura 12. Exposición de baterías y conectividades variadas que podrían resultar útiles.	21
Figura 13. Conectores de diversos tipos, con los dos polos para conectar a la fuente y extremos varios (mechero, USB, etc.), para sistema de vigilancia montado sobre vehículo y en tierra firme.	22
Figura 14. Detalle de puntero láser para guiar el sensor.	22
Figura 15. Ejemplos de uso de “Digi-Scoping” en PRE’s.	23
Figura 16. Capturadora de vídeo analógico.	23
Figura 17. Práctica con CASCAM, Notebook y transmisor FPV interconectados.	24
Figura 18. Sistema de vigilancia creado con cámara Panasonic, pantalla táctil y transmisión en tiempo real por Transmisores analógicos.	24
Figura 19. Medios interconectados en la práctica: CASCAM con su emisor, pantalla, gafas y sus conectores.	25
Figura 20. Cámara térmica Flir conectada y resultado de la visualización en pantalla táctil.	25
Figura 21. Cámara tipo domo y joystick.	25
Figura 22. Esquema de sistema de vigilancia vehicular montado.	26

8 ANEXOS

ANEXO A	Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)
ANEXO B	Acta de Constitución de Proyecto
ANEXO C	Matriz de Análisis DAFO
ANEXO D	Matriz de Diagrama de Kano
ANEXO E	Relación de Medios para Autonomía Energética
ANEXO F	Relación de Medios para Compresión de Vídeo
ANEXO G	Relación de Medios Cámaras Diurnas
ANEXO H	Relación de Medios Sensores pasivos IR
ANEXO I	Relación de Medios Sensores Térmicos
ANEXO J	Relación de Medios Soporte Físico y posibilidad Control Remoto
ANEXO K	Posibilidades Transmisión Elemento de Vigilancia – BP
ANEXO M	Posibilidades Transmisión BP – PC
ANEXO N	Ampliación datos Procesador Raspberry Pi

ANEXO A. Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)

Nombre proyecto: ESTUDIO DE VIABILIDAD Y DISEÑO DE SENSORES EN RED QUE INTEGREN LOS DISTINTOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y CAC. CARLOS BARQUÍN PORTILLO					Fecha: 07/09/2015
ID	Nombre tarea	Descripción	Fecha inicio	Fecha fin	Status
1	Definición del Alcance del Proyecto	Definir el objeto de estudio del trabajo y qué se va a tratar y qué no en éste	24/02/2015	02/03/2015	Realizado
1.a	Estudio de sistemas de vigilancia de objetivos anteriores	Investigación sobre sistemas de vigilancia sobre objetivos desarrollados con anterioridad en Defensa	24/02/15	25/02/15	Realizado
	Búsqueda de antecedentes en el sector en las FAS		24/02/15	25/02/15	Realizado
	Búsqueda de monografías de i+D+I de otras UCO's		24/02/15	25/02/15	Realizado
	Estudio del Ámbito de Aplicación del trabajo (MOE)		24/02/15	25/02/15	Realizado
	Estudio de trabajos en el sector en misión MOE República Centroafricana (RCA)		24/02/15	25/02/15	Realizado
1.b	Estudio de las necesidades de los usuarios finales (MOE)	Recopilación, mediante entrevistas con el personal de la Unidad, de aquellas necesidades que se crean convenientes para	26/02/15	02/03/15	Realizado
	Entrevista con G6 (CIS).		26/02/15	26/02/15	Realizado
	Entrevista con G3 GOE XIX (Grupo Operaciones Especiales XIX).		26/02/2015	26/02/2015	Realizado
	Entrevista con personal Unidad de Operaciones Especiales de Grupo de Cuartel General (UOE GCG).		27/02/15	27/02/15	Realizado
	Entrevista con UINT GCG (Unidad de Inteligencia del Grupo de Cuartel General).		02/03/15	02/03/15	Realizado
1.c	Búsqueda de sistemas de vigilancia en sector civil	Petición de información sobre sistemas desarrollados tecnológicamente en el mercado civil	25/02/2015	25-feb.-15	Realizado
	Petición de información a empresa Flir		25/02/15	25/02/15	Realizado
	Petición de información a empresa Indra		feb.-15	25/02/2015	Realizado
	Búsqueda de información en empresa Visiotech		feb.-15	25/02/2015	Realizado
	Búsqueda de información en empresa Infaimon		feb.-15	25/02/2015	Realizado
1.d	Especificación de los requisitos y objetivos del proyecto	Reunión de las necesidades valoradas para transformarlos en requisitos concretos para el sistema	02/03/2015	02-mar.-15	Realizado
1.e	Realización del Project Charter	Desarrollo del Acta de Proyecto como documento acreditativo de la actividad de definición del Alcance del Proyecto	02/03/15	02/03/15	Realizado
1.f	Definición de Alcance	Definición final del Alcance del trabajo hasta su entrega	02/03/15	02/03/15	Realizado
2	Análisis de Gestión del Tiempo	Estudio de las franjas temporales que se emplearán para desarrollar cada fase del Proyecto	03/03/15	03/03/15	Realizado
2.a	Estimación de la Duración de las Actividades		03/03/15	03/03/15	Realizado
	Realización método PERT ("Program Evaluation and Review Technique")		03/03/15	03/03/15	Realizado
3	Análisis de viabilidad del sistema	Verificar si es factible o no el dar solución a las prescripciones técnicas que se puedan derivar de las necesidades señaladas	03/03/15	02/04/15	Realizado
3.a	Análisis de Mercado	Estudio de las posibles debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que afectan al proyecto. Estudio también de actores	03/03/15	04/03/15	Realizado
	Realización de Matriz DAFO		03/03/15	03/03/15	Realizado
	Realización de Diagrama de Kano		04/03/15	04/03/15	Realizado
3.b	Análisis Técnico-Operativo del sistema	Realizar el Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto	05/03/2015	30/03/2015	Realizado
	Requerimientos Técnicos		09/03/2015	12/03/2015	Realizado
	Análisis de Riesgos		19/03/2015	19/03/2015	Realizado
3.c	Estudio y Búsqueda de Equipos y Medios	Realización de estudio y búsqueda en el mercado de medios que se ajusten a las demandas especificadas para el sistema	30/03/2015	02/04/2015	Realizado
	Análisis de Compras. Estudio de Proveedores (pág. 149 libro Calidad)				Realizado
	Gestión de las Adquisiciones				Realizado
3.d	Análisis Socio-Económico	Estudio de otras variables que puedan afectar al Proyecto	03/03/15	03/03/15	Realizado
4	Diseño y desarrollo del Proyecto	Redacción del Proyecto de acuerdo a la información recopilada y al trabajo de investigación realizado		06/09/2015	Realizado
5	Entrega	Entrega definitiva de la memoria de proyecto a CUD	07/09/2015	07/09/2015	

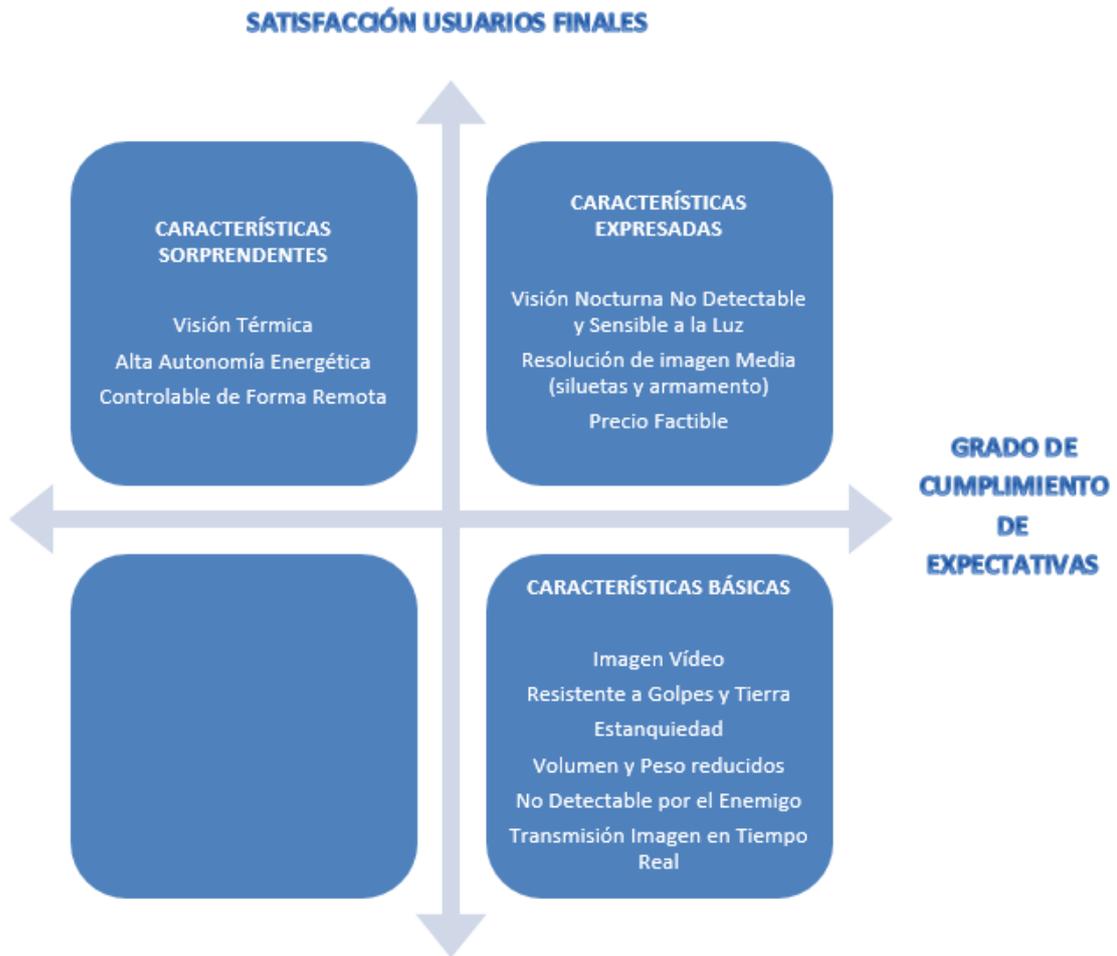
ANEXO B. Acta de Constitución de Proyecto

PROJECT CHARTER				TRABAJO FIN DE GRADO 2014-2015	
Título:	ESTUDIO DE VIABILIDAD Y DISEÑO DE SENSORES EN RED QUE INTEGREN LOS DISTINTOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y VIGILANCIA DEL CAMPO DE BATALLA DEL E.T.	Fecha:	07-sep-15		
Project Leader:	CARLOS BARQUÍN PORTILLO	Localización:	Mando de Operaciones Especiales (Alicante)		
Recursos:	MINISTERIO DE DEFENSA, PERSONAL MANDO DE OPERACIONES ESPECIALES (MOE), EMPRESAS CIVILES DE LOS SECTORES SISTEMAS DE ARMAS Y TELECOMUNICACIONES				
Stakeholders:	MINISTERIO DE DEFENSA, EJÉRCITO DE TIERRA, MANDO DE OPERACIONES ESPECIALES (MOE), INDUSTRIA DE TELECOMUNICACIONES				
Descripción general del proyecto:					
El objeto del presente trabajo será el de desarrollar un sistema de vigilancia de objetivos en el ámbito de Operaciones Especiales con el que el personal de los equipos operativos pueda realizar labores de PRE (Patrullas de Reconocimiento Especial) con medios ópticos precisos y transmitir la información adquirida en tiempo real, estudiando para ello las diferentes posibilidades de realización y su viabilidad.					
Business case:					
El Mando de Operaciones Especiales (MOE), ante las necesidades de inteligencia en las nuevas misiones internacionales, tiene interés en el estudio de la viabilidad del empleo de tecnologías y medios CIS, así como en el diseño y desarrollo, en sistemas enfocados a la vigilancia y transmisión de información en tiempo real, con el fin de establecer y regular unas bases sobre las que trabajar en Zona de Operaciones, de acuerdo con las restricciones presupuestarias actuales y con los requerimientos de los usuarios finales.					
Objetivos y requisitos del proyecto:					
El sistema debe componerse de medios: de Alta Autonomía Energética (5 días de vigilancia); que obtengan imagen de Vídeo; Resolución de imagen Media (debe permitir distinguir como mucho caras y si un individuo está armado o no); Visión Nocturna No Detectable y Sensible a la luz; Visión Térmica; Controlable de Forma Remota para realizar pequeños ajustes o enfoques; Tamaño, Volumen y Peso reducidos (medios transportables y recuperables por el equipo operativo); Resistentes a Golpes, Tierra y Agua (de tal forma que puedan ocultarse bajo tierra o agua); No Detectables por el Enemigo; que puedan Transmitir la información adquirida en Tiempo Real a un ordenador y a PC (Puesto de Mando); Precio Factible para la Unidad.					
Entregables e hitos:	Fecha inicio	Fecha fin		Fecha inicio	Fecha fin
Proyecto:	23-feb-15	07-sep-15	M4	Diseño y desarrollo del proyecto	06-sep-15
M1	Definición del Alcance del Proyecto	24-feb-15	02-mar-15	M5	Entrega del Estudio
M2	Análisis de Gestión del Tiempo	03-mar-15	03-mar-15		
M3	Análisis de viabilidad del sistema	03-mar-15	02-abr-15		
Riesgos de alto nivel:					
CAMBIOS EN LOS REQUERIMIENTOS; INVIABILIDAD TÉCNICA; PRECIO INASEQUIBLE.					
Aprobación y firma:				Fecha:	02/03/2015

ANEXO C. Matriz de Análisis DAFO

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Inexistencia de sistemas del mismo tipo estandarizados en las FAS. • Empleo de TTP's y Doctrina de Inteligencia única y específica para el MOE. • Ausencia de equipos militares preparados para las especificaciones del proyecto. • Restricción de Presupuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que los equipos necesarios para el sistema, al ser civiles, no puedan estar integrados en la Logística del E.T. • Al no existir nada semejante aún regulado, posible inviabilidad técnico-operativa. • Que los equipos, aun cumpliendo nuestras restricciones técnicas, sean demasiado caros.
<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de "Know-How": la Unidad ha realizado prácticas en PRE's con sistemas de vigilancia de fabricación "casera" en misiones internacionales actuales. • La Unidad, por tanto, ha estudiado anteriormente de manera escueta y concisa sus requerimientos y algunas soluciones técnicas para cubrirlos. • Alto interés del MOE en el estudio de sistemas de este tipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Amplísimo mercado de equipo relacionado con el sistema en el sector civil. • Alto interés de la industria civil en el desarrollo de sistemas de armas y telecomunicaciones para Defensa. • El hecho de que cualquier estudio relacionado con estos sistemas de vigilancia supone una novedad, por lo que podría establecerse una base sobre la que trabajar en Líneas Futuras.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES

ANEXO D. Matriz de Diagrama de Kano



ANEXO E. Relación de Medios para Autonomía Energética

- Baterías de Radio PR4G 9210 desechables: con una tensión de 12 V, lo que nos daría, aproximadamente, 12 horas de autonomía energética. Con este tipo de batería se realizaron pruebas con la cámara térmica Coral, de dotación en el MOE, obteniéndose entre 10 y 12 horas de grabación continua de ésta. Disponible en la Unidad. Sus medidas aproximadas son 21 x 6'5 x 3'5 cm y 0'4 kg de peso.



- Baterías de Radio PR4G 9210 recargables: también disponibles en la Unidad, con una tensión de 14'4 V. Sus medidas aproximadas son 26 x 8 x 7 cm y 2 kg de peso.
- Baterías de Radio PR4G 9100: tensión de 7'1 V, por lo que colocando dos de estas baterías en serie obtendríamos una pila de 14'2 V. Esta tensión nos proporcionaría una autonomía de 48 horas de alimentación, aproximadamente. Disponible en la Unidad. Sus medidas aproximadas son 6'8 x 6'2 x 3'5 cm y 0'2 kg de peso.



- Baterías de Radio Harris recargables: tensión de 12 V. Disponible en la Unidad. Sus medidas aproximadas son 12'5 x 11 x 6 cm y 2 kg de peso.



- Baterías de Radio Harris desechables: también disponible en la Unidad y más barata que el modelo recargable, con 12 V de tensión. Sus medidas aproximadas son 12'5 x 11 x 6 cm y 1 kg de peso.
- Batería "Zippy": disponibles en la UINT MOE, se trata de baterías civiles recargables de 12 V.



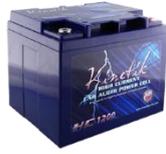
- Cargador de baterías “Turnigy”: disponible en la UINT MOE, con el que se cargan las baterías “Zippy”. Admite cargar otras baterías, siempre que dispongamos de los cables adecuados, ya que con este cargador podemos configurar tanto la intensidad (A) como la tensión (V) de carga, así como seleccionar el tipo de batería que deseamos recargar: LiPo, NiMH, NiCd, Pb.



- Baterías de Gel: se trata de baterías vehiculares de varios núcleos de alta resistencia a impactos y golpes. Las baterías de esta tecnología trabajan combinando los líquidos y los gases en ácido gelificado en un sistema hermético con válvula de seguridad. Se pueden instalar en un ángulo de inclinación de 180°. Las ventajas de las baterías de gel son que no necesitan agua y además no exhalan gases, por lo que son idóneas para ambientes cerrados. Por sus dimensiones y peso, más amplias que las baterías expuestas anteriormente, este tipo de fuente sería interesante para sistemas de vigilancia configurados desde vehículo. Puede encontrarse una amplia gama de este tipo de baterías en el mercado civil, con precios que oscilan entre los 70'00 y los 2000'00 €, dependiendo de la potencia de cada modelo. Para el objeto de estudio que nos ocupa,

C.A.C. Transmisiones Carlos Barquín Portillo

el sistema estaría bien alimentado energéticamente con una batería de una tensión de 12 V.



Kinetik



OPTIMA
BATTERIES

ANEXO F. Relación de Medios para Compresión de Vídeo

- PC Compresor de Vídeo: ordenador para compresión de vídeo analógico, disponible en la UINT MOE, dotado de tarjeta gráfica con 4 entradas de vídeo analógico y pantalla táctil. Requiere de alimentación a red de 220 V, por lo que constituiría un equipo pensado para realizar el tratamiento de los datos una vez que éstos han sido recibidos, puesto que es completamente inviable su transporte y funcionamiento en una PRE. Utiliza el sistema operativo Windows XP (tener en cuenta el factor de que dicho sistema operativo ya no cuenta con soporte), digitalizando y comprimiendo la información que recibe, y emplea software procedente de la empresa civil de videovigilancia Geovision. Su precio aproximado es de 3000'00 €.



- Compresores de Vídeo portátiles TVP (“Tactical Video Processor”) de Harris: la casa Harris dispone de compresores portátiles de vídeo con los que se han realizado prácticas en la Unidad junto a la radio Harris 7800 y la cámara de casco para poder enviar la imagen de dicho dispositivo a un ordenador Panasonic Toughbook y después a Puesto de Mando FOB. Integra sus propias baterías, que nos dan una capacidad de entre 10 y 12 horas de funcionamiento del compresor. También existe un cargador para estas baterías para red de 220V. Este procesador de vídeo de Harris, está pensado para interoperar con la radio Falcon III, a fin de llevar a cabo la transmisión en tiempo real de vídeo.



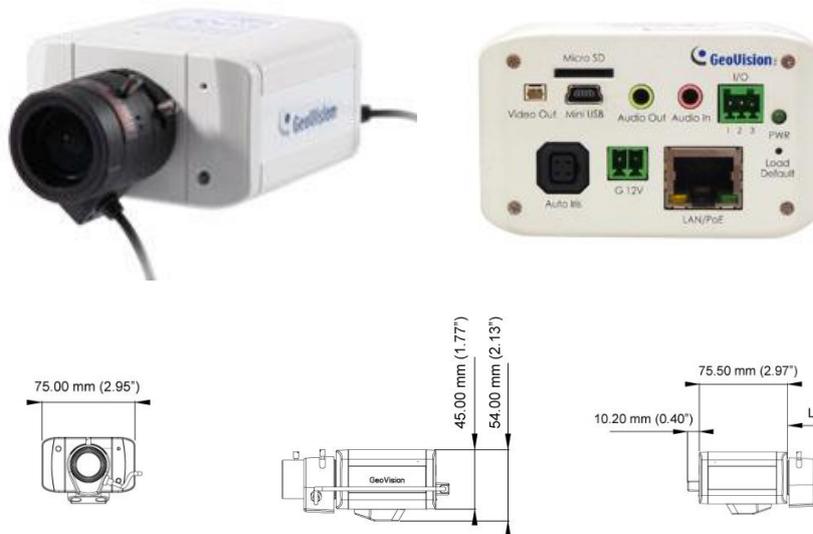
- Otra opción es emplear uno de los numerosos programas de compresión de vídeo existentes en el mercado, muchos de ellos gratuitos, con el fin de realizar el tratamiento de la imagen en el ordenador del que disponga el equipo en la patrulla.

ANEXO G. Relación de Medios Cámaras Diurnas

A continuación se expone un listado de sensores diurnos con el fabricante del que proceden y algunos datos técnicos, además de sus correspondientes figuras e imágenes donde se muestra el dispositivo en cuestión.

- Cámara GV-BX 1300 de GeoVision: 1'3 megapíxeles, velocidad de hasta 30 fps (*frames per second*) a 1280 x 1024, posibilidad de almacenaje de memoria con tarjeta micro-SD, puerto USB y posibilidad de instalación de adaptador Wi-Fi, puerto para cable Ethernet PoE (*Power over Ethernet*), funcionamiento también con iPhone, iPad, Android y 3GPP.

ONVIF



- Cámara VC 4438 de Vision Components: sensor programable de resolución 640 x 480, velocidad máxima de 63 fps, salida Ethernet. Dispone de una salida de vídeo directamente a pantalla para la posibilidad de visualización de la imagen con resolución proporcional al modelo.



- Cámara BOA 1024 IDR de Teledyne Dalsa: cámara programable de resolución 1024 x 768, velocidad máxima de 22 fps, salida Ethernet.



- Cámara Falcon2 12M de Teledyne Dalsa: cámara CMOS de alta velocidad y alta resolución, salida Mini Camera Link, resolución 4096 x 3072, velocidad máxima de 58 fps, tamaño de 60 x 60 x 85'5 mm, peso de 250 g.



- Cámara EoSens 25CXP de Mikrotron: resolución de 5120 x 5120 y velocidad máxima de 80 fps, tamaño de 80 x 80 x 53 mm y peso de 450 g.



- Cámara Genie TS 4096 de Teledyne Dalsa: resoluciones de 2, 4, 5, 8 y 12 megapíxeles en monocromo y color, velocidad máxima de 70 fps (velocidad a máxima resolución de 12 fps). Incluye aplicación para filtro y compresión de imagen y corrección de colores, salidas PoE y GigE, dimensiones de 59 x 59 x 56 mm y peso de 200 g.



- Cámara Prosilica GT-4095 de Allied Vision Technologies: sensor de resolución de 16 megapíxeles para ambientes extremos. Resolución de 4896 x 3264 y velocidad máxima de 7 fps. Sensor para variaciones lumínicas, iris automático, interfaz GigE PoE, rango de temperatura de operación de [-20, 50] °C, dimensiones de 96 x 63 x 53'3 mm y peso de 372 g.



- Cámara SP-20000-PMCL de JAI: sensor de 20 megapíxeles de resolución, 5120 x 3840, velocidad máxima de 30 fps, espectro en color y salida en Mini Camera Link de 8, 10 o 12 bit. Apta para labores de vigilancia y control de perímetros gracias a su luminosidad programable. Alimentación vía Power over Mini Camera Link o conector 12-pin. Dimensiones de 62 x 62 x 84'5 mm.



- Cámara uEye 3013XC de IDS Imaging: salida de USB 3.0, resolución de 13 megapíxeles, en color, resolución de 4216 x 3160, velocidad máxima de 30 fps, corrección de autocontraste, zoom digital 16x, tamaño de 19 x 31'9 x 60'9 mm, peso de 42 g.



- Cámara GoPro Hero IV: alta calidad de imagen, posibilidad de cámara lenta, audio, sumergible hasta los 40m, varias configuraciones para variaciones lumínicas. Es importante el factor de que puede trabajar con Wi-Fi y Bluetooth, así como con cable (quitando carcasa protectora externa), gran profundidad de campo debido al gran diámetro de su lente. Todas estas posibilidades que el dispositivo en cuestión ofrece hace que sea altamente recomendable. Es interesante por la inclusión o posibilidad de adquisición de una amplia gama de accesorios específicos para este dispositivo. Por su tamaño y resistencia, es muy apta para ser enmascarada dentro de carcasas de diverso tipo y ser empleada en todos los ambientes. Su precio actual es de 529'99 €.



- Cámara Espía AEE PD100 de AEE TECHNOLOGY CO.LTD: ejemplo de cámara espía. Existen numerosos modelos y tipos en el mercado civil. Ésta en particular posee su propia aplicación móvil para visualizar la imagen obtenida en tiempo real en teléfono móvil. Con posibilidad de trabajo con Wi-Fi y también mediante cable. Resolución de 640 x 480 y velocidad de 25 fps, batería recargable de ión-litio que permite un funcionamiento continuo de hora y media. Capacidad para tarjeta de memoria micro SD. Dispone también de activación por sonido a 65 dB.



Cámaras empleadas por la Unidad de Inteligencia (UINT) del MOE:

- Cámara Domo: cámara PTZ diurna para vehículo con zoom óptico de 27x y zoom digital de 200x, alimentación mediante toma de 12 V, manejada por joystick desde el interior del vehículo (al que está unido por cableado). Requiere de instalación vehicular por personal especializado.



- Cámara de Vídeo Sanyo: cámara fija cableada diurna, con alimentación de 12 V.



- Cámara de vídeo Panasonic: consiste en una cámara diurna de vídeo portátil comercial de la casa Panasonic, con zoom óptico de 70x y zoom digital de 3500x, con alimentación de baterías propias Panasonic. Consta de disco duro interno de 60 Gb, aunque también acepta tarjetas de memoria SD.



- Cámara de Casco "CASCAM": conjunto de cámara de casco diurna disponible en la UINT MOE, que incluye cámara, transmisor analógico 1'2 GHz, receptor analógico de vídeo, ordenador portátil Notebook para visionado de vídeo y cargador de baterías "Turnigy".

No dispone de zoom, aunque sí que cuenta con enfoque de tipo manual. La batería interna con la que cuenta nos da una autonomía de 50 min para el conjunto cámara-emisor (grabación y transmisión). Dispone además de antena omnidireccional para el transmisor y direccional para el receptor (con la que conseguimos un mayor alcance), aunque se le pueden acoplar otras antenas diferentes. En prácticas con este material, se ha llegado a conseguir una grabación y transmisión de vídeo hasta los 800 m. No obstante, se deben tener en cuenta factores ambientales diversos, tales como meteorología, vegetación, cubiertas, obstáculos, muros, etc.



ANEXO H. Relación de Medios Sensores pasivos IR

A continuación se expone un listado de sensores IR con el fabricante del que proceden y algunos datos técnicos, además de sus correspondientes figuras e imágenes donde se muestra el dispositivo en cuestión.

- Cámara BETA 11RZ de Presentco: sensor SONY Effio-V 960 de resolución de 750 líneas, iluminación color 0'03 lux, blanco y negro 0'00009 lux, alimentación 220Vca, tamaño de 241 x 214 x 134 mm.



- Cámara BETA-3762 de Presentco: sensor mini domo antivandálico para interiores y exteriores con posibilidad de fijación en techo y pared. Cámara a color de día y blanco y negro de noche. Sensor SONY SUPER HAD CCD 1/3", alimentación 12Vcc, salida de vídeo extra para monitor de ajuste, texto para identificación de la cámara, efecto espejo, Sync, ajuste de color, detector de movimiento, dimensiones de 145 mm de diámetro x 100 mm, controlada por menú en pantalla OSD, color en 0'3 lux y blanco y negro en 0'1 lux, resolución de 540 líneas.



- Cámara BETA R30 de Presentco: mini cámara con carcasa, resolución de 600 líneas. Configuración Día / Noche: la cámara puede estar siempre en color o pasar automáticamente a blanco y negro en condiciones de poca luz. Alimentación dual de 12Vcc. Dimensiones de 32 x 32 mm.



- Cámara CCD 1025/3.6 de Presentco: alimentación de 12 Vcc, resolución de 450 líneas, temperatura de trabajo de [-10, 50] °C, sensibilidad de 0'02 lux.



- Cámara CCD3005VX2 de Presentco: sensor CCD ex-view 1/2" muy sensible de 0'0003 lux. Resolución de 600 líneas, dimensiones 34 x 34 x 50 mm, peso de 90 g, compensador de contraluz, alimentación de 12 Vcc. Por su sensibilidad lumínica, este dispositivo es altamente recomendable para el sistema objeto de estudio.



- Cámara CCD3005 VX4 de Presentco: sensor CCD Ex-view 1/2" muy sensible de 0'0001 lux, resolución de 600 líneas, dimensiones 35'5 x 40 x 63 mm, peso 98 g, alimentación de 12 Vcc. Altamente recomendable dada su sensibilidad lumínica.



ANEXO I. Relación de Medios Sensores Térmicos

A continuación se expone un listado de sensores térmicos con el fabricante del que proceden y algunos datos técnicos, además de sus correspondientes figuras e imágenes donde se muestra el dispositivo en cuestión.

- Cámara térmica disponible en la UINT MOE: cámara térmica de la casa Flir, sin zoom alimentada mediante batería externa de 12 V, fija, cableada. Emplea el sistema de visualización americano NTSC en vez del europeo PAL, por lo que requiere adaptación a sistema PAL si queremos visualizar la imagen. Su precio aproximado es de 3000'00 €.



- Cámara Gobi-384 de Xenics: salida Camera Link y Ethernet, espectro LWIR, resolución de 384 x 288, velocidad máxima de 50 fps (mínima de 9 fps), incluye DSP para corrección de imagen y comunicación electrónica, dimensiones de 70 x 60 x 50 mm.



- Cámara Gobi-640 de Xenics: salida Camera Link y GigE, espectro LWIR, resolución de 640 x 480, velocidad máxima de 50 fps, incluye DSP para corrección de imagen y comunicación electrónica, dimensiones de 65 x 74 x 70 mm.



- Cámara XEVA-1.7-320 de Xenics: salida Camera Link y USB 2.0, espectro SWIR, resolución 320 x 256, velocidad máxima de 350 fps, incluye Trigger, tamaño de 100 x 100 x 100 mm y peso de 300 g.



ANEXO J. Relación de Medios Soporte Físico y posibilidad Control Remoto

En el presente anexo se muestran las posibilidades en medios respecto a las probables formas de soporte físico del elemento de vigilancia de nuestro sistema de vigilancia: sin movimiento remoto, servos para control de forma remota o usando el propio entorno como soporte.

- Trípode Compacto Leupold: incluido en el presente trabajo por su polivalencia y por el hecho de que la Unidad ya ha realizado prácticas de PRE's con este soporte, el trípode compacto de la casa Leupold puede comprimirse en hasta las 15", llegando a extenderse a las 31'5", gracias a sus patas retráctiles de 4 secciones. Actualmente se encuentra en el mercado por un precio de 142'00 \$.



- Servos: si lo que buscamos no es un soporte fijo, sino más bien una base móvil para nuestros sensores que nos permita realizar movimientos de éstos, a ser posible, en dos grados de libertad de movimiento, es muy interesante la consideración de los "servos" como soporte físico para el elemento de vigilancia.

Un "servomotor de modelismo" (conocido generalmente como servo o servo de modelismo) es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento generalmente es de menos de una vuelta completa.

Con este tipo de bases logramos diversas ventajas sobre un soporte fijo, como pueden ser el hecho de que, al contar con la posibilidad de un mayor campo de visión, un mismo área pueda ser vigilada desde varios puntos con un menor número de sistemas o puestos, también la ventaja de poder realizar pequeños ajustes sobre la posición de los propios sensores desde la BP, sin necesidad de exponer a un miembro de la patrulla a ir a recolocarlos, una vez éstos han sido instalados pero, por vicisitudes del entorno o de la operación, han quedado desenfocados o mal colocados.

En el mercado civil actual, y ante los avances tecnológicos y la generalización de sistemas fundamentados en la robótica, no es difícil encontrar aparatos controlables desde forma remota que sirvan para nuestro propósito.

En primer lugar, debemos tener en cuenta el hecho de que existen servomotores de modelismo tanto analógicos como digitales, lo que nos da unas capacidades distintas en cada caso.

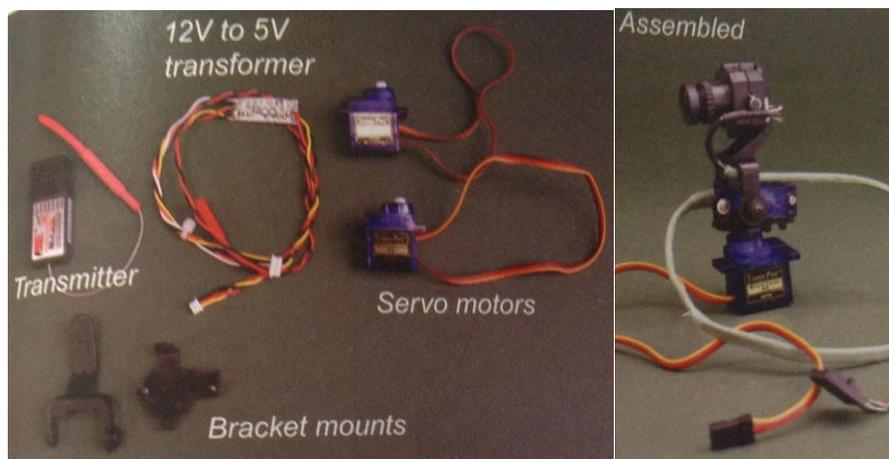
Los servos digitales son similares a los servos convencionales (analógicos), pero cuentan con ciertas ventajas como lo son un mayor par, una mayor precisión, un tiempo de respuesta menor, y la posibilidad de modificar parámetros básicos de funcionamiento (ángulos máximo y mínimo de trabajo, velocidad de respuesta, sentido de giro y posición central, entre otros). Además de un mayor coste, tienen la desventaja de que requieren más energía para su funcionamiento, lo cual es crítico cuando se utilizan en aplicaciones que requieren el máximo ahorro de energía posible. Por esto, de acuerdo con la viabilidad del proyecto en este campo, es conveniente la valoración de servos analógicos.

Podemos realizar el control de un servomotor de modelismo de dos maneras distintas: por controlador específico y por radiocontrol (con la posible existencia de interferencias en este último método).

Los controladores específicos son circuitos especializados en el control de servos, pero de una forma concreta o para una aplicación específica. En este grupo de entran los controladores de movimientos X/Y que con palanca tipo joystick que se utilizan por ejemplo para mover un cabezal Pan and Tilt (movimiento horizontal y vertical de una cámara). Este tipo de controlador incluye en una unidad muy compacta toda la electrónica y el mando de control de forma que se conecta directamente a los servos y a la alimentación y se puede mover una cámara con solo dirigir la palanca.

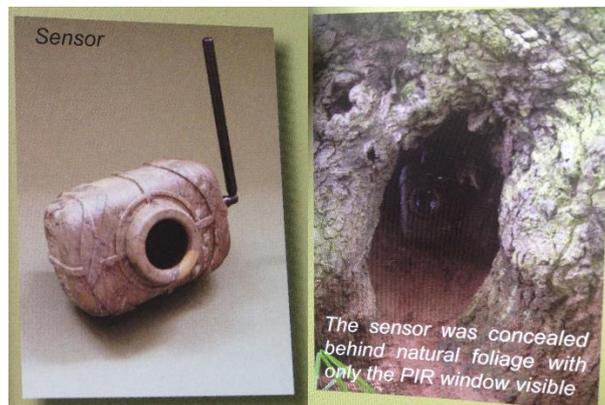


Por radiocontrol nos evitamos el problema embarazoso de los cables. Además, fácilmente podemos encontrar numerosos modelos a muy bajo coste (lo que supone una ventaja, pues sería reemplazable si el anterior quedase inutilizado), de tamaños reducidos, peso despreciable e incluso pensados para soportar a modo de plataformas, cámaras a las que dotar de movimiento en los ejes horizontal y vertical. También existen numerosas aplicaciones para móviles y tabletas con las que realizar el movimiento del servo de forma remota, sin necesidad de joystick. Será necesario proteger el mecanismo de funcionamiento del servo para estanqueizarlo.





- Utilizar el propio entorno como base de nuestras cámaras y sensores: es más simple por el hecho de que no necesitaremos cargar con ningún artilugio en el equipo para utilizarlo como base y porque es más sencillo para realizar el enmascaramiento del sistema (no tendremos que enmascarar trípodes o servos). Sin embargo, deberemos contar con las desventajas de la imposibilidad de ejercer de forma remota un control y un movimiento sobre el elemento de vigilancia y de integrar la cámara o el sensor en una base sólida y ajustable por nosotros. En las imágenes puede apreciarse un sensor y la manera en que éste fue simple y directamente enmascarado y enfocado.



ANEXO K. Posibilidades Transmisión Elemento de Vigilancia – BP

A continuación se expone una serie de posibilidades con las que realizar la transmisión de datos en tiempo real entre nuestros sensores y la patrulla que opera el elemento de vigilancia, cada uno de ellos con sus ventajas y desventajas:

- **Cable:** es un soporte sólido y compacto, sin posibilidad de pérdidas por interferencias. Podríamos utilizar tanto cable Ethernet (“PoE”, *Power over Ethernet*), el cual nos permitiría realizar el intercambio de información tanto en un sentido como en el otro e incluso realizar la alimentación desde BP, como hilo de cobre.

Ventajas:

- a. *Nos proporciona un gran Ancho de Banda.*
- b. *Prácticamente, la influencia de condiciones atmosféricas y otros factores que pudieran alterar la señal mediante interferencias es nula.*
- c. *No emite, por lo que es difícilmente detectable la señal enviada mediante EW (Guerra Electrónica).*
- d. *Barato.*

Desventajas:

- a. *Su gran limitante es la distancia, ya que un enlace por cable entre los sensores y la patrulla podría suponer demasiado peso con el cable como material.*
- b. *Es lento de instalar y requiere un tendido cuidadoso por personal.*
- c. *En su tendido, requiere de un escrupuloso enmascaramiento.*

Transmisores FPV (“First Person View”) de vídeo: es un medio de transmisión de vídeo en Radiofrecuencia en analógico, por lo que no es necesario realizar la compresión de imagen, con lo que ahorramos tecnología de compresión y energía de la alimentación. Para FPV se utilizan unas frecuencias de Tx (transmisión) y Rx (recepción) específicas: 900 MHz (ilegal en España), 1’2 GHz (utilizada por el sistema “CASCAM” visto anteriormente y por los drones MAVTRON y MAJA), 1’3 GHz (necesaria licencia de radioaficionado), 2’4 Ghz, 5 GHz (calidad similar, pero con un alcance más reducido, de 900 m aproximadamente) y 5’8 GHz (usada por dron Phantom II). Cuanto menor sea la frecuencia, mayor será el alcance (con una misma potencia de emisión), mayor será la penetración de obstáculos, menor será el ancho de banda (por lo que la calidad de imagen será menor) y más grandes serán las antenas.

Además de las frecuencias de transmisión, debemos tener muy en cuenta también la potencia de emisión (que suele ser del orden de mW): cuanto mayor sea la potencia de emisión, mayores serán el alcance de la transmisión, el consumo, el tamaño de los transmisores y su calentamiento. Es un medio muy utilizado en sistemas civiles.

Ventajas:

- a. *No es necesaria la compresión de imagen: ahorro de energía, electrónica y dinero.*
- b. *Gran alcance.*
- c. *Posibilidad de accesorios existentes en el mercado, tales como pantallas, gafas de visualización e incluso cámaras específicas para este tipo de transmisión de información (de tipo analógico).*

Desventajas:

- a. Sistema analógico, por lo que técnicamente está atrasado si queremos combinarlo con tecnología en digital.
- b. Más difícil de cifrar que medios digitales.

En las siguientes imágenes se muestran varios ejemplos de transmisores y receptores FPV y algunos accesorios.



La UINT MOE dispone de transmisores de bajo coste de este tipo, así como un ejemplo de gafas de visualización de vídeo:

- Transmisor de 1'2 GHZ: alcance máximo de 3 km, alimentación por batería de 12 V. Óptimo para atravesar edificaciones y vegetación. Conjunto emisor, receptor de vídeo y cables de alimentación e imagen.



- Transmisor de 2'4 GHZ: alcance máximo de 10 km, alimentación por batería de 12 V. Óptimo para largas distancias en espacios despejados.



- Gafas de Visión Multimedia: analógicas y con batería interna.



- **Wi-Fi:** supone establecer una red de Radiofrecuencia comercial de tipo privado, con su direccionamiento IP.

Ventajas:

- Nos da un gran alcance, por lo que la localización de la BP no queda limitada por este medio de transmisión.*
- Fácil de ocultar.*
- Rápido de establecer.*
- Utiliza protocolo digital TCP/IP, lo que significa que la información transmitida sería compatible con los medios y tecnologías actuales, que tienden hacia esta tecnología.*

Desventajas:

- Produce emisión de señal, por lo que es detectable por EW.*
- Una red Wi-Fi puede ser detectada mediante un simple teléfono móvil. Debemos tener en cuenta que la población autóctona de las actuales Zonas de Operaciones, a pesar de contar con escasos recursos económicos, suele ser poseedora de armas y de medios comerciales de telecomunicaciones e información, tales como teléfonos móviles.*

- c. *La información transmitida requiere de compresión digital a protocolo TCP/IP.*

- **Antenas:** significaría realizar la transmisión de la información mediante Radiofrecuencia, gracias a la instalación de antenas discretas en el elemento de vigilancia y en la BP.

Podemos considerar dos tipos de antena: omnidireccional, con la desventaja de que la emisión de señal, al producirse en todas direcciones, es más detectable por EW, y direccional, con el inconveniente de que limitaría a la patrulla operadora en cuanto al establecimiento de su posición.

Ventajas:

- a. *Posibilidad de realización por medio de PR4G, sistema disponible en la Unidad.*
- b. *Posibilidad de realización por medio de Harris, sistema disponible en la Unidad.*
- c. *Posibilidad de realización por medio de Harris 7800, sistema con el que la Unidad y el autor del presente trabajo han realizado prácticas de transmisión de imagen en tiempo real, con opciones de cifrado, enlace omnidireccional a 18 km y 5 Mbps.*
- d. *Todos los medios anteriores ofrecen la posibilidad del cifrado de la información.*

Desventajas:

- a. *Caro.*
- b. *Requiere de la instalación de los equipos y sus antenas.*
- c. *Necesidad de estudio de las capacidades de las antenas, así como de la cobertura.*
- d. *Bajo Ancho de Banda en protocolo TCP/IP para el envío de datos.*

- **GPRS, 3G, 4G:** medios de transmisión comercial muy extendidos y cada vez más baratos en el mercado. Puede utilizarse un simple pendrive o "pincho" con tarjeta SIM que nos proporcione servicio.

Ventajas:

- a. *Barato.*
- b. *Utiliza protocolo TCP/IP.*
- c. *Flexible en cuanto a combinaciones y posibilidades.*
- d. *Gran velocidad de transmisión.*

Desventajas:

- a. *Emplea bandas comerciales.*

Se debe considerar también el uso de **Tarjetas de Memoria** en las propias cámaras o sensores en el caso de que, por motivos técnicos, ambientales u operativos del escenario de la PRE, no fuera viable la transmisión de los datos adquiridos por nuestros sensores por las formas anteriormente expuestas, factor que provocaría la carencia de enlace en tiempo real, pero que permitiría la adquisición de las imágenes para su posterior tratamiento y transmisión.

ANEXO M. Posibilidades Transmisión BP – PC

Por la naturaleza del tipo de misión en que el sistema se pretende emplear, se considera una transmisión para muy largas distancias, en el rango de kilómetros. Por ello, la posibilidad en cuanto a medios con que conseguir el enlace para la transmisión de los datos en tiempo real, con un ancho de banda apropiado y unas características técnico-operativas ajustadas a las necesidades del personal que portará el equipo hasta el área de trabajo, es altamente recomendable el uso de terminales para transmisión vía satélite.

Se expone a continuación una serie de modelos de terminal satélite tipo BGAN ofrecidos por la casa Inmarsat que, por sus especificaciones, deben ser tenidos en cuenta a la hora de considerar el cubrir esta necesidad del sistema de vigilancia objeto de estudio. Tanto los datos técnicos de cada modelo como su Figura correspondiente han sido tomados directamente de la página web de Inmarsat:

- BGAN AddValue Wideye Sabre 1:

Manufacturer:	Addvalue Communications		
Size:	Height:		25.9cm
	Width:		19.5cm
	Weight:	1.6kg	
Standard IP:	Up to 240 / 384kbps (send & receive)		
Streaming IP:	32kbps or 64kbps (send & receive)		
ISDN:	N/A		
Voice:	Via RJ-11 or Bluetooth handset / headset		
Data interfaces:	Bluetooth Ethernet		
Ingress protection:	IP 54		



- BGAN Thrane & Thrane Explorer 700:

Manufacturer:	Thrane & Thrane		
Size:	Height:		29.7cm
	Width:		39.9cm
	Weight:	3.2kg	
Standard IP:	Up to 492kbps (send & receive)		
Streaming IP:	32, 64, 128, 256kbps or BGAN X-Stream™ (send & receive)		
ISDN:	2 x 64kbps		

Voice:	Via RJ-11 (x2) or Bluetooth handset, 3.1 kHz audio		
Data interfaces:	USB		
	Bluetooth		
	Ethernet		(x2)
	WLAN		802.11g
	Digital I/O		
Ingress protection:	IP	52	(transceiver)
	IP 66 (antenna)		



- BGAN Thrane & Thrane Explorer 500:

Manufacturer:	Thrane & Thrane		
Size:	Height:		21.7cm
	Width:		21.7cm
	Weight:	<1.5kg	
Standard IP:	Up to 448 / 464kbps (send & receive)		
Streaming IP:	32, 64 or 128kbps (send & receive)		
ISDN:	Via USB		
Voice:	Via RJ-11 or Bluetooth handset, 3.1 kHz audio		
Data interfaces:	USB		
	Bluetooth		
	Ethernet		
Ingress protection:	IP 54		



- BGAN Thrane & Thrane Explorer 300:

Manufacturer:	Thrane & Thrane
---------------	-----------------

C.A.C. Transmisiones Carlos Barquín Portillo

Size:	Height: 21.7cm Width: 16.8cm Weight: 1.4kg
Standard IP:	Up to 240 / 384kbps (send & receive)
Streaming IP:	32 or 64kbps (send & receive)
ISDN:	N/A
Voice:	Via RJ-11 or Bluetooth
Data interfaces:	Bluetooth Ethernet
Ingress protection:	IP 54



- BGAN Hughes 9201:

Manufacturer:	Hughes Network Systems
Size:	Height: 34.5cm Width: 27.5cm Weight: 2.8kg
Standard IP:	Up to 492kbps (send & receive)
Streaming IP:	32, 64, 128, 256kbps or BGAN X-Stream™ (send & receive)
ISDN:	1 x 64kbps
Voice:	Via RJ-45 ISDN handset, RJ-11
Data interfaces:	USB Ethernet WLAN 802.11b
Ingress protection:	IP 55



- BGAN vehicular AddValue Safari:

Manufacturer:	Addvalue Communications Pte Ltd			
Size:	Transceiver unit:	Height:	34.0cm	
		Width:	25.3cm	
		Depth:	6.15cm	
		Weight:	3.5kg	
	Handset:	Height:	14.2cm	
		Width:	5.6cm	
		Depth:	2.2cm	
		Weight:	0.39g	
Standard IP:	Up to 448 / 464kbps (send & receive)			
Streaming IP:	8, 16, 32, 64, 128kbps			
ISDN:	N/A			
Voice:	4kbps, 3.1 kHz audio			
Fax:	Group 3 fax via 3.1kHz audio			
Interfaces:	RJ-11		(2)	
	RJ-45		(4)	
	Ethernet	(2	x	PoE)
	RF		connector	
	DC	power	input	
	NMEA-0183	-	GPS	output
	Wi-Fi			
Operational temp:	Antenna unit:	-25 °C to +55 °C		
	Transceiver unit:	-25 °C to +55 °C		



- BGAN vehicular Thrane & Thrane Explorer 727:

Manufacturer:	Thrane & Thrane		
Size:	Terminal:	Height:	26.5cm
		Width:	27.3cm
		Depth:	4.3cm
		Weight:	2.5kg
	Antenna:	Height:	47.7cm
		Width:	15.2cm
		Weight:	6kg

C.A.C. Transmisiones Carlos Barquín Portillo

Standard IP:	Up to 492kbps (send & receive)	
Streaming IP:	32, 64, 128, 256kbps (send & receive) *	
ISDN:	64/56kbps **	
Voice:	2 x 2-wire, RJ-11 phone/fax, 3.1kHz audio	
Data interfaces:	4 x Ethernet, 1 x ISDN (RJ-45)	
Ingress protection:	Terminal:	IP 31
	Antenna:	IP 56



ANEXO N. Ampliación datos Procesador Raspberry Pi

El procesador de bajo coste Raspberry Pi puede integrarse con varios dispositivos interesantes desde el punto de vista de la presente memoria: sensor diurno y sensor infrarrojo.

El sensor diurno posee una resolución de 5 megapíxeles y puede grabar vídeo a 1080p H.264 a 30 fps. Las dimensiones del módulo son de 25 x 20 x 9 mm. Para poder hacer uso de él, se tiene que activar en el menú rasp-config de Raspbian.

También existe cámara IR.

Otros periféricos y carcasas son comercializados por empresas ajenas a la fundación Raspberry Pi, como por ejemplo LEDs, interruptores, señales analógicas, sensores, y otros dispositivos. También incluye un controlador opcional para Arduino para poder interactuar con el Raspberry Pi.

Especificaciones técnicas

	Modelo A	Modelo B	Modelo B+
SoC: ⁵	Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + DSP + SDRAM + puerto USB) ³		
CPU:	ARM 1176JZF-S a 700 MHz (familia ARM11) ³		
Juego de instrucciones:	RISC de 32 bits		
GPU:	Broadcom VideoCore IV, ⁶⁰ OpenGL ES 2.0, MPEG-2 y VC-1 (con licencia), ⁵⁸ 1080p30 H.264/MPEG-4 AVC ³		
Memoria (SDRAM):	256 MiB (compartidos con la GPU)	512 MiB (compartidos con la GPU) ⁴ desde el 15 de octubre de 2012	
Puertos USB 2.0: ⁵⁴	1	2 (vía hub USB integrado) ⁵³	4
Entradas de vídeo: ⁶¹	Conector MIPI CSI que permite instalar un módulo de cámara desarrollado por la RPF		
Salidas de vídeo: ⁵	Conector RCA (PAL y NTSC), HDMI (rev1.3 y 1.4), ⁶² Interfaz DSI para panel LCD ^{63 64}		
Salidas de audio: ⁵	Conector de 3.5 mm, HDMI		
Almacenamiento integrado:	SD / MMC / ranura para SDIO		MicroSD
Conectividad de red: ⁵	Ninguna	10/100 Ethernet (RJ-45) via hub USB ⁵³	
Periféricos de bajo nivel:	8 x GPIO, SPI, I ² C, UART ⁶⁰		
Reloj en tiempo real: ⁵	Ninguno		
Consumo energético:	500 mA, (2.5 W) ⁵	700 mA, (3.5 W)	600 mA, (3.0 W)
Fuente de alimentación: ⁵	5 V vía Micro USB o GPIO header		
Dimensiones:	85.60mm x 53.98mm ⁶⁵ (3.370 x 2.125 inch)		
Sistemas operativos soportados:	GNU/Linux: Debian (Raspbian), Fedora (Pidora), Arch Linux (Arch Linux ARM), Slackware Linux. RISC OS ²		



En la siguiente Figura se muestra un ordenador Raspberry Pi modelo B con una serie de accesorios comerciales de bajo coste acoplados: monitor, mini teclado, memoria USB y batería comercial USB de 5V.

