MEMORIAL DEL ARMA DE INGENIEROS

INGENIEROS-EOD

TRANSMISIONES, CIS y EW

MEMORIAL
DEL
ARMA DE INGENIEROS

Núm. 98

JULIO 2017

AÑO CLXXIII

FUNDADO EN 1846

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
http://publicacionesoficiales.boe.es/

Edita:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

https://publicaciones.defensa.gob.es

© Autores y editor, 2017

NIPO: 083-15-223-1 (impresión bajo demanda)
NIPO: 083-15-224-7 (edición en línea)

ISSN: 2444-7749

Fecha de edición: julio 2017

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad de los autores de la misma.

Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

CONSEJO DEL MEMORIAL

DIRECTOR
Coronel director
de la Academia de Ingenieros e inspector del Arma
Miguel Ángel Guil García

CONSEJO DIRECTIVO
General jefe del Mando de Ingenieros
y General jefe de la Brigada de Transmisiones

SUBDIRECTOR Y JEFE DE REDACCIÓN
Coronel secretario del Arma de la Academia de Ingenieros

CONSEJO DE REDACCIÓN
Jefe de Estudios Tcol. Ángel Emilio Sáez Mora. Jefes de las Jefaturas de Adiestramiento y Doctrina de Ingenieros. Tcol. jefe del Centro Internacional de Desminado Fernando Baraza Falcón. Jefe del Departamento de Sistemas de Armas de Ingenieros, Castrametación y Vías de Comunicación Tcol. Pablo Martin Fernández. Jefe del Departamento de Instrucción y Adiestramiento de. Ingenieros Cte. Miguel Ángel San Emeterio Outón. Jefe del Departamento de Sistemas de Armas y Telecomunicaciones Cte. José Luis Fernández Arroyo. Jefe del Departamento de Instrucción y Adiestramiento de Transmisiones Tcol. Roberto Gustavo Jiménez Fernández. Jefe del Departamento de Informática Cte. José Antonio Porta Canales. Suboficial mayor de la Academia de Ingenieros Jose Luis Fraile Alcantara. Diseño y coordinación STte. Fco. Javier Regidor López

PUBLICACIÓN
Academia de Ingenieros. Teléfonos 918 562 200
Exts. 5215 - 5256
RCT. 819 5215 – 819 5256
Memorial_ingeniros@et.mde.es

Los números editados se pueden consultar en formato electrónico en: https://publicaciones.defensa.gob.es/revistas

APP REVISTAS DEFENSA: disponible en tienda Google Play **http://play.google.com/store** para dispositivos Android, y en App Store para iPhone e iPads**, http://store.apple.com/es**

Este Memorial se puede solicitar en papel en la modalidad de impresión bajo demanda. Impreso de solicitud disponible al final del Memorial

«El Memorial del Arma de Ingenieros es una revista técnica militar fundada el 1 de enero de 1846 por el ingeniero general D. Antonio Remón Zarco del Valle y Huet, con la finalidad de difundir entre los oficiales del Cuerpo aquellos estudios y conocimientos que más les podían interesar y, al mismo tiempo, darles facilidades para que el resultado de sus trabajos y el fruto de su experiencia fueran conocidos».

La revista ha llegado hasta nuestros días gracias a la colaboración de los componentes del Arma, que con sus trabajos, que representan únicamente la opinión de sus autores, trasmiten a los demás el fruto de su saber y experiencia, consiguiendo que la razón de ser del Memorial continúe siendo la que pretendiera.

SUMARIO

Ingenieros

Gestión integral del agua en campamentos militares 7

Calculador de campamentos 35

Transmisiones CIS y EW

Estudio sobre la integración de un sistema de seguimiento de tropas en el FFT (Friendly Force Tracking) 49

Integración de los circuitos IRR, ADL y HOT del MAAA a través del terminal satélite TLB-IP 61

Cuando el Memorial recobra la memoria

Las comunicaciones radiotelegráficas a través del Atlántico 81

Información general y varios

Ingenieros, sus músicas y sus himnos 89

Prototipo de cogenerador de 50 Kva 113

Novedades del Arma

Ascensos 129

Día de la Unidad RT 22 133

San Fernando y la Laureada al Regimiento de Ingenieros 135

Noticias de la Academia

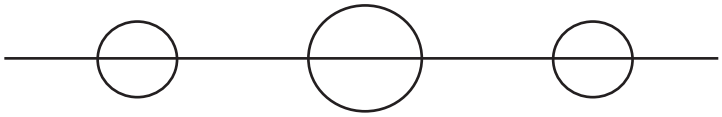
Ascenso JEMAD 141

Acto de clausura del XXXVIII Curso para la obtención del Diploma de Informática Militar para Personal de varios Ejércitos y Guardia Civil 142

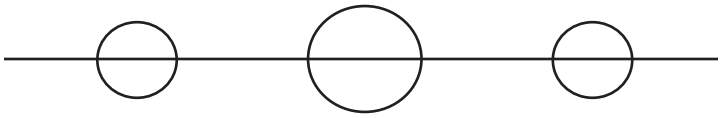
Colaboración bilateral Jordania/España. Cooperación en el campo de los ingenieros militares en desminado, EOD y C-IED 143

Jornadas de Recuperación en ambiente Hostil 144

Reseña Bibliográfica 145



Ingenieros



GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA EN CAMPAMENTOS MILITARES

Jaime Lancho Cenamor
Comandante de Ingenieros

NOTA BIOGRÁFICA:

Comandante de Ingenieros Jaime Lancho Cenamor.

Destinado en la ACING, es profesor en el Departamento de Ciencia militar de Ingenieros.

Imparte la asignatura de Táctica y Logística de Ingenieros y la asignatura de Ingeniería Sanitaria en colaboración con el Departamento de Técnica militar de Ingenieros.

Ha realizado, entre otros, los cursos de Zapador Anfibio y el Curso de Vías de Comunicación y Castrametación para oficiales del CGEOF.

Ha participado en diversas misiones en ByH y en Líbano.

Ha tenido entre otros destinos los siguientes:

RING 1, RING 4, RING 8, AALOG 11 y ACING.

La gestión integral del agua (a partir de ahora GIA) en los campamentos es uno de los factores más influyentes en la elección de su emplazamiento y contribuye enormemente al éxito de su construcción y posterior ocupación por las fuerzas militares.

Históricamente el agua ha sido uno de los elementos más estudiados en la construcción de campamentos, fortificaciones y castillos de los cuales tenemos innumerables ejemplos como el asedio de Masada en Judea por parte de Roma, los aljibes árabes construidos en centenares de castillos en España y las referencias a los mismos del «Tratado de Castrametación o Arte de campar» del teniente coronel Ferraz a principios del siglo XIX.

Por esta razón se debe tener muy en cuenta este punto de vista en el reconocimiento previo a realizar en la zona de despliegue. El oficial de Ingenieros que forme parte de dicho reconocimiento tiene que estar capacitado para asesorar convenientemente al jefe en cuanto a la conveniencia de una ubicación propuesta desde la perspectiva de la GIA.

Asimismo y una vez decidida la situación del campamento el oficial de Ingenieros que diseñe el sistema completo de la GIA lo debe acometer desde una visión global, empezando por la realización del inventario de recursos hídricos de la zona, abarcando los superficiales, subterráneos y atmosféricos. Este inventario debe contemplar los aspectos de cantidad y calidad; siendo muy importante para ambos aspectos recabar toda la información posible referente a las actividades humanas en la zona. En concreto debe determinarse qué recursos hídricos emplea la población local y en qué cantidades, y qué actividades desarrolla que puedan ser fuente de contaminación del agua (agrícolas, ganaderas, industriales o humanas) siguiendo por la captación y acabando por la evacuación de las aguas residuales.

Se va a desarrollar a continuación este estudio con la finalidad de dotar al oficial de Ingenieros de una guía que le ayude en esta tarea y le proporcione las herramientas adecuadas junto con la bibliografía de referencia con la que pueda resolver las cuestiones técnicas que se presenten así como las dificultades que sin duda le surgirán debido a la amplia casuística posible.

1. Concepto de la GIA

La GIA comprende las siguientes fases:

— Captación
— Conducción
— Tratamiento
— Almacenamiento
— Distribución
— Saneamiento

Estas fases se pueden agrupar en dos procesos: el abastecimiento y el saneamiento.

El abastecimiento comprende la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua destinada al consumo mientras que el saneamiento abarca acciones necesarias para la evacuación de las aguas residuales, bien sea la conducción y tratamiento de las aguas blancas, grises y negras o su almacenamiento temporal en fosas sépticas y posterior retirada por parte de empresas especializadas que disponen de cubas dotadas de bombas de succión así como de los fangos resultantes del tratamiento de las aguas residuales.

Para realizar un diseño acertado y optimizar la GIA debemos tener en cuenta una serie de factores comenzando por la ubicación correcta del campamento que se trata en el punto 2.

Una vez decidido un emplazamiento que disponga de agua suficiente para nuestras necesidades nos enfrentamos al diseño de todo el sistema de aguas y debemos hacerlo desde un punto de vista amplio y con visión de conjunto, descendiendo posteriormente a cada una de los elementos que lo componen.

Esto supone evitar el sobredimensionamiento de algunos elementos que luego podrían provocar embudos en unos casos y cuellos de botella en otros, que no podrían dar abasto con el caudal recibido haciendo vulnerable e ineficiente al conjunto.

Si captamos y distribuimos más agua de la que podemos evacuar y tratar adecuadamente en la EDAR es evidente que se tendrán que tomar medidas correctivas que normalmente serán difíciles de poner en práctica una vez ocupado y operativo el campamento, además de caras e incómodas para el personal que lo ocupa.

Como primera aproximación debemos contar con la dotación de agua que el mando ordene para el personal que va a ocupar el campamento. Esta dotación a priori estará siempre por encima de los 150 litros por hombre y día según el STANAG 2885 «Abaste-

cimiento de emergencia de agua en tiempo de guerra», pero puede variar enormemente en función de multitud de factores como la climatología, la moral de las tropas y una larga lista de posibilidades.

Una vez definido este dato podemos dimensionar las bombas hidroneumáticas para poder impulsar la cantidad de agua diaria necesaria así como el sistema de conducción preciso para llevarla a los depósitos.

Estos depósitos se dimensionan también partiendo de la cantidad de agua necesaria para un día de dotación que puede ser ampliado en función del agua de reserva que se decida almacenar y del agua contra incendios si se obtiene del mismo punto de aguada.

Con estos datos de consumo junto a la calidad del agua a la entrada se dimensiona la planta de depuración necesaria para poder tratar diariamente la cantidad de agua determinada. El caso más habitual es emplear las depuradoras en dotación del ET, conociendo sus posibilidades en función del tipo de agua bruta a tratar pero no se debe descartar la posibilidad de emplear potabilizadoras civiles de adquisición en ZO si fuera necesario. Es muy importante conocer los potenciales contaminantes que podemos encontrar en el agua para diseñar adecuadamente las fases de potabilización necesarias, evitando otras que nos reduzcan el rendimiento o impliquen añadir reactivos innecesarios al agua que luego consumiremos.

El siguiente punto sería el diseño de la red de distribución capaz de llevar el agua a los puntos necesarios del campamento intentando hacerlo de la forma más eficiente posible, agrupando los grandes consumidores, optimizando la ubicación de los contenedores de ablución en función de las necesidades y de la comodidad del personal y garantizando que en caso de avería o rotura se puede aislar la misma y enviar el suministro de agua por otra rama de la red empleando redes malladas.

Llegados a este punto hay que decidir el empleo del agua pluvial y qué hacer con las aguas grises.

Si el agua de lluvia se va a recoger es necesario diseñar una red específica y en función del destino que se le vaya a dar, almacenarla y tratarla del modo adecuado. El aprovechamiento del agua de lluvia puede complicar bastante el diseño de la red de abastecimiento, por lo que es conveniente agotar otras posibilidades antes de recurrir a él.

La solución óptima para el aprovechamiento de las aguas pluviales pasa por su recogida en «balsas de recarga» (balsas en terreno permeable que recogen el agua pluvial y facilitan su infiltración en el terreno). Las ventajas de esta solución son: capacidad ilimitada de almacenamiento en el acuífero, filtración y depuración del agua por el propio terreno elimina los riesgos sanitarios de las aguas estancadas. Esta solución solo es factible si el terreno presenta condiciones adecuadas: idealmente depósitos de naturaleza aluvial con un nivel freático no excesivamente próximo a la superficie (>3m).

El agua de lluvia se puede emplear como agua bruta para consumo humano, en cuyo caso se debe desechar como primera medida los minutos iniciales de precipitación que arrastran contaminación. También es necesario decidir si se emplea solo el agua de las

cubiertas o también la de viales, aparcamientos, etc. En función de estas decisiones se diseña la red de aguas pluviales de aprovechamiento y además también influye en el sistema de drenaje del campamento. El agua recogida para consumo se debe almacenar y tratar como el agua de captación del acuífero de abastecimiento mientras que la recogida para empleo como agua doméstica debe almacenarse y tratarse aparte.

Si se recogen las aguas pluviales pero no se emplean para potabilizarlas sino para agua doméstica se deben tratar de modo específico y almacenar en depósitos claramente diferenciados de los de agua potable y debidamente señalizados. Esta red debe estar totalmente separada de la de potables y siempre discurrir por debajo de esta en los tramos comunes.

En el peor de los casos, no recoger las aguas pluviales, se debe tener previsto su drenaje y si va a ir a parar a una red unitaria de evacuación junto con las negras y grises, hay que tenerlas en cuenta para dimensionar la EDAR.

Las aguas grises se pueden unir a las aguas negras en redes unitarias en cuyo caso hay que tenerlas en cuenta para el dimensionamiento de la EDAR o bien se pueden unir a las aguas pluviales cuando esta se vaya a utilizar como agua doméstica. Con el actual diseño de los contenedores de ablución con los que cuenta el ET, las aguas grises y negras de estos contenedores discurren por redes unitarias y reciben el mismo tratamiento pero no así las aguas grises de cocinas y lavanderías que pueden ser tratadas como agua doméstica junto a las pluviales.

En función de la escasez de agua en la zona y del presupuesto entre otros factores, se debe optar por un sistema que optimice el empleo del agua y no encarezca la construcción de un modo prohibitivo. Ante la duda, cuanta más agua pluvial aprovechemos y más agua gris reutilicemos más eficiente y ecológica será nuestra instalación y menos impacto negativo tendrá en el medio ambiente y en la población local minimizando nuestra huella hídrica.

Las aguas negras deben ir todas a tratamiento en la EDAR, que se dimensionará contando con las aguas grises y blancas que proceda.

Como primera aproximación se debe contar con que el 85 % del agua de abastecimiento va a la red de evacuación.

2. Criterios para la elección del emplazamiento del campamento

En el reconocimiento previo para la elección del emplazamiento se deben tener en cuenta multitud de factores para asesorar adecuadamente al jefe sobre la mejor ubicación **desde el punto de vista de la GIA** que necesariamente habrá que coordinar con las necesidades tácticas, de seguridad y de cualquier índole que puedan influir en la conveniencia del establecimiento del campamento en un punto concreto.

El oficial de Ingenieros deberá tener prevista esta circunstancia para poder flexibilizar sus propuestas y argumentarlas razonadamente si llega el caso, exponiendo todas las posibilidades con sus pros y contras.

Independientemente de la zona de despliegue, se han de realizar una serie de acciones previas al desplazamiento para recabar la mayor cantidad posible de información a fin de tener una visión de conjunto sobre lo que se espera de nuestro asesoramiento en el aspecto de la GIA.

Hay que conocer en lo posible la idea del jefe en cuanto a la misión general de la Fuerza, la capacidad del campamento, la permanencia del despliegue, la ubicación geográfica del mismo, la situación de seguridad en la zona, etc.

Para ello se tratará de recabar esta información por todos los medios posibles incluidas fuentes abiertas que serán debidamente contrastadas.

En cualquier caso se hace imprescindible conocer:

— Zona geográfica del despliegue y su topografía.
— Climatología con especial atención a las temperaturas, pluviosidad y tormentas.
— Tiempo estimado de permanencia del campamento.
— Número de personas que ocuparán el campamento.
— Hidrología de la zona.
— Calidad del agua de la zona.
— Infraestructura hidráulica existente y su estado.
— Empresas del sector del agua en la AOR tanto locales como las contratadas que puedan operar en la zona.
— Situación de la seguridad y ambiente de la población respecto a la Fuerza.
— Impacto probable en poblaciones cercanas que pudiera tener la explotación de los acuíferos de la zona por nuestra parte.
— Actividad industrial, agrícola o ganadera desarrollada en el entorno de la base y su potencial contaminador.
— Resto de informaciones que pudieran influir en la propuesta de ubicación.

Con estas premisas respecto al agua se estará en condiciones de optimizar el tiempo del que se disponga para el reconocimiento en la zona que siempre será escaso.

Pasamos a analizar cada necesidad de información propuesta para concretar los datos a recabar en cada una de ellas.

2.a. Zona geográfica del despliegue y su topografía

Mediante petición al CGE (Centro Geográfico del Ejército) se recabará la cartografía de la zona con diferentes escalas para su estudio.

Se debe ampliar con fotografía aérea tanto obtenida por conducto oficial como por la obtenida de fuentes abiertas.

Si existe la posibilidad de obtener información de puntos concretos mediante UAV, drones, etc., se deben explotar para un mejor conocimiento de la zona.

El objetivo es tener una idea clara del aspecto de la zona tanto de su relieve, cursos y masas de agua, núcleos de población cercanos, etc.

Es necesario prestar especial atención a la toponimia ya que nos dará información adicional sobre la posible existencia de fuentes, manantiales, etc. Para ello se hará necesario el apoyo de traductores debidamente acreditados en las ocasiones en las que las leyendas e indicaciones de los mapas estén escritas en idiomas que no domine el oficial que acometa esta tarea.

Si es posible, localizar mapas geológicos serán de gran ayuda para localizar masas de agua subterránea para posibles captaciones a la vez que facilita información para pronosticar la profundidad de la capa freática, a determinar ya en el reconocimiento y que debería estar al menos a 3,5 metros debajo de la superficie del terreno.

Es frecuente que en países en vías de desarrollado la población local viva sobre importantes acuíferos profundos que no explota por carecer de infraestructura o de fuentes de energía para captar el agua; conformándose con explotar acuíferos superficiales de peor calidad. El estudio y evaluación de los recursos subterráneos es una tarea compleja que requiere de expertos (titulados en hidrología subterránea). El límite de profundidad de las captaciones subterráneas viene determinado por el coste energético de la elevación del agua (a partir de 90 m no es rentable), si bien el agua puede encontrarse confinada a profundidades superiores (>300m) pero, por encontrarse a presión, el agua surja del acuífero y el nivel piezométrico quede localizado próximo a la superficie (acuífero confinado surgente).

Entre los condicionantes a tener en cuenta está la pendiente del terreno. Se debe evitar el llano por la dificultad que plantea a la necesaria red de drenaje de aguas pluviales del campamento. La elección de un emplazamiento con una ligera pendiente media de alrededor del 3 % y por debajo del 5 % facilita esta evacuación además de simplificar el diseño de las redes de distribución y evacuación. Especial atención hay que prestar a los llanos inundables para evitarlos por todos los medios por los evidentes inconvenientes que presentan.

También es necesario estudiar la facilidad para la evacuación de pluviales y residuales tratadas a cursos de agua, barrancos y puntos apropiados que no nos ocasionen conflictos con la HNS.

2.b. Climatología, con especial atención las temperaturas, pluviosidad y tormentas

Las temperaturas máximas influirán en la necesidad de suministro de agua al personal desplegado. A mayor temperatura mayor necesidad de agua por persona y día. Es importante tratar de no bajar la ratio si no es imprescindible por el impacto de esta acción en la moral de las tropas. No hay que olvidar que la temperatura del agua de boca es un factor muy importante de su calidad y que por encima de 20º C aumenta el riesgo de proliferación de microorganismos no deseados y es menos apetecible para el personal, al cual debemos ofrecerle siempre que sea posible agua de boca a una temperatura lo más constante posible entre 5 y 15º C.

Las temperaturas máximas y mínimas influirán en la protección que demos a los depósitos de regulación y a la red de distribución. Las temperaturas máximas elevadas facilitan la evaporación de las reservas de agua en los depósitos por lo que aconsejarán también su protección al menos con sombrajos

El riesgo de heladas que podrían romper las conducciones puede imponer el enterramiento de las conducciones a más de 60 cm de profundidad y también la cobertura y protección lateral de los depósitos.

Estas circunstancias podrían incluso aconsejar el empleo de depósitos enterrados o semienterrados en vez de los depósitos superficiales de dotación del ET.

En cuanto a la pluviosidad se hace necesario estudiarla para saber si es constante o estacional ya que si se pretende explotar los recursos pluviales para el abastecimiento, es fundamental conocer la distribución de las lluvias. Con superficies lisas (cubiertas o pavimentos) hay que despreciar todas las precipitaciones por debajo de 3 mm y para superficies de tierra o con cubierta vegetal, por debajo de 10 mm. Se debe también estudiar el mapa de isoyetas de la zona para calcular el dimensionamiento de los drenajes por los viales del campamento, la probable pista de circunvalación para la seguridad, los bombeos de los viales y helipuerto así como de las explanadas existentes.

Esta circunstancia puede aconsejar, en caso de emplear contenedores en el campamento, el diseño y ejecución de un sistema de canalones y bajantes con imbornales para la recogida de las aguas y su almacenamiento en depósitos de aguas pluviales para posteriores empleos como reservas contraincendios, riegos y baldeo de viales y explanadas si es conveniente, incluso riego de jardines y zonas verdes en campamentos permanentes y semipermanentes.

El estudio de las tormentas y trombas de agua ocasionales puede aconsejar la construcción de un depósito de tormentas para evacuar y almacenar ese exceso de agua de forma conveniente. Se tendrá en cuenta el posible tratamiento del agua y su liberación al sistema hidráulico de la zona para evitar la proliferación de insectos por las posibles molestias y enfermedades que pudieran afectar al personal que ocupa el campamento empleando las balsas de recarga anteriormente descritas en el punto 1.

Todos los depósitos deben estar preservados de la intemperie por protección vertical y horizontal para minimizar el impacto de la radiación solar, el gradiente de temperaturas y la posibilidad de que el agua se contamine con partículas en suspensión. Esta protección puede ser realizada inicialmente con tiendas colectivas tipo modular para ser posteriormente perfeccionada.

2.c. Tiempo estimado de permanencia del campamento

En función del tiempo de ocupación la infraestructura del campamento se irá perfeccionando y haciéndose más compleja, pasando de una entrada inicial en tiendas y empleo de WC químicos con servicios mínimos de agua como alimentación y duchas, considerados como esenciales en campamentos temporales, hasta diseños permanentes y semipermanentes que contemplen unas completas redes de abastecimiento y saneamiento con servicios de lavandería, cooperativa, jardines, etc.

En los casos de campamentos que evolucionan por aumento del tiempo de ocupación y por consiguiente van cambiando su diseño es necesario tener previstos los cambios en la cantidad de agua que debemos tener almacenada en los depósitos de regulación, el paso de WC químicos a contenedores de ablución conectados a fosas sépticas o a redes de saneamiento así como las capacidades de distribución de agua potable y de depuración en la EDAR al objeto de evitar los «cuellos de botella» por donde la red de la GIA puede verse colapsada. No debe existir premura en la sustitución de los WC químicos ya que son una solución muy eficiente en la gestión de las aguas residuales en los campamentos, especialmente mientras no exista una red de tratamiento de aguas residuales bien desarrollada.

Se deberá tener en cuenta en estos campamentos en evolución la posibilidad de aprovechamiento de las aguas pluviales y grises con la consiguiente construcción de redes y depósitos propios con un tratamiento específico para su empleo como agua doméstica tanto en la instalación de depósitos contra incendios como de riego, lavado de vehículos, etc. Para lograrlo es muy importante, desde las primeras fases de la construcción de la base, diferenciar la red de evacuación de aguas negras (incluyendo los vertidos de grasas u otros contaminantes) de las que solo llevan trazas de detergentes (aseo personal).

2.d. Número de personas que ocuparán el campamento

El número de personas que ocupen el campamento es determinante para realizar el diseño de todo el sistema.

Es necesario contemplar en el dimensionamiento no solo la Fuerza prevista sino los posibles refuerzos que se alojen de forma temporal (Bon electoral de Afganistán) y los transeúntes.

Este número de personas puede en función de la situación llegar casi al 50 % de aumento en pequeños campamentos.

Como datos de inicio de los cálculos se partirá de un mínimo de 150 litros por persona y día de agua potable aunque en épocas de restricción puede llegar a un mínimo de 25 litros por persona y día, producción de 50 litros de aguas negras por persona y día y un ratio de un WC y una ducha cada 10 personas.

La situación irá variando, por lo que estos datos lo harán también en uno u otro sentido, de modo y manera que puede darse la situación de la Base Cervantes en el Líbano (sin restricciones) o bien extremando las medidas de control de consumo de agua (COP en determinadas situaciones) .

Las ULOG desplegadas en ZO tendrán además la cantidad de agua embotellada en sus almacenes y contenedores isotermos que definan los PROL en función del número de personas que se alojen en el campamento y de la reserva marcada en DOS (días de suministro). La norma OTAN conocida como DFI marca siete DOS de reserva.

El número de personas del campamento también define el número de refugios, estos refugios pueden tener dotación de agua embotellada para el número previsto de ocupantes en un tiempo a determinar por el jefe. Esta cantidad de agua almacenada debe

ser periódicamente revisada y renovada cuando se acerque su fecha de consumo preferente. Un PROL definirá el modo de actuación para emplear el agua de los refugios en el comedor para consumo inmediato antes de la fecha de consumo preferente y evitar su caducidad y consiguiente desperdicio.

2.e. Hidrología de la zona

La hidrología de la zona es otro elemento determinante a la hora de elegir una ubicación.

La mejor opción será que el punto de captación de agua para consumo se encuentre en el interior del campamento debido a la servidumbre logística que implica el transporte del agua y a la vulnerabilidad que supone para la seguridad del personal durante los trayectos, fácilmente identificables por eventuales elementos hostiles, así como la posibilidad de sufrir sabotajes en el propio punto de captación.

Otra buena opción es enganchar a la red de distribución local de agua potable y canalizar las aguas negras al sistema de saneamiento público pero este no será el caso más habitual.

En cualquier caso siempre debe garantizarse una capacidad de almacenamiento mínima en el interior de la base (siete DOS según DFI).

Si no es así se impone un estudio en profundidad de los recursos hídricos de la zona tanto superficiales como subterráneos para buscar la mejor opción de captación de aguas y de evacuación de aguas residuales.

2.f. Calidad del agua de la zona

La calidad del agua de consumo debe cumplir las condiciones del STANAG 2136. El servicio sanitario (Farmacia) es el encargado de comprobar estos estándares de calidad y el único autorizado para realizar los análisis de potabilidad del agua.

No obstante en el estudio previo a realizar se deben evitar en lo posible masas de agua y ríos con evidentes síntomas de contaminación, aguas abajo de industrias contaminantes que evacuen aguas residuales al curso o masa de agua, explotaciones agrícolas y ganaderas en las mismas condiciones citadas y demás posibles casos sospechosos de contaminar el agua.

Se deben realizar análisis previos por parte del personal de Ingenieros que si bien no garantizan la potabilidad del agua, sí discrimina emplazamientos claramente contaminados.

No obstante la contaminación «per se» no es un impedimento para el aprovechamiento de los recursos hídricos. Lo fundamental es conocer que actividades se han desarrollado en el entorno y a partir de estos datos solicitar que se incluya en los análisis de agua el muestreo de los parámetros que indiquen la presencia de estos contaminantes. Una vez identificados los contaminantes presentes se debe evaluar el riesgo y la rentabilidad de los procesos para eliminar dichos contaminantes del agua y ponderar la solución junto con otras alternativas de abastecimiento.

Uno de los primeros análisis a realizar es el de las cualidades organolépticas del agua y su turbidez así como de la presencia de venenos y metales pesados que puede aportarnos datos importantes sobre las posibilidades de consumo del agua a estudiar.

En el estudio de calidad del agua se deben tener en cuenta todas las posibilidades de captación, desde las aguas superficiales de ríos y lagos hasta el agua de lluvia, aguas subterráneas y en el peor de los casos aguas salobres y saladas.

Una guía valiosa para nuestro estudio es el STANAG 2885 sobre suministro de emergencia de agua.

2.g. Infraestructura existente y su estado

Las redes locales de suministro y evacuación deben ser la primera prioridad para el abastecimiento y evacuación del agua en los campamentos militares junto con la captación en el interior del propio campamento.

Según el STANAG 2885:

«Las necesidades de agua de las Fuerzas armadas son normalmente cubiertas por los sistemas públicos de suministro de agua. En caso de interrupción del abastecimiento normal de agua y del abastecimiento de agua preparado para la situación de defensa que es independiente de los sistemas públicos, las Fuerzas armadas deben ser capaces, si quieren conservar su capacidad operativa, de satisfacer sus necesidades de agua potable y doméstica gracias a un abastecimiento de emergencia asegurado por sus propios medios».

Por esta razón evaluaremos la infraestructura local de abastecimiento y evacuación de agua para los campamentos militares sin perder de vista la calidad del agua suministrada y evacuada.

Siempre que sea posible usaremos estas redes por la economía de medios y tiempo de puesta en servicio sin embargo se mantendrán las siguientes precauciones:

— Empleo de depósitos de regulación con capacidad de reserva de emergencia a evaluar según la situación, siendo en una COP la capacidad aconsejable de siete (7) días.
— Controles periódicos de la calidad del agua de abastecimiento siendo más frecuentes y aleatorios cuanto más elevada sea la amenaza.
— Chequeo periódico de la calidad del agua residual a la salida del campamento en su camino a la EDAR.

Normalmente un contaminante no es detectado si no se somete la muestra de agua al análisis específico para ese contaminante. Por esto, es necesario prestar atención a parámetros del agua que nos indican la presencia de anomalías:

— Balance iónico → si existe una diferencia entre el sumatorio de aniones y el de cationes (equivalentes) el agua presenta algún contaminante que no ha sido muestreado.
— pH → valores inferiores a 6,5 o superiores a 7,5 deben de despertar sospechas.
— Conductividad eléctrica o residuo seco → incrementos o variación repentina de su valor.

La conducción del agua de suministro a los campamentos desde la red local se realizará normalmente mediante tubo de polietileno normalizado del calibre adecuado al caudal necesario en función de la demanda de agua calculada.

2.h. Empresas del sector del agua en la AOR

La existencia de empresas o la posibilidad de contratarlas tanto nacionales como de la organización de la que dependamos (OTAN, ONU, etc.) es otro de los puntos a estudiar.

Es relativamente habitual externalizar determinados servicios en función de la situación. Entre estos servicios se encuentran el abastecimiento de plantas potabilizadoras y su mantenimiento pudiendo ser explotadas por personal militar o de la propia empresa contratada.

También es posible la contratación de plantas depuradoras de aguas residuales en las mismas condiciones de mantenimiento y explotación que las plantas potabilizadoras.

En otros casos se puede contratar los servicios de empresas con equipos de succión y vaciado de fosas sépticas si este es el sistema empleado de eliminación de aguas residuales. En este caso se hace necesario verificar siempre que se pueda que la empresa trata adecuadamente las aguas residuales conforme a la legislación existente en la HNS. A falta de esa legislación se adoptará la propia nacional o la que la organización internacional haya publicado.

La situación aconsejará la conveniencia del empleo de estas empresas en todo o en parte de la GIA o bien de implicar exclusivamente personal y equipos militares.

Las ULOG y las UABA serán las encargadas del control de estos servicios, cada una en su ámbito de competencia, tras su puesta en funcionamiento por parte de la UAD (Unidad de apoyo al despliegue) que establezca el campamento.

Los PROL (Procedimientos logísticos) regularán el funcionamiento de estos equipos en cuanto a su abastecimiento y mantenimiento.

Se hace necesario reseñar que actualmente las UTE (Unión temporal de empresas) que habitualmente se contratan en ZO para realizar el servicio de alimentación suministran como recurso de Clase 1.a el agua embotellada que se sirve en los comedores y también el agua almacenada, embotellada y paletizada en los locales preparados al efecto en las ULOG desplegadas en ZO y en las dotaciones de los refugios.

2.i. Situación de la seguridad y ambiente de la población respecto a la Fuerza

La situación va a determinar el grado de amenaza y por consiguiente va a afectar al diseño de nuestras instalaciones incluyendo el sistema GIA. Dependiendo de la amenaza se puede hacer necesario la colocación de protección vertical y horizontal en nuestros depósitos a base de sistemas de hesco bastion, t-wall, muros de hormigón armado y cubiertas horizontales pudiendo ser de diversos materiales prefabricados, HA (Hormigón armado), etc.

En cualquier situación de alerta la planta potabilizadora estará vallada y con medidas de seguridad adicionales con el acceso restringido exclusivamente al personal autorizado, como los operadores de la planta, el personal para la toma de muestras, etc.

También debe ser vigilada la EDAR y estar vallada por ser otro punto sensible del sistema susceptible de sufrir sabotajes permitiendo el acceso solo a las personas autorizadas.

En cuanto a la seguridad perimetral del campamento es fundamental planificar los puntos de drenaje de las escorrentías para que no sean puntos débiles en la defensa empleando varios tubos de pequeño diámetro preferiblemente a uno solo de gran tamaño y con dispositivos sifónicos para dificultar el paso de intrusos a través de ellos.

También se debe garantizar que las aguas negras y grises, en caso de rotura de las conducciones, fluyan por gravedad fuera del recinto del campamento con las precauciones arriba descritas.

2.j. Impacto probable en poblaciones cercanas de la explotación de los acuíferos de la zona por nuestra parte

La explotación por parte de la Fuerza de los acuíferos locales puede afectar a las poblaciones cercanas por lo que se debe tener en cuenta a la hora de escoger el emplazamiento, tratando de que nuestro consumo de agua no desabastezca a las citadas poblaciones y de que el agua residual no contamine otros acuíferos empleados por la población local.

No hay que olvidar el agua para el ganado o para riego (su uso puede ser estacional y muy crítico, poniendo en peligro la cosecha o la vida del ganado).

Una buena elección no invasiva respecto a la población incide en no poner en contra nuestro a los habitantes de la zona mejorando el clima de confianza con ellos a la vez que se minimiza la posibilidad de reclamaciones económicas por parte de la HNS.

2.k. Resto de informaciones que pudieran influir en la propuesta de la ubicación

Aquí se engloban todas las circunstancias que de un modo u otro pudieran afectar a la ubicación, como posibles apoyos CIMIC abasteciendo zonas con escasez de agua, reparación de pozos de uso compartido de la Fuerza con la población, etc.

3. Abastecimiento de agua a campamentos militares

El abastecimiento de agua consta de las siguientes fases.

- Captación.
- Conducción.
- Tratamiento.
- Almacenamiento.
- Distribución.

Se va a desarrollar una secuencia de las fases para que sirva de guía al oficial de Ingenieros que deba diseñar el sistema sin profundizar en los cálculos dando en cambio sencillas herramientas informáticas para realizarlos desarrolladas por diversos oficiales del Arma y de probada eficacia tanto en territorio nacional como en operaciones.

3.a.- Captación

La captación de agua para consumo se puede realizar de las siguientes formas:

— Captación de aguas superficiales.
— Captación de aguas subterráneas.
— Captación de aguas pluviales.
— Captación de recursos atmosféricos – condensación humedad ambiental.
— Captación de agua de mar.
— Captación de la red de agua local.

Cada modalidad de las mencionadas puede emplearse en combinación con el resto según se necesite pudiendo dedicarse según los casos, alguna de ellas con un fin concreto. Un ejemplo puede ser dedicar la captación de pluviales para depósitos de agua contraincendios, riego, limpieza de vehículos u otros que no necesiten un tratamiento exhaustivo del agua.

El caso más deseable es el de empleo de la **red local** mediante una conducción exclusiva al campamento combinado con captación en el interior del campamento. En este caso hay que verificar también la calidad y cantidad de las aguas para garantizar el abastecimiento.

La captación de **aguas superficiales con corriente** como ríos y canales se deberá hacer aguas arriba de poblaciones y de otros posibles focos de contaminación siempre que sea posible a menos que la escasez del caudal obligue a situar la toma aguas debajo de la población para evitar reclamaciones, aún a costa de una peor calidad del agua. Los análisis previos a la instalación del equipo de captación son preceptivos para no empezar a montar la instalación de captación hasta no comprobar que el agua es apta para el tratamiento de consumo evitando pérdidas de tiempo y montajes infructuosos.

La instalación es perfectible, por lo que en un primer momento se puede colocar la manguera de aspiración con su alcachofa antirretorno elevada en el lecho sin apoyarla en el fondo del río, protegida y fondeada con rejillas y gaviones o hesco bastion para, posteriormente, construir un baipás con un pozo y estanques de decantación para eliminar la posible turbiedad del agua. También se puede construir un azud con el mismo fin e idénticos estanques de decantación.

En aguas superficiales **sin corriente** se realizan los análisis previos igualmente y las tomas se colocan a media altura sin apoyar en el fondo donde habrán sedimentado las posibles materias contaminantes. Inicialmente puede instalarse una manguera de succión con la alcachofa unida a un flotador anclado a la orilla de forma que lo pongamos a suficiente distancia de la orilla y a media altura para posteriormente colocar torres de toma y tuberías que optimicen la instalación.

La captación de **aguas subterráneas** se realiza mediante diversos tipos de pozos que pueden ser horizontales y verticales.

Los pozos horizontales son poco comunes dividiéndose en galerías y drenes. En ambos casos el agua se recoge por gravedad en un pozo colector desde el cual se inicia la impulsión. Es un sistema poco frecuente.

Los pozos verticales mucho más comunes se construyen penetrando verticalmente en el acuífero y colocando el grupo motobomba adecuado para su explotación. La excavación siempre es por debajo del nivel freático y se pueden construir con tubos de hormigón armado, ladrillos, tuberías de metal o PVC.

Existen diversos procedimientos para su construcción como las perforadoras a percusión y a rotación.

Si el pozo hay que construirlo y no se puede aprovechar alguno existente por la zona, se debe estudiar esta para hacer las catas apoyándose en los mapas geológicos, la toponimia y el conocimiento de los habitantes locales además de los diversos métodos de búsqueda de agua que pueden ser contratados en caso de necesidad.

En lo posible hay que evitar construir pozos en acuíferos superficiales que estén siendo explotados por la población local, puesto que podemos provocar descensos en el nivel freático con consecuencias en captaciones próximas. Cuando existen acuíferos superficiales, es frecuente que aparezcan otros acuíferos profundos con un comportamiento hidráulico independiente del acuífero superficial y, por tanto, sin impacto sobre la población local.

Solo en el caso de extensos acuíferos superficiales de naturaleza aluvial, alimentados por ríos caudalosos, podemos despreciar el impacto de nuestra captación sobre la población local.

La captación de **aguas pluviales** debe ponerse en valor puesto que hasta ahora no está siendo muy empleada en los campamentos militares pese a sus posibilidades según la zona en la que nos encontremos, fundamentalmente por la complejidad que supone como ya se comentó con anterioridad. Básicamente se trata de unas zonas de recogida de aguas, unas conducciones y unos depósitos aljibe.

Si contamos con toda las superficies útiles del campamento tenemos que tener en cuenta los siguientes elementos:

— Superficies de los tejados de las edificaciones además de tinglados y cubiertas.
— Explanadas, helipuertos y viales.
— Sistema de drenaje del campamento en su conjunto.

En todos los casos tendremos previsto un sistema para desechar las primeras aguas que arrastran materiales contaminantes para después aprovechar el resto de la precipitación hasta la altura máxima de los aliviaderos a partir de la cual el resto de las aguas se evacuarán del campamento por el sistema de drenajes hacia ríos, pantanos o bien al depósito de tormenta si se ha construido.

La precipitación recogida por **las cubiertas** se calcula para dimensionar los canalones, bajantes e imbornales por el procedimiento descrito en el Código técnico de la edificación en el Documento Básico DB-HS5. Es interesante consultar también el documento del CTE DB-HS1 en cuyo punto 2.4 se describen las soluciones constructivas de las cubiertas para favorecer el drenaje de las mismas.

Las **explanadas** actúan como superficies de recogida o eras. Pueden ser de hormigón, grava, o bien de un suelo al menos tolerable, pero siempre se la dará inclinación o bombeo menor del 5 % según la topografía del campamento, buscando la mejor solución de forma que drene en las direcciones adecuadas para conducir el agua mediante cunetas o tuberías hacia los depósitos-aljibe si se va aprovechar o bien al sistema de drenaje general si se van a evacuar hacia zonas adecuadas aguas abajo del campamento.

Los **helipuertos** tendrán un suelo al menos tolerable con un espesor mínimo de 50 cm y un bombeo de algo menos del 3 % para facilitar el drenaje y se conducirá el agua del mismo modo que en las explanadas.

En los **viales** se construirán cunetas de forma que recojan las aguas gracias al bombeo, las conduzcan en paralelo al trazado hacia los depósitos-aljibe o bien al sistema de drenaje general.

El **sistema de drenaje** general del campamento en su conjunto incluirá además la pista perimétrica para patrullaje de seguridad que será preferentemente de grava u hormigón armado. Este sistema recogerá precipitaciones aguas arriba y permitirá la salida del exceso de precipitaciones que no se puedan aprovechar mediante múltiples salidas entubadas, estrechas y sifónicas en beneficio de la seguridad. Este sistema de drenaje debe dimensionarse de forma que permita la evacuación de la máxima aportación prevista contando con un periodo de retorno de 25 años.

La captación de **recursos atmosféricos** por condensación debe tenerse en cuenta cuando la humedad ambiental presenta valores mantenidos superiores al 80 % durante la mayor parte del año. Esta circunstancia se produce principalmente en zonas costeras.

La captación de **agua de mar** se realiza cuando no hay posibilidad de aprovechar la red local ni las aguas dulces superficiales o subterráneas y no son suficientes las aguas pluviales.

Este sistema necesita de potabilizadoras especiales con función desaladora normalmente de ósmosis inversa. Actualmente las potabilizadoras en dotación «SETA» tienen esta posibilidad pero hay que tener en cuenta que el caudal diario de agua producida se reduce notablemente incluso a la mitad con respecto al empleo de aguas brutas dulces, por lo que se tendrá en cuenta a la hora de calcular las necesidades de agua y de potabilizadoras para no formar un «cuello de botella» en la cadena de la GIA. Se recomienda consultar el manual de la potabilizadora SETA con sus características y capacidades.

También se pueden encontrar en el mercado otro tipo de desaladoras por evaporación y posterior adición de sales pero son antieconómicas por la elevada cantidad de energía que requieren y su bajo rendimiento.

Si el método empleado de captación es el de aguas saladas o salobres se debe tener en cuenta la evacuación de las salmueras producidas que debe realizarse en lugares adecuados para no alterar las condiciones medioambientales de la zona.

3.b.- Conducción

La conducción del agua desde el punto de captación hasta el punto de tratamiento y almacenamiento se realiza mediante tubería del diámetro adecuado en función del caudal necesario para el campamento. También es posible que se haga necesario llevar el agua sin tratar en vehículos-aljibe pero es una solución que siempre ha de ser tomada como transitoria hasta poder utilizar la conducción por tuberías.

Es deseable que el trayecto sea lo más corto posible para minimizar gastos y riesgos así como posibilidades de pérdidas, contaminaciones y averías.

Si es posible llevar el agua por gravedad regulada por grupos de presión se debe utilizar este sistema por su facilidad. Los grupos de presión evitan sobrepresiones en la red y garantizan la presión y el caudal requeridos por el usuario; no obstante requieren de una presión positiva en la toma, por lo que la red de distribución deberá de estar, al menos, alimentada por gravedad.

La conducción entubada necesita ir enterrada o al menos protegida de la intemperie para su protección con aislante para evitar congelación y evaporación.

En el caso de ir enterrada necesitará un lecho de arena libre de piedras o materiales con aristas vivas que pudieran erosionar la conducción. También irá protegida por encima por un capa de arena de un espesor mínimo de 60 cm en zonas peatonales y de losa de hormigón armado en pasos de vehículos que, de todos modos se tratarán de evitar por el riesgo de rotura que suponen.

3.c.-Tratamiento

El objetivo de este proceso es obtener aguas con las calidades definidas en el STANAG 2136 en función del tipo de agua que se requiera en cada caso, fundamentalmente potable, de urgencia o doméstica.

Según la calidad del agua bruta, el tratamiento de esta será más o menos lento pero tendrá en todos los casos los mismos pasos acorde al tipo de agua que vayamos a producir. No todas las aguas que tratemos tienen que ser necesariamente potables, el agua del sistema contraincendios puede ser doméstica, no apta para consumo pero mucho más rápida de producir y a la vez más económica de tratar.

El tratamiento para agua potable se llevará a cabo normalmente con las depuradoras de dotación del ET. Actualmente se emplean las depuradoras SETA.

Los procesos básicos a los que se puede someter al agua bruta son los siguientes:

— Filtro mecánico en la bellota de aspiración y otro de cesta, anterior al depósito de decantación.

— Adición de floculante para la decantación en depósito lamelar.
— Adición de hipoclorito sódico para una desinfección previa.
— Filtro mecánico de sílex para eliminar sólidos residuales.
— Filtro de carbón para mejorar las cualidades organolépticas del agua.
— Adición de antiincrustante para mejorar el rendimiento de las membranas de ósmosis inversa.
— Microfiltración para afinado del agua.
— Filtrado por ósmosis inversa para el desalado.
— Cloración residual.
— Ajuste de ph y remineralización.
— Paso por cámara ultravioleta para desinfección biológica.

No todos son imprescindibles, además algunos pueden disminuir de forma considerable el rendimiento y puede ser conveniente eliminarlos si no son necesarios.

El STANAG 2136 es la documentación de consulta adecuada para definir el tratamiento a aplicar.

3.d.- Almacenamiento

El almacenamiento de las aguas ya tratadas se efectúa en depósitos protegidos según las circunstancias. Estos depósitos se dimensionan según las necesidades diarias de agua y el número de horas de llenado, que puede ser durante todo el día o en arcos horarios definidos. Se recomienda confeccionar una sencilla hoja de cálculo para su rápido dimensionamiento. También se calculan con el «Calculador de campamentos» desarrollado por la oficina técnica del BCAS.

Los depósitos cumplen las siguientes misiones:

— Almacenamiento de agua.
— Regulación de caudal y presión.
— Mantenimiento de la calidad del agua.
— Mantenimiento de un nivel mínimo de emergencia.

La capacidad de los depósitos debe ser tal que garantizando el suministro en caso de avería por un tiempo razonable, posibilite una renovación periódica y frecuente del agua para evitar zonas de agua estancada que pueden favorecer el crecimiento de organismos no deseados.

En los campamentos que construye el Ejército español hasta ahora no se excede de 2.000 personas en ningún caso y los procedimientos empíricos demuestran que en estos casos la capacidad de los depósitos de agua potables es la del consumo diario estimado. En esta capacidad se incluye el agua para cortes de suministro y agua contraincendios.

No obstante si es posible se ubicarán depósitos contraincendios en diversos puntos del campamento según su grado de riesgo preferentemente a unos 200 metros entre depósitos con la posibilidad de engancharlos a grupos de presión para la proyección del agua y depósitos de agua doméstica debidamente señalizados como no potable en lugares de consumo masivo de esta agua como lavaderos de vehículos en la Zona logística.

En la GIA los depósitos pueden tener diferentes funciones dependiendo de su ubicación en el sistema. Unos pueden estar dedicados en exclusiva a agua potable mientras otros pueden emplearse en almacenar agua de lluvia con mínimo tratamiento que la clasifique como agua doméstica para su empleo como limpieza de vehículos, baldeo y riego, incluso para agua contraincendios. La premisa es no mezclar las aguas de unos con las de otros por sus diferentes tratamientos y usos.

Los depósitos se pueden colocar elevados, enterrados o en superficie.

La colocación de **depósitos elevados** en los campamentos militares depende del terreno porque no es rentable construir una estructura para darles altura a no ser que sea una infraestructura que ya se encontrara en el lugar y se haya inspeccionado tanto desde el punto de vista estructural como sanitario. El terreno adecuado para que el agua tuviera presión por gravedad en la red de distribución tendría que tener una elevación de entre 20 y 40 metros sobre el campamento y estar relativamente centrado, lo que no es muy común. Por otra parte sería un objetivo claro desde el punto de vista de la seguridad, por lo que su uso no está muy extendido en campamentos militares.

Los **depósitos enterrados y semienterrados** son de obra por regla general, lo que implica su construcción y posterior abandono además del tiempo necesario hasta su puesta en servicio por lo que hay que valorar la conveniencia de su empleo. Estos depósitos están, por otra parte, más protegidos tanto de amenazas externas como de las variaciones de temperatura. Por el contrario son más fácilmente inundables y por tanto se contaminan con más facilidad. En general no son de mucha aplicación en instalaciones que no vayan a estar operativas durante un largo periodo de tiempo.

Los **depósitos flexibles en superficie** son una solución rápida y eficaz para el almacenamiento del agua. Al estar en superficie necesitan un grupo hidroneumático para enviar el caudal adecuado a la presión correcta a toda la red de distribución. Estos depósitos presentan las siguientes ventajas:

— Gran variedad de capacidades.
— Puesta en servicio rápida y fácil emplazamiento en los puntos que interese.
— Reutilizables.
— Gran resistencia a las variaciones de temperatura, entre -30º y + 70ºC.
— Una vez vacíos se pueden recolocar en distinta ubicación si los condicionantes así lo aconsejan (seguridad, nuevas necesidades, etc.) lo que dota al sistema de gran flexibilidad.
— De dotación en nuestro ejército y en los de nuestro entorno.
— Fácil adquisición tanto en TN como en ZO.

Estas son, entre otras razones, las que aconsejan emplear este tipo de depósitos para nuestros campamentos.

Existen diversos modelos de depósitos en el mercado con diferentes características y capacidades.

3.e.- Distribución

Los **sistemas de distribución de agua potable** deben ser ante todo racionales, económicos y eficientes, por tanto se deben diseñar con un criterio de aprovechamiento de los materiales de forma que los grandes consumidores con carácter prioritario como cocinas y ablución estén lo más agrupados posible y abastecidos por redes malladas que garanticen el suministro en caso de avería en algún punto de la red. Los grandes consumidores de carácter no prioritario como lavandería y cooperativa deben estar también agrupados y con redes malladas comunicadas con la prioritaria para garantizar el abastecimiento de estas en caso de avería. También es posible el empleo de redes ramificadas. Estas tienen la ventaja de ser más económicas puesto que los diámetros de las tuberías son más reducidos cuanto más se alejan de las conducciones principales pero presentan el inconveniente de que una avería deja sin abastecimiento a toda la red a partir del punto averiado por lo que no son recomendables en principio.

El trazado de las redes debe hacerse optimizando los recursos, esto se consigue tendiendo en línea recta las conducciones principales, esto es, las que abastecen a los grandes consumidores y desde estos a los consumidores secundarios.

En redes malladas se aconsejan diámetros mínimos de 80 mm con una velocidad de cálculo recomendada de 1,4 m/s siendo las velocidades admisibles las comprendidas entre 0,5 y 1,5 m/s aunque sí es importante que las velocidades no suban más de 2m/s ya que la pérdida de carga en la tubería se dispara.

La presión a suministrar en m.c.a. (metros de columna de agua) debe ser de 5 m sobre cubierta, y se viene tomando como norma habitual 15 metros de m.c.a para poblaciones de menos de 1.000 habitantes y de 22 metros para poblaciones de entre 1.000 y 6.000 habitantes. La mejor opción para garantizarlo es disponer de grupos de presión en los puntos de consumo.

Los caudales de cálculo deben ser los de la máxima demanda que equivale a 2,4 veces el consumo horario medio.

Para el cálculo de caudales se debe aplicar el CTE concretamente el DB HS 4. En este mismo documento se describe la construcción de la red de suministro de interiores que puede ser útil caso de tener que construir una, pero el caso más habitual es el de contar con los contenedores de ablución ya preparados para que con una sola acometida se dé servicio a la red de agua fría y ACS por separado con sus presiones diferenciadas.

Un procedimiento sencillo de cálculo da caudales es el aplicarles coeficientes de simultaneidad como se describe en el documento ya referenciado «NOP 0301/11 Construcción de una posición de combate avanzado (COP/FOB/OP)» del MING en su Anexo G.3. Cálculo de las secciones necesarias.

El hecho de tener agua en cantidad suficiente no implica que no debamos ser cuidadosos en su consumo, pese a tener dotaciones suficientes no debe gastarse más agua que la imprescindible por lo que hay que concienciar a los usuarios del ahorro del agua. Existen muchas medidas posibles entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

— Colocación de aireadores en todos los grifos y limitadores en las alcachofas de las duchas.

— Distribución de carteles de concienciación en los contenedores de ablución, grifos cerrados cuando no se usen, duchas cortas, no usar los inodoros como cubo de basura, etc.

— Reparación rápida de fugas por parte de los servicios de mantenimiento.

— Empleo de redes residuales separativas para poder emplear el agua pluvial como agua bruta para potabilizar o como agua de urgencia.

— Concienciar a la ULOG/UABA de trabajar con las lavadoras industriales a tope de carga en la medida de lo posible.

— Emplear jabones biodegradables, sin fosfatos ni lejía para mejorar la eficacia de los lechos bacterianos en las EDAR.

— Instalar trampas de grasa para optimizar la eficacia de la EDAR.

— Colocar cubos higiénicos en los inodoros y vaciarlos diariamente por parte del servicio de limpieza.

— Evitar o minimizar las zonas verdes alrededor de capillas, cooperativas, etc. Si existen, plantar plantas autóctonas y hacer riegos eficientes y con agua doméstica.

— Vigilar frecuentemente los consumos de agua y hacer un histórico para detectar anomalías y corregirlas lo antes posible.

— En zonas cálidas proteger las redes y los depósitos de los excesos de temperatura para evitar la evaporación.

— Minimizar el lavado de los vehículos a lo estrictamente necesario. Los de representación lo imprescindible y los tácticos para el mantenimiento. Si se han enmascarado y se va a volver a hacerlo al día siguiente, no lavarlos.

El material para la confección de las redes de distribución será preferiblemente polietileno y suministrado desde territorio nacional así como todos los materiales auxiliares dada la baja calidad comprobada de estos elementos en otros países donde el ET ha desplegado. Es de interés consultar las incompatibilidades de determinados materiales con el agua y de diversos materiales entre sí en el DB HS 4 del CTE en el punto 6.3 para confeccionar las redes con los materiales disponibles adecuados.

Las redes deben estar protegidas tanto desde un punto de vista mecánico como desde un punto de vista térmico para evitar roturas y heladas. La protección térmica la proporcionan coquillas y tubos de corrugado semirrígido que actúan como aislante y la protección mecánica camas de arena de miga sin gravas ni elementos con aristas vivas y una capa superficial del mismo material de al menos 10 cm de espesor. En los puntos de cruce con zonas de paso tendrán la protección necesaria para evitar su aplastamiento como

losas de hormigón armado, perfiles metálicos o la solución constructiva óptima en cada caso. Deben aprovecharse los viales en su trazado y colocar una arqueta en cada cambio de alineación recta debidamente señalizada para la subsanación de posibles averías.

Es conveniente también dejar señalizado el trazado sobre el terreno como medida de precaución para evitar roturas y facilitar las reparaciones.

Las redes de distribución deben ser independientes con el siguiente criterio:

— Redes de agua potable.
— Redes de agua doméstica.

Ambas deben estar claramente separadas y señalizadas especificando en cada toma si es potable o no. Si coinciden en el trazado en algún punto debe estar por encima siempre la red de agua potable y debajo la de urgencia, si coinciden además con la red de saneamiento, esta debe estar abajo del todo con el resto por encima en el orden ya mencionado.

La red de agua potable tiene una sola acometida a los contenedores de ablución, dentro de estos se divide en ACS y agua fría con su propia bomba hidroneumática y termo.

Lo mismo sucede con el resto de los consumidores en cuanto a las acometidas.

El cálculo de las redes se puede realizar mediante hojas de cálculo por el método de Hardy-Cross y también con el «Calculador de campamentos» ya mencionado. En la NOP del MING 0301/2011 «Construcción de una COP» se muestra en el Anexo «GW el cálculo de las redes de distribución de una COP tipo.

La **red de distribución de agua doméstica** normalmente se abastecerá de aguas pluviales que se recogen como ya se describió en el punto 3.a Captación y se canalizan por medio de redes separadas de las de aguas potables a los depósitos de almacenamiento enterrados y desde estos a los de C/Incendios, lavaderos, etc., para su tratamiento y almacenamiento. También se puede abastecer de aguas grises originadas por lavanderías y cocinas con el tratamiento adecuado. El cálculo de las redes de agua doméstica es análogo al de redes de agua potable.

4. Saneamiento de aguas residuales en campamentos militares

Las aguas residuales son las producidas por el ser humano y sus actividades y que por tanto contienen desechos. En los campamentos militares se producen igualmente este tipo de aguas que se clasifican habitualmente como:

— Aguas blancas o pluviales, procedentes de la lluvia que trataremos de utilizar en nuestro beneficio.
— Aguas grises procedentes de lavabos, duchas, lavadoras, cocinas, etc., que disponiendo de red separativa de las negras, puede ser tratada y reutilizada como agua doméstica.
— Aguas negras procedentes de los inodoros con mucha más contaminación que las anteriores fundamentalmente materia fecal.

Los campamentos militares se pueden asimilar al concepto de pequeña población en cuanto al tratamiento de este tipo de aguas. Desde este punto de vista a los campamentos militares de menos de 2.000 habitantes-equivalentes se le aplica el artículo 6 del RDL 11/1995, sobre Tratamiento Adecuado a las Aguas Residuales. Esto nos remite a la normativa de cada comunidad autónoma en el ámbito nacional y la normativa local en operaciones si la hubiere al definirse este tratamiento adecuado (T.A).

Actualmente en España el TA para las aguas residuales en municipios de menos de 2.000 h-e es aquel que permita que las aguas receptoras cumplan después del vertido los objetivos de calidad previstos. Esta falta de concreción hace buscar en normativa de países de nuestro entorno encontrando en Francia el caso más asimilable al nuestro por cercanía y similitudes demográficas y geográficas que en 2007 publicó un decreto con unos requisitos mínimos de vertido que podrían hacerse más estrictos en función de los objetivos de calidad del medio receptor y que se incluyen en la tabla siguiente:

Tabla 1.2. Límites de vertido establecidos por la legislación francesa para poblaciones menores de 2.000 h-e (Arrêté du 22 juin 2007).

RENDIMIENTOS MÍNIMOS HASTA EL 12 DE DICIEMBRE DE 2012		
Parámetro	**Concentración límite en el efluente depurado**	**Rendimiento mínimo**
LAGUNAJE		
DQO		60%
OTROS PROCESOS DE DEPURACIÓN		
DBO_5	35 mg/l 70 mg/l (en caso de se sobrepasen los caudales de referencia o en operaciones de mantenimiento o en circunstancias excepcionales)	60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l)
DQO		60%
SS		50%
RENDIMIENTOS MÍNIMOS A PARTIR DEL 1 DE ENERO DE 2013 PARA TODOS LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN		
Parámetro	**Concentración límite en el efluente depurado**	**Rendimiento mínimo**
DBO_5	35 mg/l 70 mg/l (en caso de se sobrepasen los caudales de referencia o en operaciones de mantenimiento o en circunstancias excepcionales)	60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l)
DQO		60%
SS		50%

Los sistemas de saneamiento empleados en los campamentos militares en función de cómo agrupen los tres tipos de aguas residuales pueden ser:

— **Unitario**, en el que los tres tipos de aguas se depuran de forma conjunta. Este sistema es a priori el más antieconómico pues aunque se emplea menos material en su construcción es más caro de mantener y necesita sobredimensionar la depuradora para asumir más caudal de agua que en las redes separativas.

— **Separativo**, en el cual una red conduce las aguas negras y otra las aguas grises y blancas. Es más caro de construir pero más barato de mantener y ajusta el tamaño de la EDAR. Las aguas grises solo se juntan con las blancas para tratarlas y emplear ambas como agua doméstica.

— **Mixto**, es el sistema más empleado en los campamentos militares. Los contenedores de ablución disponen de una sola salida de aguas residuales con lo que mezcla la negra de los inodoros con la gris de lavabos y duchas y pasa toda a una red de aguas negras. Por otra parte el agua pluvial se canaliza en otra red para su aprovechamiento, bien como doméstica o como agua bruta para emplear en abastecimiento tras el oportuno tratamiento. El agua gris de cocina, lavandería, etc., dependiendo de la situación, puede unirse al agua pluvial para empleo como agua doméstica o bien unirse a la red de aguas negras.

La mejor opción a priori es emplear el sistema mixto con una salida de aguas unitaria en los contenedores de ablución para negras y grises con una red propia para estas aguas hasta la EDAR y otra red con aguas pluviales y grises de cocina y lavandería para su tratamiento como agua doméstica con las precauciones ya expuestas con anterioridad sobre separación de redes desde el principio diferenciando la red de evacuación de aguas negras (incluyendo los vertidos de grasas u otros contaminantes) de las que solo llevan trazas de detergentes (aseo personal). No obstante si la escasez de agua lo aconsejara se pueden dedicar las aguas blancas para consumo y las aguas grises de cocina y lavandería para tratamiento de agua doméstica. Las aguas pluviales de los primeros minutos debe ser tratada como las aguas negras y por tanto conducida a la EDAR, el resto de aguas pluviales se canaliza a la red de aprovechamiento, ya sea para potabilización o para tratamiento como agua doméstica según los casos.

La conducción de las aguas residuales se debe realizar aprovechando la pendiente natural del terreno para dársela a las tuberías. Estas pueden instalarse en sencillos tramos rectos y cortos en el caso de unir contenedores de ablución con fosas sépticas que se encuentren a poca distancia, en este caso la precaución más elemental consiste en dar una pendiente adecuada hacia la fosa para facilitar el desagüe por gravedad y respetar el diámetro de salida del contenedor, que en la mayoría de los modelos de los que dispone el ET es de 120 mm, este valor puede aumentarse a 200 mm con un adaptador por facilidad de suministro y una pendiente mínima de 4m/km pero en ningún caso puede reducirse el diámetro ya que se producirían atascos.

Para las aguas blancas y las grises de cocinas y lavanderías el trazado debe aprovechar la pendiente natural para evacuación de aguas de escorrentía igual que en el caso del drenaje. El diámetro mínimo recomendado es de 200 mm y el material a emplear debe ser poco erosionable del tipo poliéster y PVC. En este caso la relación entre el diámetro de la conducción y la pendiente mínima se refleja en la tabla siguiente:

Diámetro conducto Ø (mm)	200	250	300	400	500	600	700	800	900
Pendientes mínimas Recomendables (m/Km)	4,00	2,70	2,20	1,45	1,10	0,80	0,67	0,55	0,50

De este modo se consigue que la velocidad del agua esté entre los valores mínimos de 0,5 m/s a caudal medio y 5 m/s a caudal máximo con lo que conseguimos que se mantenga un poder de arrastre de las aguas evitando la sedimentación en la tubería y evitamos una posible erosión de los conductos que produzca un desgaste prematuro de los mismos.

El procedimiento para la implantación del saneamiento debe estar establecido desde TN ya que se necesita desde el primer momento.

Una posibilidad es la siguiente:

— Entrada y durante la construcción del campamento con WC químicos y empresa contratada para su evacuación y mantenimiento. Drenaje de aguas blancas y grises fuera de la zona del campamento aprovechando el trazado de los viales o a depósitos de vaciado periódico contratado con empresas.

— En cuanto sea posible instalación de contenedores de ablución conectados a fosas sépticas de vaciado periódico contratado con empresas. Drenaje mejorado de aguas grises y blancas.

— Instalación de la EDAR y construcción de la red de evacuación de aguas negras. Construcción de la red de captación de pluviales y montaje de los depósitos que procedan (para agua bruta destinada a potabilización o a tratamiento de agua doméstica).

— Construcción de depósito de tormenta. Perfeccionamiento de la red de drenaje al citado depósito. Construcción de la red de captación de aguas grises aprovechando la red de drenaje ya construida. Construcción de la planta de tratamiento de aguas grises para su uso como agua doméstica. Construcción de depósitos de agua doméstica para uso contraincendios en un primer momento y posteriormente para lavado de vehículos, riego y otros usos.

La gestión de las aguas residuales debe ser, evidentemente, progresiva y perfectible. Para la medición de la contaminación de las aguas residuales se emplea la unidad habitante-equivalente (h-e) definida como la carga orgánica biodegradable con DBO5 de 60 g de oxígeno por día. Para el dimensionamiento de la EDAR se puede consultar en una larga lista de publicaciones, una de ellas es el Manual de implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. CEDEX-CENTA en el punto 2.11. «Caudales y cargas para el diseño de la estación depuradora».

Los tratamientos más habituales de las aguas residuales en pequeñas comunidades y por tanto aplicables a los campamentos militares son:

Pretratamiento, cuyo objetivo es eliminar la mayor parte de los contaminantes que por tamaño y naturaleza no conviene que pasen a otras zonas de tratamientos como áridos gruesos y flotantes. En nuestro caso debemos eliminar grasas y celulosas, ambas muy perjudiciales en la eficiencia de los procesos posteriores. Las trampas de grasa deben disponerse lo más próximas a las cocinas o talleres que sea posible, para evitar su emulsión en el agua.

A su vez se divide en:

— Desbaste, para la eliminación de partículas de tamaño pequeño-mediano interceptándolas con rejas y tamices.

— Desarenado, para la eliminación de materias densas como arenas con diámetros mayores de 0,2 mm. De este modo se evita la sedimentación en canales, conducciones y unidades de tratamiento protegiendo también las bombas de la abrasión.

— Desengrasado, su misión es eliminar las grasas y resto de materia más ligera que el agua que esté en flotación. El desarenado y el desgrasado se pueden realizar de modo conjunto generalmente con un desarenador-desgrasador aireado de puente móvil.

Tratamientos primarios, cuyo objetivo es la eliminación de los sólidos en suspensión y flotantes.

Existen las siguientes posibilidades:

— Fosas sépticas. Son un sistema sencillo de tratamiento de las aguas residuales cuyo objetivo principal es la eliminación de los sólidos existentes en el agua. Se emplea como tratamiento único en campamentos de menos de 250 h-e o como tratamiento primario en campamentos hasta 1.000 h-e. también es común emplearlas tras la entrada inicial con wc químicos y antes de la instalación de una EDAR. Las fosas son impracticables si no separamos las aguas negras de las grises (y de las pluviales), una base «Módulo 1000» puede generar más de 200 m^3/día de aguas residuales, produciendo el rebose de fosas.

— Tanque Imhoff. Es un depósito con dos zonas diferenciadas, una superior de sedimentación donde se produce la decantación de los sólidos y otra inferior denominada zona de digestión donde se almacenan y digieren los sólidos decantados. Están separados por una estructura que impide el paso de los gases de la zona de digestión a la de sedimentación. Se emplea como alternativa a la fosa séptica con las mismas limitaciones de separación de aguas pluviales y grises.

— Decantación primaria. Su objetivo es la eliminación de la mayor parte de los sólidos en suspensión por acción de la gravedad. Implica la construcción de la EDAR por lo que supone normalmente una inversión económica y unos plazos de construcción y puesta en servicio que solo se rentabilizan en el caso de campamentos de una cierta entidad, por encima de 500 h-e y una previsión de permanencia a medio y largo plazo siempre por encima de los dos años.

Tratamientos secundarios, el objetivo es la eliminación de la materia orgánica biodegradable disuelta o en forma coloidal y el resto de sólidos y nutrientes. Se pueden emplear las siguientes posibilidades:

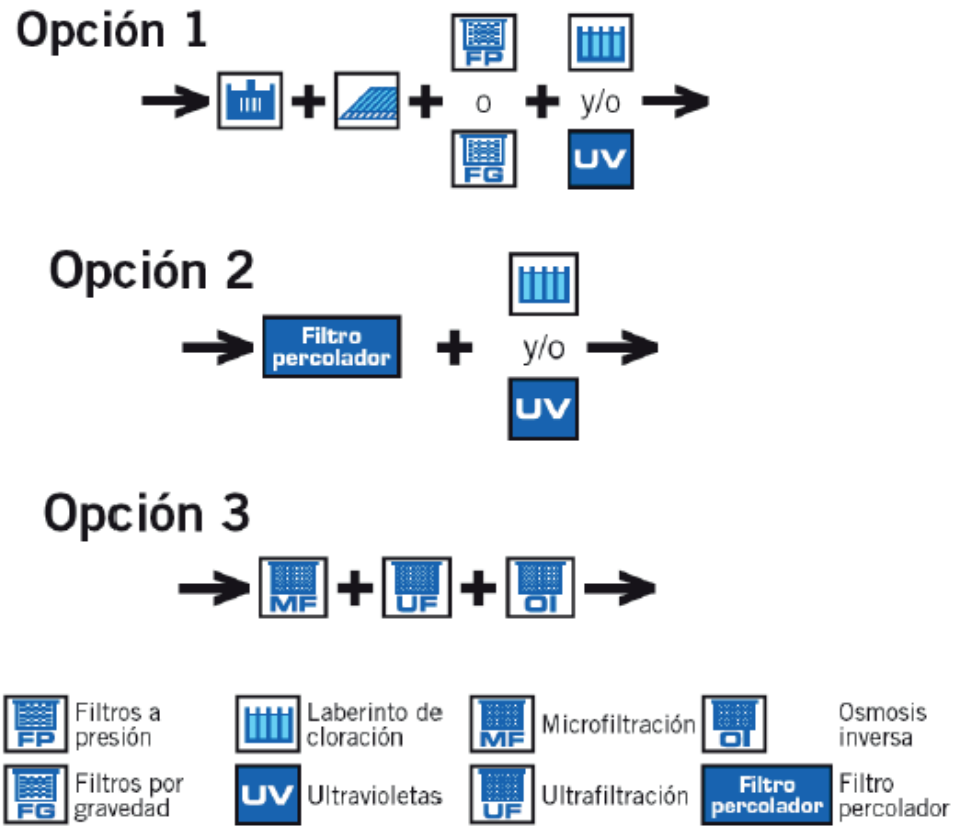
— Aireaciones prolongadas. Es una variante del sistema convencional de fangos activos. Consta de cuatro fases, una oxidación biológica en el reactor biológico convenientemente aireado que contiene un cultivo bacteriano en suspensión que degrada la materia orgánica en condiciones aeróbicas, una decantación secundaria que separa el sólido del líquido mediante un decantador o clarificador, una recirculación de fangos (cultivo) para mantener la concentración de microor-

ganismos y la retirada periódica de los excesos de fangos para su posterior tratamiento que puede ser desecado y bien almacenado y posterior traslado a planta de mayor entidad contratada al efecto.

— Lechos bacterianos. Consisten en la variante tradicional de los procesos de biopelícula. La oxidación se consigue al hacer circular a través de un medio poroso aire y agua residual. La biopelícula de microorganismos se desarrolla y crece sobre la superficie del material poroso de relleno que suele ser piedra o piezas plásticas con mucha superficie por unidad de volumen. El agua residual entra desde arriba en el lecho bacteriano y el aire por debajo así se produce la digestión de forma aerobia de forma que los fangos y el exceso de agua se dirigen a un decantador-clarificador secundario para separación de fangos y aguas, una parte de las cuales se redirigen al lecho bacteriano.

— Contactores biológicos rotativos. Consisten en unos soportes giratorios (discos o cilindros) semisumergidos en el agua residual sobre los que se adhiere la biocapa. Constan de dos fases, el contactor propiamente dicho y el decantador-clarificador para la separación de fangos y aguas tratadas.

Los tratamientos terciarios permiten obtener efluentes de mayor calidad en los cuales se eliminan los nutrientes y los patógenos. De este modo se minimizan los riesgos de eutrofización de las aguas receptoras del efluente y la contaminación por los virus existentes en el agua residual. Normalmente tienen una primera fase a base de filtros mecánicos tipo arena o tierra de diatomeas seguida de otros procesos como la filtración por procedimientos de ósmosis inversa y aplicación de luz UV. En la figura siguiente se muestran diversas opciones de tratamientos terciarios.



La aplicación de estos tratamientos al efluente se realiza cuando el objetivo es obtener agua regenerada para su empleo posterior, esto es, conseguir un agua con unos estándares de calidad en principio para ser reutilizada como agua doméstica y a priori no es el caso de los campamentos militares hasta la fecha. Como medida adicional de seguridad es conveniente clorar el efluente antes de verterlo al medio.

Los tratamientos extensivos como el lagunaje y los humedales artificiales son sostenibles desde un punto de vista medioambiental pero difíciles de implantar en los escenarios actuales de despliegue del ET por lo cual se opta mayoritariamente por los tratamientos intensivos antes expuestos tanto en tratamientos secundarios como terciarios.

Los subproductos sólidos resultantes de los tratamientos a los que se someten las aguas residuales en las EDAR (fangos y resto de detritus separados en el pretratamiento) se deben eliminar también. Se desecan y una parte se incinera, otra se desecha en vertedero y el resto se puede utilizar como abono agrícola. Se deben tener especiales precauciones en cuanto a la incineración ya que los humos de una combustión inadecuada o la movilización por el viento de las cenizas resultantes presentan un potencial patógeno elevado. La incineración debe hacerse en un horno específico y a elevada temperatura para garantizar la destrucción los organismos patógenos. En el caso de los campamentos lo más práctico es contratar una empresa local para la retirada y el posterior tratamiento de estos fangos.

Para un estudio en detalle de cada uno de estos procesos y evaluación de su idoneidad para cada caso concreto en función de las ventajas e inconvenientes que presenta cada uno de ellos se recomienda la consulta en el «Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. CEDEX- CENTA».

Una solución al tratamiento de las aguas residuales en los campamentos es el empleo de EDAR modulares, compactas y transportables comercializadas por empresas especializadas que tienen capacidad de instalarlas en casi cualquier lugar del mundo. Estas EDAR cumplen todos los requisitos exigibles a las aguas residuales tratadas en TN y por ende los de los países en los cuales el ET pueda desplegar.

Existe la opción de instalar estas depuradoras compactas transportables de diferentes fabricantes para las aguas residuales. Algunas de ellas se montan en contenedores marítimos estándar de 20 y 40 pies para mayor facilidad de transporte, es posible también instalar varias en paralelo para su funcionamiento selectivo según sea la ocupación del campamento.

Estas EDAR deben reunir una serie de características para ser operativas y eficaces en nuestros campamentos. Estas características son:

- Ser fácilmente transportables con dimensiones de contenedores estándar.
- Modulares, de forma que puedan trabajar varios módulos en paralelo según las necesidades.
- Ampliables en función del aumento de la ocupación del campamento.
- De rápida instalación y puesta en servicio.

— Duraderas.
— De fácil mantenimiento y operación.
— Reutilizables.
— De bajo consumo energético.
— Bajo costo de mantenimiento y operación.
— Bajo impacto ambiental.
— Disponer de garantías amplias y soporte técnico internacional.
— No deben generar ruidos molestos.
— No deben generar olores desagradables.
— Alta capacidad de tratamiento de forma que los efluentes cumplan las normativas vigentes.

Existe la posibilidad de instalar EDAR contenerizadas de gran capacidad (hasta 5.000 h-e) que podrían dar servicio a cualquier tipo de campamento que haya realizado hasta ahora el Ejército español.

No obstante es importante conocer los parámetros de diseño de estas plantas, muchas veces dimensionadas para países en desarrollo con consumos de agua muy inferiores a los producidos en campamentos militares para evitar rendimientos inferiores a los deseados.

BIBLIOGRAFÍA

CTE. Código técnico de la edificación.

Abastecimiento y distribución de agua. Aurelio Hernández Muñoz.

Manual de saneamiento Uralita. Aurelio Hernández Muñoz.

Hidráulica e ingeniería sanitaria. Guion del Dpto. de Vías de Comunicación y Castrametación.

STANAG 2136. WATER SUPPLY ON OPERATIONS.

STANAG 2885. ABASTECIMIENTO DE EMERGENCIA DE AGUA EN TIEMPO DE GUERRA.

CRITERIOS OPERATIVOS POSICIÓN AVANZADA DE COMBATE. EME.

NOP del MING 0301/2011 «Construcción de una COP».

NORMA GENERAL 02/14 DEL EME. «CONSTITUCIÓN, GESTIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS MÓDULOS 1000 PARA OPERACIONES».

R.D. 140/2003. Criterios Sanitarios de la Calidad del Agua de Consumo Humano.

R.D.L. 11/1995. Normas Aplicables al Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas.

R.D. 1290/2012. Normas Aplicables al Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas. Actualización.

CALCULADOR DE CAMPAMENTOS

Francisco Javier San Martín Sánchez

Capitán de Ingenieros

RESEÑA BIOGRÁFICA DEL AUTOR

El Capitán San Martín ingresa en la AGM en el 2002, obteniendo su diploma de teniente de Ingenieros en el 2008 siendo destinado al REI 11 en el MING. Asciende a capitán en el 2013 y se queda destinado en la misma Unidad hasta 2017 cuando es destinado a la ACING.

Durante estos años sus mandos más característicos han sido los de mando de Sección de Construcción, Mando de las Cía. PLMS y 2.ª de Castrametación, jefe de Plana y OFITEC del BCAS II/11.

Es diplomado en Vías y Castrametación, en Prevención de Riesgos Laborales y en la actualidad está preparando el curso Internacional de Hidrología Subterránea.

Su participación en misiones internacionales:

- Misión Afganistán, ejecución de la Base Ruiz Pérez de Clavijo (BING I),
- Misión de apoyo a Irak, ejecución de la Base Gran Capitán (BING I),
- Misión de apoyo a Senegal (Formación de oficiales Senegaleses en Castrametación).

1. Introducción

Es por todos bien conocido el volumen ingente de conocimientos que un Cuadro de mando de Ingenieros debe atesorar para poder asumir con seguridad las empresas que se le encomienden. No siendo menos cierto que cuando uno llega a las unidades tiende a la especializarse en las tareas y cometidos específicos de la misma, produciéndose una natural pérdida de capacidad técnica. Por este motivo, el presente artículo pretende ser el primero de una serie que tiene el objetivo de dar a conocer herramientas y técnicas sencillas en pos de facilitar la consecución de las diferentes misiones a las Unidades de Ingenieros.

Siguiendo este espíritu se pretende dar a conocer el Calculador de Campamentos (CC), el cual surge en el Batallón de Castrametación por la necesidad de plasmar las lecciones identificadas por sus componentes en las numerosas actuaciones nacionales e internacionales del mismo.

Si bien esta herramienta que fue auspiciada bajo el mando del ahora jefe del Regimiento de Especialidades de Ingenieros n.º 11 Jesús González Laso de La Vega cuando ejercía el mando del BCAS, se centraba en conseguir una simplificación del proceso de anteproyecto y obtener de una manera rápida un listado de materiales de campamento incluidos en el módulo 1000[1] necesario para el despliegue y construcción de una base o campamento, pronto tomaría vida propia.

[1] Material de campamentos de reserva de Ejército.

Con estas premisas el equipo de desarrollo compuesto por el capitán Francisco Javier San Martín Sánchez y el subteniente Electricista Saturnino de Diego Pablos empezaron a trabajar observando que si bien la herramienta era capaz de simplificar el trabajo a las planas e incluso Estados Mayores, carecía de una aplicación práctica en lo que a oficinas técnicas y cuadros de mando del Arma.

Por esto y siendo consciente de las limitaciones en medios, tiempo y personal que el personal de ingenieros suele encontrar cuando se tienen que realizar los reconocimientos previos a despliegues en zona de operaciones. Así como la imposibilidad de dominar todas las materias técnicas en la profundidad que se requiere, se decidió dar un paso más allá y trabajar en aras de que el CC se convirtiera en una herramienta para Planas, Cuarteles Generales y principalmente una guía de reconocimiento para cuadros de mando de Ingenieros.

Por todo lo anterior se pretende el difundir y explicar cómo funciona una herramienta de trabajo que puede sacar de más de un apuro a cuadros de mando del Arma que nunca creyeron que tendrían que reconocer o ejecutar una base o campamento. Todo esto con la seguridad de ser una herramienta probada satisfactoriamente para diversos despliegues nacionales e internacionales.

2. Ámbito de aplicación de la herramienta

Grosso modo se puede decir que el CC es una herramienta informática basada en Excel que pretende ser de gran utilidad como auxilio al mando a la hora de tratar con campamentos de diferentes tipologías que van desde campamentos de claro corte humanitario sin amenaza como son los de refugiados a meramente tácticos como son los *Observation Post* (*OP*), *Combat Out Post* (*COP*) a las grandes bases.

Aun así la pregunta más plausible sería ¿Qué me ofrece el CC? Para poder responder a esta pregunta debemos diferenciar tres casos diferentes:

- Personal de ingenieros que se encuentra en zona para realizar un reconocimiento de zonas de despliegue.
- Personal de Oficinas técnicas encargado de realizar el anteproyecto de construcción de la base o campamento.
- Personal de Cuarteles Generales (G-4) encargados de gestionar adquisición, transporte logístico y coste del material empeñado.

El personal que se encuentra en zona para realizar un reconocimiento debe tener una idea aproximada de lo que implica la base o campamento que quiere. El CC de campamentos le ofrece por un lado un orden de magnitud de la superficie que va a necesitar, de los recursos hídricos que tiene que localizar así como un número de los diferentes materiales que va a necesitar. Este último punto es vital, pues en Zona de Operaciones (ZO) es difícil encontrar proveedores que puedan suministrar los materiales necesarios, en la cantidad requerida, con las calidades deseadas y con el ritmo adecuado para no ralentizar los trabajos.

Para el personal de Oficinas Técnicas o en vacantes de Diploma en Vías y Castrametación permite obtener una primera aproximación del anteproyecto unas dimensiones por zonas y una aproximación al cálculo de redes que facilita el posterior cálculo fino. A su vez también permite trabajar el anteproyecto de fortificación frente a fuego de primer y segundo sector en base a los criterios de dispersión, segmentación y tipos de amenaza.

Para el personal de Planas y Cuarteles Generales, permite saber el volumen de material que es necesario para la operación, le permite discriminar entre el material que adquiere en ZO o en Territorio Nacional (TN) y el que ya se posee. Otro dato de gran valor es el plan de carga del material en base a contenedores de 20 pies (TEU).

3. Como usar el CC

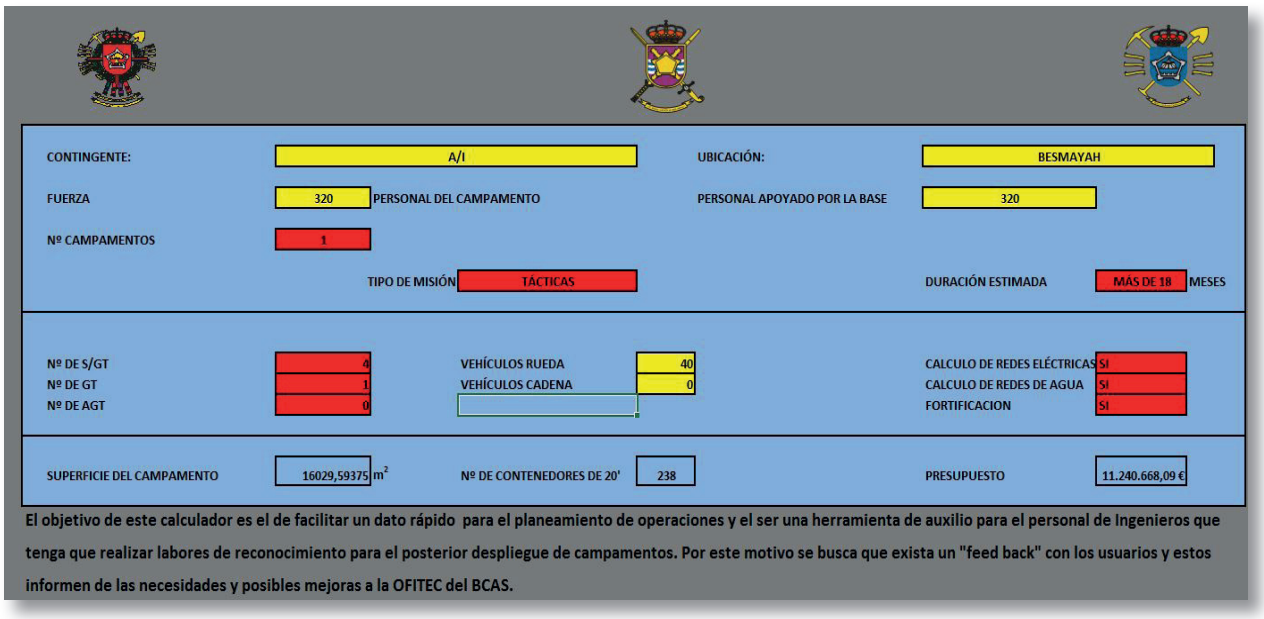
El CC se basa está realizado en base a un libro de Excel el cual cuenta con una treintena de hojas de las cuales solo nueve son visibles. De las hojas visibles se puede observar que se dividen en dos grupos por el color de las mismas; siendo las de color verde para un cálculo rápido y simplificado y las de color morado para cálculos donde se requiere una mayor precisión. También hay que destacar que en todas las hojas se sigue el mismo patrón de colores, de forma que las celdas de color amarillo corresponden a espacios donde podemos introducir un valor según nuestro criterio, mientras que las rojas corresponden a desplegables de los que deberemos elegir una opción.

Las hojas de color verde corresponden a la hoja de resumen, variables de campamento, volumen de material, y por último coste y plan de carga. Las hojas de color morado son las de cálculos de redes de agua (incluye saneamiento y abastecimiento), cálculo de redes eléctricas, necesidades de fortificación, necesidades de hormigón. Al final de todo se incluye una hoja que enumera al equipo de desarrolladores y a todo el personal que con su experiencia ha aportado criterios para la realización de la presente herramienta.

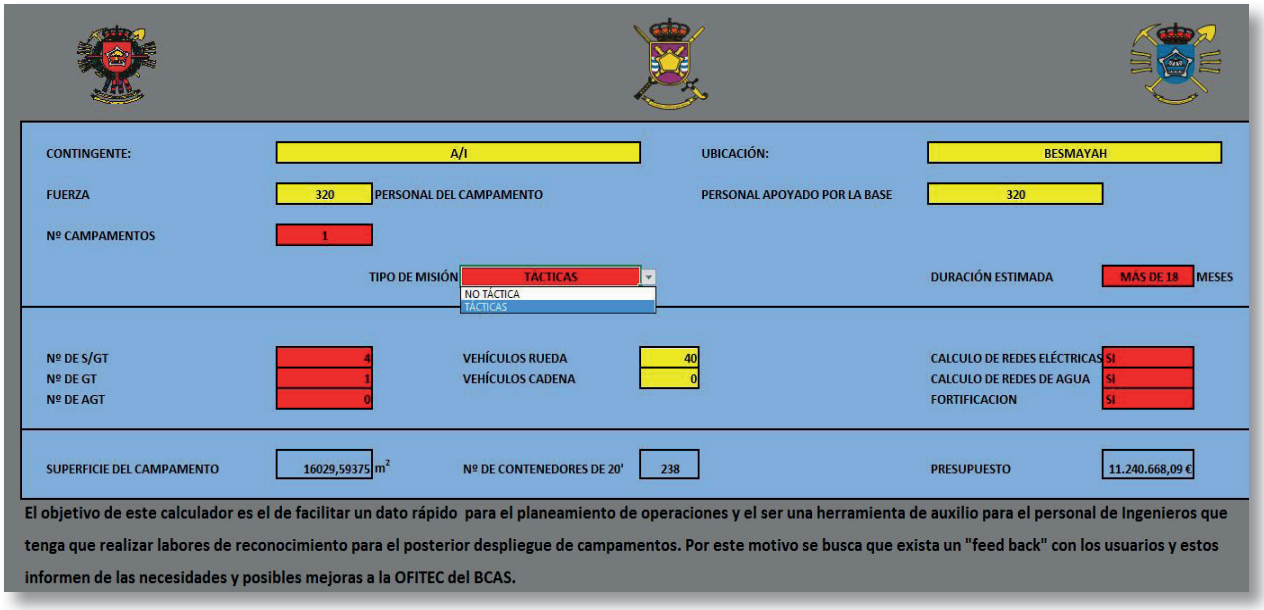
3.1. Resumen

La hoja de resumen nos muestra en su parte superior un campo de contingente en el cual se puede dar nombre al campamento y otro campo de localización donde podremos reflejar donde se va a desplegar. Inmediatamente debajo a los anteriores nos encontramos dos campos de gran importancia que son el de fuerza y personal apoyado por la base. El primer campo hace referencia al personal que está alojado en la base,

mientras que el segundo refleja los casos en los que la base apoya logísticamente a otros campamentos de menor entidad.



A continuación nos encontramos una serie de desplegables que nos permiten elegir el número de bases o campamentos idénticos que queremos desplegar. El tipo de misiones si son de corte táctico o no lo cual hace referencia si hay amenaza o no. Otro campo es el de la duración estimada, pues en función de la misma no solo varía el nivel de campamento y los materiales, sino que se modifican las necesidades de hormigón y acero corrugado.



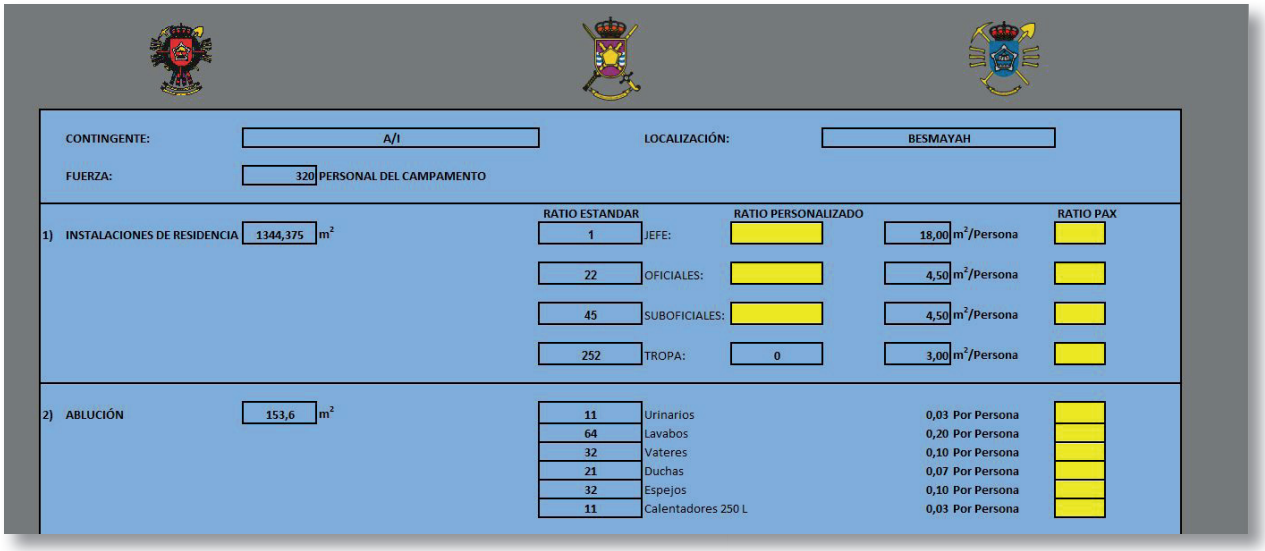
Los últimos campos de esta permiten estructurar la unidad que va a ocupar la instalación, así como el introducir una estimación del número de vehículos rueda y cadenas. Al final de la hoja vienen tres campos a modo de resumen. Que son la superficie necesaria, el número de contenedores de veinte pies y el coste del material necesario para el montaje del campamento.

3.2. Variables de campamento

Sin duda esta hoja es el alma de la herramienta, la cual está divida en una base o campamentos en quince áreas y dos campos extra para definir su diseño. Hay que señalar que el objetivo principal de esta hoja es la de obtener una superficie necesaria por cada zona y de la suma de todas, la del campamento o base. Las áreas en las que se dividen la presente hoja son:

- *Instalaciones de residencia (Zona de vida)*

En esta área aparece por defecto una distribución de la fuerza en jefe, oficiales, suboficiales y tropa. Así como un ratio prefijado de m^2 por persona. Estos valores, como todos los prefijados de otros apartados han sido consensuados por un gabinete de expertos, así como del estudio y lecciones identificadas de todas las bases y campamentos ejecutados por el BCAS. Aún así a la derecha de cada uno de estos valores existen unas casillas que permiten modificar tanto la distribución de la fuerza como los ratios utilizados, para poder adecuarlos a nuestra necesidades específicas de la operación.



CONTINGENTE:	A/I			LOCALIZACIÓN:	BESMAYAH		
FUERZA:	320	PERSONAL DEL CAMPAMENTO					
			RATIO ESTANDAR		RATIO PERSONALIZADO		RATIO PAX
1) INSTALACIONES DE RESIDENCIA	1344,375	m^2	1	JEFE:		18,00 m^2/Persona	
			22	OFICIALES:		4,50 m^2/Persona	
			45	SUBOFICIALES:		4,50 m^2/Persona	
			252	TROPA:	0	3,00 m^2/Persona	
2) ABLUCIÓN	153,6	m^2	11	Urinarios		0,03 Por Persona	
			64	Lavabos		0,20 Por Persona	
			32	Vateres		0,10 Por Persona	
			21	Duchas		0,07 Por Persona	
			32	Espejos		0,10 Por Persona	
			11	Calentadores 250 L		0,03 Por Persona	

- *Zona de ablución*

  En esta zona se muestra la superficie necesaria así como el número de elementos sanitarios que esta debe contener, dándose unos ratios preestablecidos los cuales pueden ser modificados por el usuario.

- Área de cocina y comedor

  Esta es una de las zonas más críticas a la hora de proyectar y ejecutar una base o campamento, por lo que contiene un mayor número de desplegables que otras zonas.

  Podremos elegir mediante desplegables sobre la conveniencia o no de instalar una zona de preparación de comida, una zona de almacenamiento, una zona de cocina, un área para almacenaje frigorífico/congelador, zona de lavaplatos y por último una zona de comedor y servicio. En caso necesario se podrá modificar los diferentes ratios para adaptarlo a las necesidades de los criterios marcados por FLO.

- *Oficinas* (PC y otros)

  Esta área es la más simple pues solo hace referencia a la superficie total y el ratio por persona utilizado y la posibilidad de modificarlo.

- *Instalaciones de recreo interior*

  En esta área se puede elegir sobre la instalación o no y el ratio del PX, la biblioteca, el gimnasio, la cantina, el locutorio e internet, la capilla, una sala de juegos, una peluquería y sala polivalente.

- *Talleres (Escalones)*

  En esta zona se permite al usuario si se va a instalar un segundo escalón, un tercer escalón, y una instalación específica para material de clase IX.

- *Área de almacenamiento y abastecimiento*

  En esta zona hay que definir sobre la necesidad de montar almacenes para los materiales de clase I, II, III, IV y VII así como las instalaciones de la UABA y el polvorín.

- *Obtención, tratamiento y almacenaje de agua*

  En esta área se hace una clara diferencia entre lo que es obtención y tratamiento y por otro lado la zona de almacenamiento. Pudiéndose elegirla conveniencia o no de ambas zonas de manera independientes, así como el consumo diario de agua potable, sanitaria y el número de doses a almacenar.

- *Evacuación y tratamiento de aguas residuales*

  Esta zona está totalmente mecanizada y refleja tanto superficie, cantidad de fosas sépticas necesarias así como la conveniencia o no de la instalación de plantas de depuración.

- *Generación y suministro de energía*

  En esta área tan solo se puede modificar en caso de que se estimase necesario el ratio de KVA persona, el nivel de reserva en la capacidad eléctrica que se requiere así como un consumo estimado de gasoil por KVA que nos permite calcular el volumen de los depósitos de gasoil auxiliares con los que pueden contar las diferentes islas de generación.

- *Instalaciones adicionales*

  En este campo se elige sobre la ejecución de una farmacia, un role 1, un role 2, una HLZ, refugios, lavandería, una zona de seguridad para el polvorín, hangares taller tipo Bresciani y hangares de helicópteros.

- *Instalaciones de recreo exterior*

  Esta zona nos permite introducir dentro de nuestra base instalaciones deportivas como son una cancha multiuso, una pista de pádel, un campo de voleibol o una pista de atletismo.

- *Zona de control y seguridad*

  En esta zona se hacer referencia a la conveniencia del centro de comunicaciones con su campo de antenas, el cuerpo de guardia o centro de filiación y el control de acceso.

- *Transporte*

  En esta área se han reflejado las instalaciones de estafeta, terminal de personal, terminal de carga, hangar de operaciones aéreas, hangar de medios contraincendios y el lavadero.

- *Explanadas y viales*

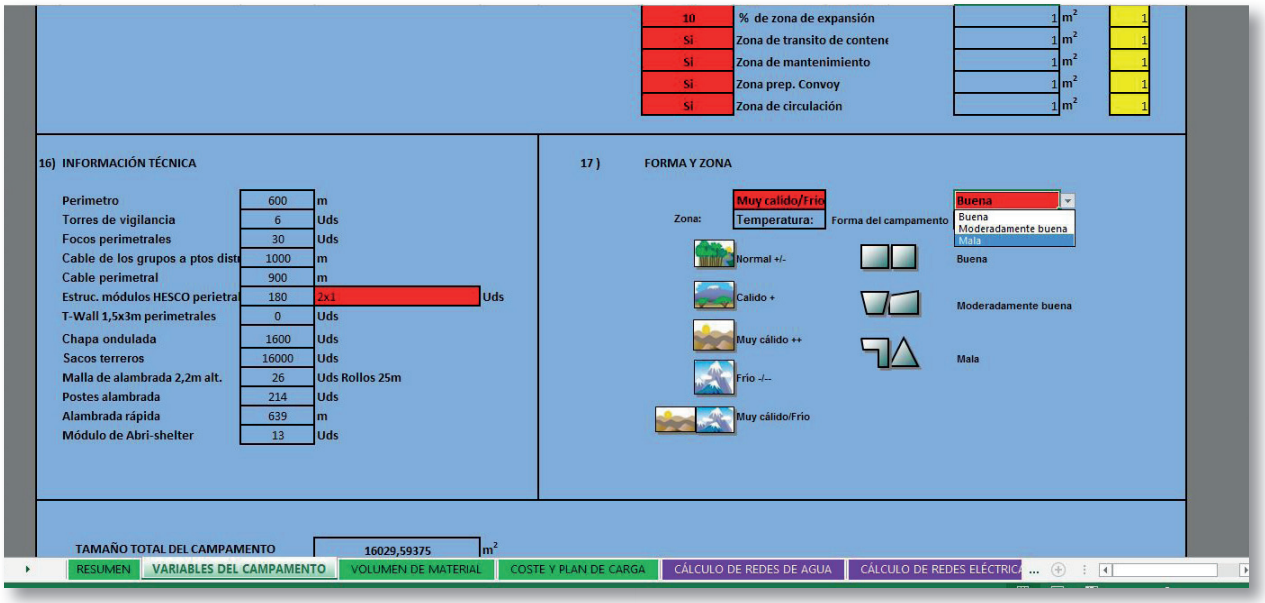
  Esta área al ser un poco atípica refleja una serie de zonas que fácilmente pueden quedar en el olvido como son las zonas de aparcamiento, una posible explanada para formaciones, el porcentaje de superficie que queremos dejar libre para posibles ampliaciones, una zona para el tránsito de contenedores, una zona de preparación de convoyes y una zona de circulación que hace referencia a la red de viales interiores que unen las diferentes áreas de una base o campamento.

- *Información técnica*

  Esta área el usuario tendrá que elegir el sistema mediante el cual quiere ejecutar el perímetro, mostrándose de manera adicional una serie de materiales de fortificación e iluminación de perímetro que deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar el proyecto.

- *Forma y zona climática*

  En este último punto se debe definir qué tipo de forma se considera que va a tener la futura base. En función de la planta elegida la superficie total se verá rectificada por un coeficiente de mayoración. Lo mismo ocurre a la hora de definir la climatología de la zona de despliegue, pues en este caso se verán afectados de manera directa los elementos de climatización, calefacción y por ende los consumos y las secciones de las redes eléctricas.



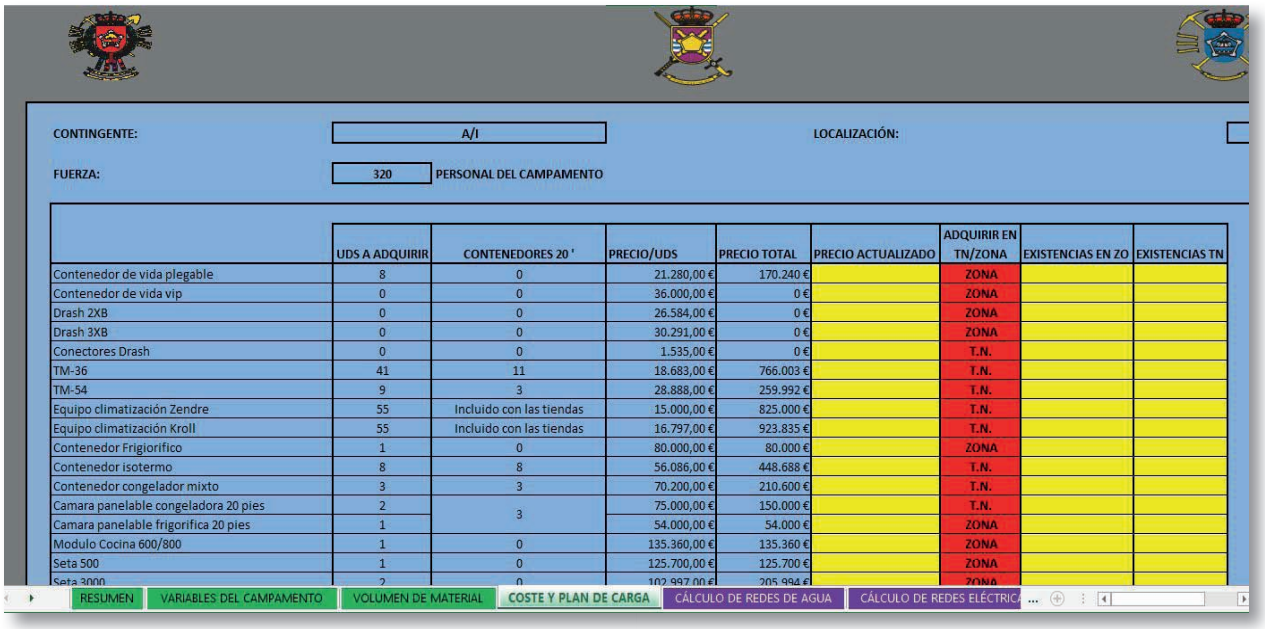
3.3. Volumen de material

Si en la hoja anterior el objetivo principal era el de definir la superficie total y por zonas necesarias para nuestro despliegue, en esta el objetivo será el de definir los materiales reglamentarios de campamentos que deberemos utilizar. Estos materiales se dividen en tres grandes familias; la de las tiendas Drash (2XB y 3XB), la de las tiendas Utilis Iberica TM-36 (similares a las tiendas Tolpin) y TM-54 y por último el uso de contenedores de vida plegables para uso de oficina.

También se incluye los diferentes materiales de zonas más concretas como pueden ser contenedores de ablución, contenedores lavandería, isotermos, frigoríficos, congeladores, plantas potabilizadoras, grupos electrógenos, etc.

3.4. Coste y plan de carga

El primer objetivo de esta hoja es aunar todo el material generado y generar un plan de carga en base a contenedores de veinte pies. Además nos ofrece un valoración de todos los materiales incluidos basado en las valoraciones de SIGLE de los mismos, estos precios permiten ser actualizados. De manera que dado el caso se permita una mayor precisión.



CONTINGENTE: A/I LOCALIZACIÓN:

FUERZA: 320 PERSONAL DEL CAMPAMENTO

	UDS A ADQUIRIR	CONTENEDORES 20 '	PRECIO/UDS	PRECIO TOTAL	PRECIO ACTUALIZADO	ADQUIRIR EN TN/ZONA	EXISTENCIAS EN ZO	EXISTENCIAS TN
Contenedor de vida plegable	8	0	21.280,00 €	170.240 €		ZONA		
Contenedor de vida vip	0	0	36.000,00 €	0 €		ZONA		
Drash 2XB	0	0	26.584,00 €	0 €		ZONA		
Drash 3XB	0	0	30.291,00 €	0 €		ZONA		
Conectores Drash	0	0	1.535,00 €	0 €		T.N.		
TM-36	41	11	18.683,00 €	766.003 €		T.N.		
TM-54	9	3	28.888,00 €	259.992 €		T.N.		
Equipo climatización Zendre	55	Incluido con las tiendas	15.000,00 €	825.000 €		T.N.		
Equipo climatización Kroll	55	Incluido con las tiendas	16.797,00 €	923.835 €		T.N.		
Contenedor Frigiorifico	1	0	80.000,00 €	80.000 €		ZONA		
Contenedor isotermo	8	8	56.086,00 €	448.688 €		T.N.		
Contenedor congelador mixto	3	3	70.200,00 €	210.600 €		T.N.		
Camara panelable congeladora 20 pies	2	3	75.000,00 €	150.000 €		T.N.		
Camara panelable frigorifica 20 pies	1		54.000,00 €	54.000 €		ZONA		
Modulo Cocina 600/800	1	0	135.360,00 €	135.360 €		ZONA		
Seta 500	1	0	125.700,00 €	125.700 €		ZONA		
Seta 3000	2	0	102.997,00 €	205.994 €		ZONA		

RESUMEN | VARIABLES DEL CAMPAMENTO | VOLUMEN DE MATERIAL | COSTE Y PLAN DE CARGA | CÁLCULO DE REDES DE AGUA | CÁLCULO DE REDES ELÉCTRICA

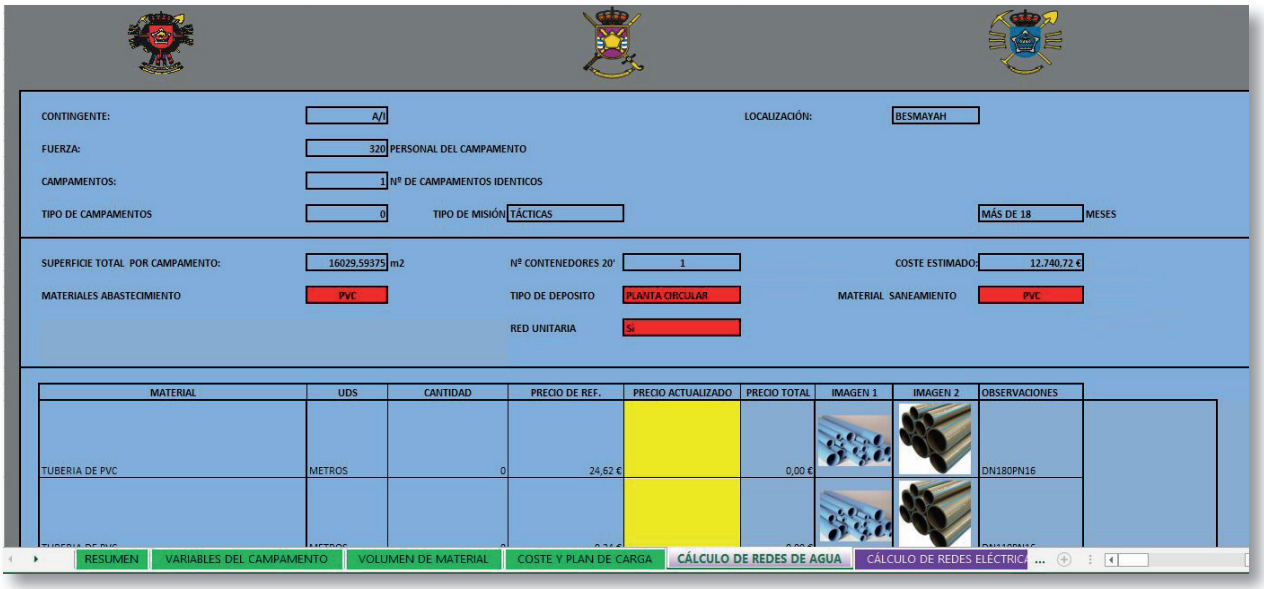
Otro de los aspectos incluidos en las últimas versiones es la de poder definir con qué material se dispone y no es necesaria su adquisición, así como definir si el material adquirido proviene de TN o de ZO. Esto hace que esta hoja se dé gran utilidad para las áreas logísticas de los Cuarteles Generales y Planas regimentales.

3.5. Cálculo de redes de agua

En esta hoja existen dos elecciones principales, una es la de elegir el material que se quiere utilizar para la red de saneamiento y; la segunda la de elegir el material con el que se quiere trabajar para ejecutar la red de abastecimiento.

Una vez definidas estas dos variables aparecerá en la misma hoja el listado de material necesario para el montaje de ambas redes. Cada artículo vendrá acompañado de una

referencia técnica, una imagen y un precio orientativo. Como en el caso de la hoja de coste y plan de carga, si se dispone de un presupuesto de zona más exacto se puede realizar la actualización.



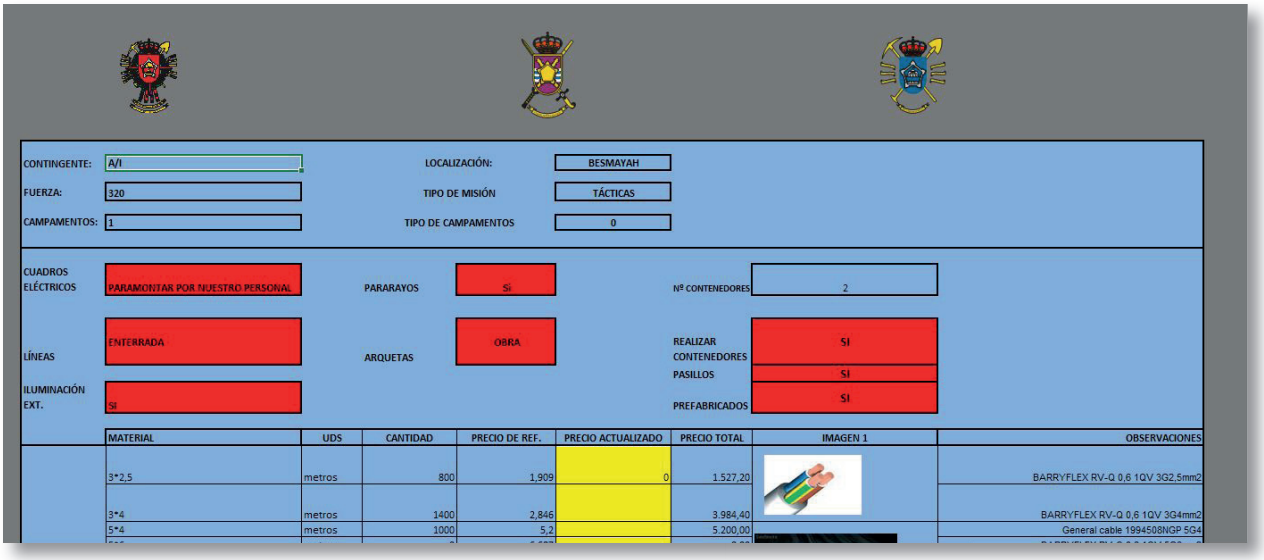
CONTINGENTE: A/I
LOCALIZACIÓN: BESMAYAH
FUERZA: 320 PERSONAL DEL CAMPAMENTO
CAMPAMENTOS: 1 Nº DE CAMPAMENTOS IDENTICOS
TIPO DE CAMPAMENTOS 0 TIPO DE MISIÓN TÁCTICAS MÁS DE 18 MESES
SUPERFICIE TOTAL POR CAMPAMENTO: 16029,59375 m2 Nº CONTENEDORES 20' 1 COSTE ESTIMADO: 12.740,72 €
MATERIALES ABASTECIMIENTO PVC TIPO DE DEPOSITO PLANTA CIRCULAR MATERIAL SANEAMIENTO PVC
RED UNITARIA Si

MATERIAL	UDS	CANTIDAD	PRECIO DE REF.	PRECIO ACTUALIZADO	PRECIO TOTAL	IMAGEN 1	IMAGEN 2	OBSERVACIONES
TUBERIA DE PVC	METROS	0	24,62 €		0,00 €			DN180PN16

RESUMEN | VARIABLES DEL CAMPAMENTO | VOLUMEN DE MATERIAL | COSTE Y PLAN DE CARGA | CÁLCULO DE REDES DE AGUA | CÁLCULO DE REDES ELÉCTRICA

3.6. Cálculo de redes eléctricas

En este apartado deberemos definir de manera obligatoria una serie de variables que vendrán definidas por el tipo de unidad ejecutante como si los cuadros de protecciones van a ser montados por personal propio, si las líneas van a ir enterradas o en superficie, si las arquetas van a ser de obra o prefabricadas, etc.



CONTINGENTE: A/I
LOCALIZACIÓN: BESMAYAH
FUERZA: 320
TIPO DE MISIÓN TÁCTICAS
CAMPAMENTOS: 1
TIPO DE CAMPAMENTOS 0
CUADROS ELÉCTRICOS PARAMONTAR POR NUESTRO PERSONAL
PARARAYOS Si
Nº CONTENEDORES 2
LÍNEAS ENTERRADA
ARQUETAS OBRA
REALIZAR CONTENEDORES SI
PASILLOS SI
ILUMINACIÓN EXT. SI
PREFABRICADOS SI

MATERIAL	UDS	CANTIDAD	PRECIO DE REF.	PRECIO ACTUALIZADO	PRECIO TOTAL	IMAGEN 1	OBSERVACIONES
3*2,5	metros	800	1,909	0	1.527,20		BARRYFLEX RV-Q 0,6 1QV 3G2,5mm2
3*4	metros	1400	2,846		3.984,40		BARRYFLEX RV-Q 0,6 1QV 3G4mm2
5*4	metros	1000	5,2		5.200,00		General cable 1994508NGP 5G4

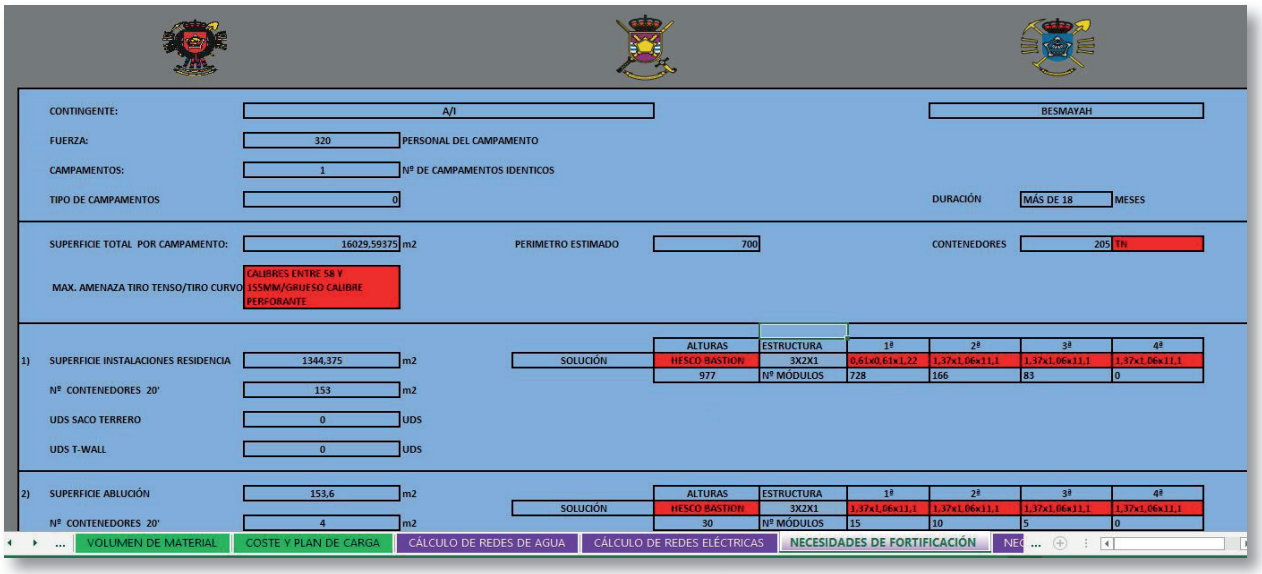
Como en el apartado anterior, una vez definidas todas las variables tendremos un listado de materiales que incluye desde arquetas a mangueras, pasando por los componentes de los cuadros de protección y acabando con los componentes necesarios para el montaje de los pararrayos o la iluminación tanto de interior como de exterior. También se contará por cada voz de una referencia técnica, una fotografía y un precio de referencia modificable.

3.7. Necesidades de fortificación

Llegados a este punto hay que tener en cuenta la dificultad técnica y coste de ejecutar soluciones que den protección frente la amenaza de segundo sector, por lo que se ha procedido a dimensionar la protección en base a criterios de dispersión y segmentación.

Para poder trabajar en este apartado, lo primero que se debe realizar es una selección de la amenaza tipo. Pudiéndose elegir entre:

- Calibres de hasta 14,5mm.
- Calibres de entre 20 y 57mm, cohetería de carga hueca.
- Calibres entre 58 y 155mm calibre grueso y perforante.

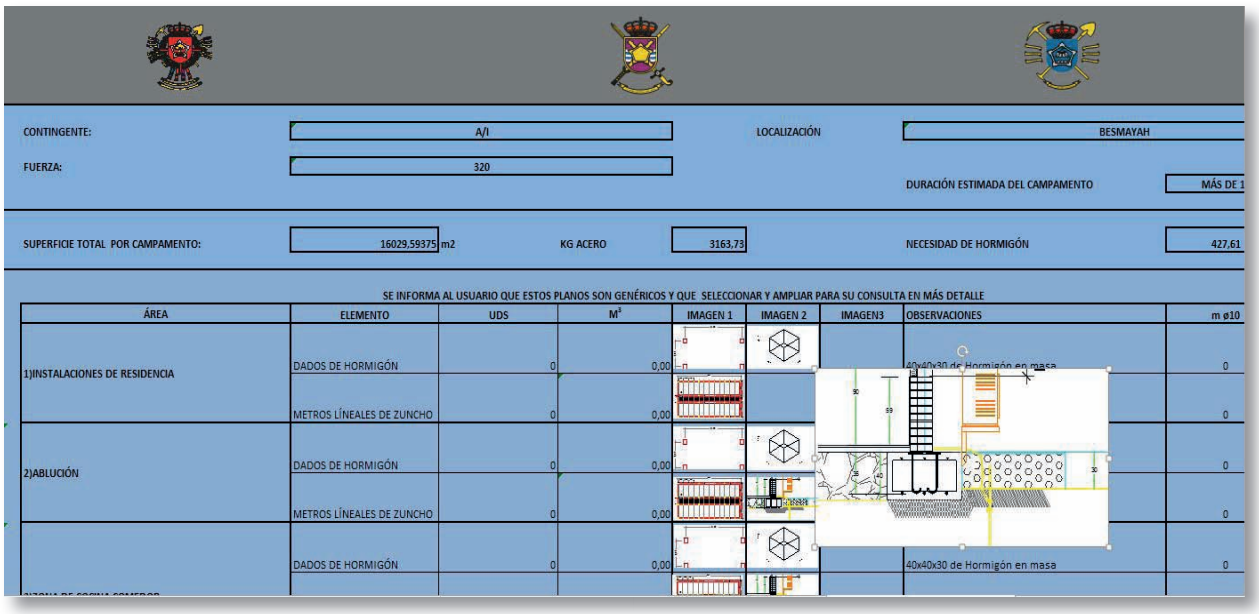


Una vez elegida la amenaza deberemos ir pasando por las quince zonas en las que está dividido el campamento e ir eligiendo si le queremos dar protección o no. En caso afirmativo, deberemos elegir entre la opción de T-wall, Hesco Bastión o merlones. Se quiere significar que para el caso de los Hesco Bastión el calculador elige la configuración adecuada, si bien permite elegir al usuario que modelo de la casa comercial se quiere usar para poder así ser más exacto en lo que se refiere a planes de carga.

3.8. Necesidades de Hormigón

Esta es la última hoja de cálculo avanzado que encontraremos, y la que nos dará en función de múltiples variables y en especial la de duración estimada de la base un volumen aproximado de hormigón armado y una cantidad en kilos de acero corrugado necesario.

Estas estimaciones son de vital importancia a la hora de poder negociar con los proveedores locales no solo el precio, sino el que puedan o no desplazar una planta de hormigonado para poder acelerar los trabajos. No menos importante que el hormigón es acero, el cual puede ser difícil de conseguir en algunas zonas de operaciones. No hay que olvidar que el saber una estimación del total que vamos a necesitar nos facilita la labor de organizar la planificación de suministro con el proveedor y evitar desagradables parones una vez puestos manos a la obra.



CONTINGENTE: A/I LOCALIZACIÓN BESMAYAH

FUERZA: 320 DURACIÓN ESTIMADA DEL CAMPAMENTO MÁS DE 1

SUPERFICIE TOTAL POR CAMPAMENTO: 16029,59375 m2 KG ACERO 3163,73 NECESIDAD DE HORMIGÓN 427,61

SE INFORMA AL USUARIO QUE ESTOS PLANOS SON GENÉRICOS Y QUE SELECCIONAR Y AMPLIAR PARA SU CONSULTA EN MÁS DETALLE

ÁREA	ELEMENTO	UDS	M³	IMAGEN 1	IMAGEN 2	IMAGEN3	OBSERVACIONES	m ø10
1)INSTALACIONES DE RESIDENCIA	DADOS DE HORMIGÓN	0	0,00				40x40x30 de Hormigón en masa	0
	METROS LÍNEALES DE ZUNCHO	0	0,00					0
2)ABLUCIÓN	DADOS DE HORMIGÓN	0	0,00					0
	METROS LÍNEALES DE ZUNCHO	0	0,00					0
	DADOS DE HORMIGÓN	0	0,00				40x40x30 de Hormigón en masa	0

En esta hoja también se hace un repaso por las quince zonas del campamento, definiendo la cantidad de acero, hormigón necesario en cada una de ellas. Además se facilita un plano tipo de la obra a ejecutar en cada punto, esta imagen puede ser seleccionada con el ratón y ampliada. Siendo así una referencia de lo que se pretende no solo al proveedor, sino también al personal que está realizando el reconocimiento pues como se indicó al principio del presente artículo no siempre se reconoce aquello sobre lo que se domina.

3.9. Agradecimientos

Como colofón a la herramienta, se pretende reconocer en esta hoja el trabajo del personal que ha hecho posible con su trabajo y criterios que esta herramienta de apoyo a los CUMA de Ingenieros cumpla ya seis años y alcanzado al día de la redacción del artículo la versión 92.

4. Futuras mejoras

Como todo trabajo de ingenieros, esta herramienta es perfectible en múltiples aspectos, pero entre los puntos que se espera implementar en un horizonte próximo se encuentran:

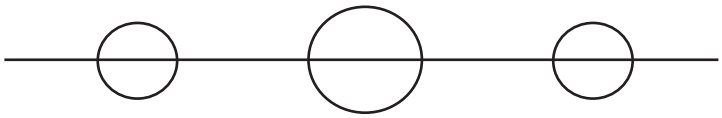
- Hacer una hoja que estime el volumen de los diferentes áridos necesarios en la construcción de la base.
- Referenciar los diferentes elementos que aparezcan en el CC a un NOC o a un NATO STOCK NUMBER (NSN).
- Incluir en el plan de carga los contenedores de material, herramientas y máquinas necesarios para poder realizar los trabajos.

5. Conclusiones

El CC es una herramienta que ha sido reconocida por el Arma y los diferentes CUMA que han trabajado con ella, pero sigue siendo una gran desconocida dentro del arma. Se considerando adecuado su conocimiento por parte de los Batallones de Zapadores para su uso a la hora de diseñar los COP, OP y otros campamentos de carácter eminentemente táctico.

Por todo lo expuesto se pretende difundir la existencia de esta herramienta, pues de su conocimiento y de los comentarios de los diferentes usuarios surgirán necesidades de mejoras realmente útiles que optimicen la obtención de datos del reconocimiento, el proyecto y el planeamiento siendo al final más eficientes a la hora de cumplir la misión.

Transmisiones CIS y EW



ESTUDIO SOBRE LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE TROPAS EN EL FFT (FRIENDLY FORCE TRACKING)

Alejandro Menéndez Rillo

Caballero Alférez cadete de Transmisiones

INTRODUCCIÓN

El siguiente artículo es un resumen del Trabajo Fin de Grado titulado *Estudio sobre la integración de un sistema de seguimiento de tropas en el FFT (Friendly Force Tracking).* Presentado en el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar durante el quinto curso 2016-2017. La realización y la prueba del prototipo fue realizada durante las prácticas en el Regimiento de Transmisiones 21 (Marines-Valencia).

El motivo principal del trabajo es mejorar la información disponible para el Mando militar a la hora de tomar determinadas decisiones. Actualmente no existe ningún sistema que proporcione la información del estado del combatiente (posición, pulso, temperatura) en el Ejército de Tierra. El objetivo de este proyecto consiste en diseñar y construir un sistema de monitorización del estado del combatiente y que además envíe estos datos, en tiempo real, a un sistema de información, el *FFT* (*Friendly Force Tracking*).

La solución que se plantea en este TFG (Trabajo Fin de Grado) demuestra que la idea del Combatiente del Futuro puede ser factible, resolviendo alguno de los problemas actuales usando la tecnología.

Estado del arte

Los sistemas de Mando y Control se pueden dividir según la envergadura de la unidad para la cual son diseñados. A nivel Gran Unidad se encuentra el Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra (SIMACET). La aplicación del sistema propuesto en este TFG, se enmarca en los sistemas de Mando y Control a nivel táctico o de Pequeña Unidad. Actualmente en el Ejército de Tierra existen dos programas de ordenador que sirven para mostrar la posición de las tropas, el *BMS* (*Battlespace Management System*) o el FFT. El sistema de posicionamiento escogido en este proyecto está basado en el FFT.

Una de las limitaciones en el proyecto es que el software FFT es un sistema diseñado para posicionar vehículos y no para el posicionamiento del combatiente individual, por tanto, no permite mostrar datos relativos al estado físico de los combatientes, pero sí su posición. Para mostrar en pantalla los datos relativos al pulso, temperatura y luminosidad se ha utilizado otro programa. Estos datos en un futuro se podrían integrar en el FFT.

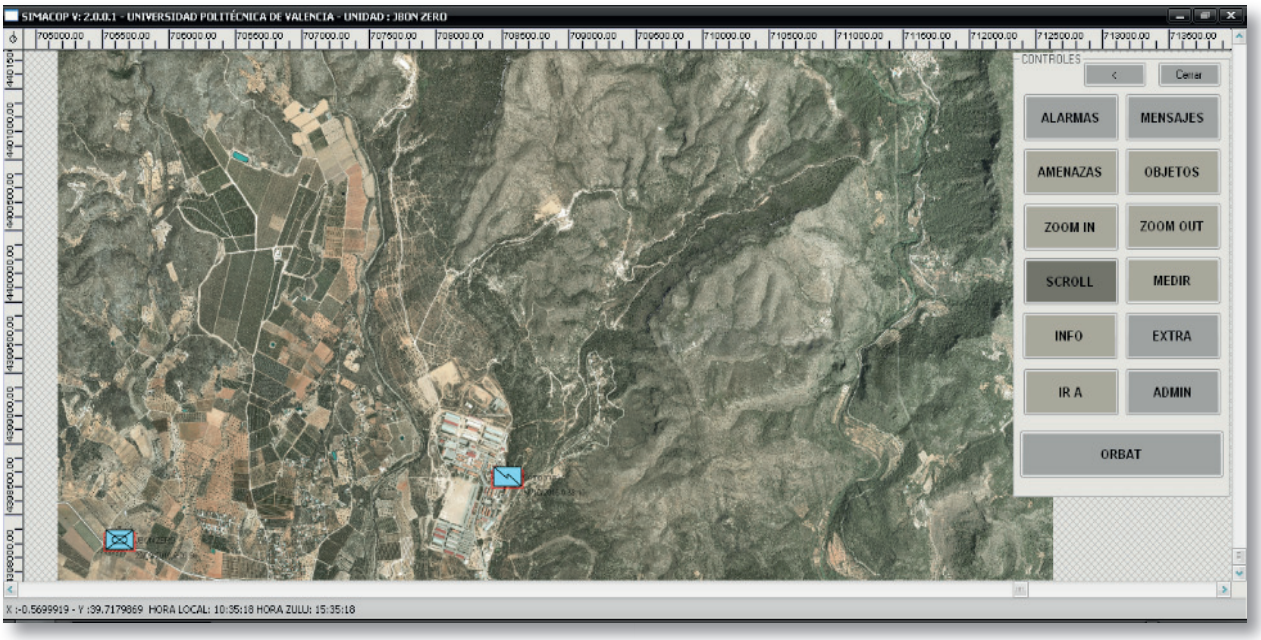


Ilustración 1 Programa FFT v2.0.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Exposición

Para demostrar la factibilidad del sistema se ha diseñado un dispositivo portátil que monitoriza una serie de parámetros (pulso, posición, temperatura y luminosidad), medidos a través de sensores. Más información en Anexo A y Anexo B.

Estos parámetros se transmiten en tiempo real a un dispositivo fijo, que está conectado a un ordenador. Finalmente, el ordenador integra el dato de posicionamiento en el FFT y muestra el resto de parámetros en pantalla.

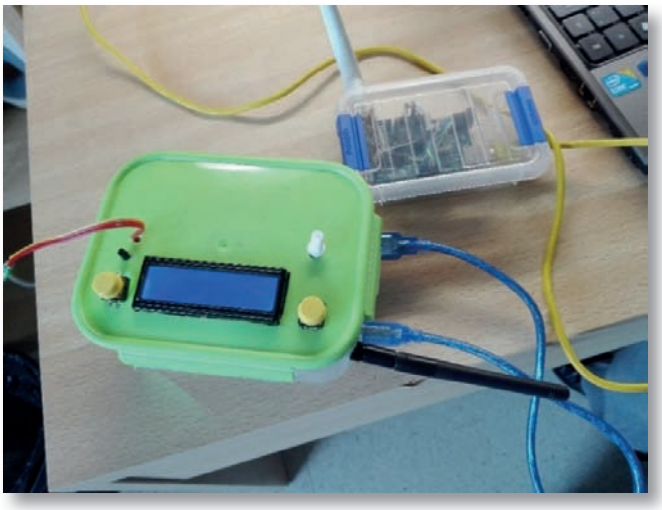


Ilustración 2. Fotografía de prototipo móvil y prototipo fijo.

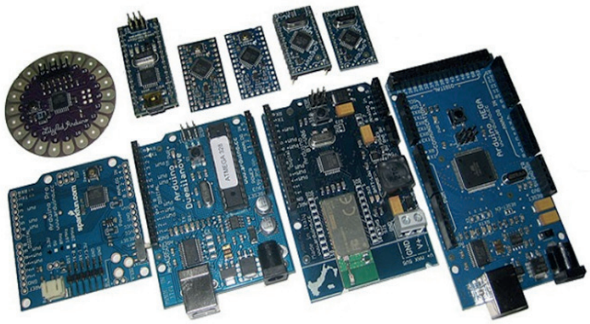


Ilustración 3. Tipos de Modelos Arduino.

Electrónica

Para desarrollar el sistema de posicionamiento se ha usado como base la plataforma *Arduino*. Es una plataforma de código abierto para realizar prototipos de electrónica. Está basada en un microcontrolador ATMEL®, el cual se puede programar para interactuar con otros elementos electrónicos. Es el «cerebro» de la placa *Arduino*.

Posee diferentes entradas y salidas tanto analógicas como digitales, necesarias para comunicarse con los sensores, actuadores o incluso un modelo *Arduino* con otro. Existen muchos tipos de sensores para diversas funciones: detectores de humo, de luminosidad, de infrarrojo, pulsadores, cámaras, brújulas, inclinómetros, acelerómetros, de nivel de líquido, de humedad, de temperatura, de presencia, módulos de comunicación Wifi, Bluetooth…

La placa *Arduino* se puede programar conectándola a un ordenador a través del puerto USB. El lenguaje de programación utilizado es un derivado del C, aunque admite instrucciones de C++.

Comunicación

Para el establecer la comunicación entre los dos dispositivos se han utilizado dos módulos de radio NRF24L01. Es un chip radio transceptor que funciona en la banda ISM de 2.4GHz. La transmisión con los módulos NRF24L01 emplea un protocolo propio, el Enhanced ShockBurst™, basado en comunicación por paquetes con capacidad de retransmision. La transmisión se realiza usando modulación *GFSK* (*Gaussian Frecuency Shift Keying*). Tiene capacidad para formar redes en estrella y redes malladas o *mesh*.

Ilustración 4.
Módulos de radio NRF24L01.

La tecnología es diferente a Wifi o Bluetooth a pesar de trabajar en la misma banda. Se ha escogido este tipo de radio enlace por su bajo consumo y sus altas prestaciones, en distancia y en velocidad (hasta 2 Mbps).

Las placas *Arduino* no solo admiten este tipo de módulos de transmisión. De hecho, la comunicación se podría haber realizado a través de conexión Wifi o Bluetooth. Ambas tecnologías se han probado también, si bien se han descartado ya que el alcance era muy inferior (apenas 20 metros). Otra opción considerada fue la posibilidad de usar conexión GPRS, pero también se ha descartado debido a los siguientes motivos: (i) el coste de los módulos GPRS es elevado, (ii) requieren una tarjeta SIM y un contrato con una compañía telefónica, y (iii) el sistema dependería de la cobertura suministrada por la compañía telefónica, por lo que él dejaría de ser autónomo y no podría ser usado ser usado en emergencias o en situaciones tácticas en el extranjero.

GPS

El prototipo obtiene la posición GPS gracias un Módulo GPS Ublox NEO - 6M. Este dispositivo es compatible con el protocolo NMEA. Una vez conectado y configurado correctamente proporciona la posición GPS y otros datos como la velocidad, la altura o la aceleración.

Sensores

Térmico

Para obtener el valor de la temperatura se ha instalado un sensor de temperatura digital, en concreto el LM35. El rango de temperaturas es de -55º C (-550mV) a 150º C (1500 mV) y su precisión es de 0,5º C.

Fotoresistor

Para medir en nivel de luz se ha usado una fotorresistencia GL55, que es una resistencia variable en función de la luz recibida.

Pulsómetro

Para obtener el pulso se ha empleado un sensor de pulso fabricado por http://pulsesensor.com/ el cual se puede poner en el dedo o lóbulo de la oreja.

Batería de 2200mAh

Para alimentar el dispositivo móvil se ha optado por usar una batería recargable de 2200mAh a 5V que proporciona una salida de 1A. Esta batería nos brinda una autonomía aproximada de 8 horas.

Programación

El sistema se ha programado en lenguaje «C». Este lenguaje es sencillo y fácil de entender, lo cual brinda múltiples posibilidades de poder modificarlo y adaptarlo a necesidades concretas, en este caso, para diseñar un sistema de posicionamiento. Aunque podríamos adaptarlo a otros ámbitos, puesto que, *Arduino* (parte hardware y parte software) es un sistema muy versátil que se puede emplear en cualquier situación en la que se necesite controlar de modo autónomo algún sistema mecánico o realizar medidas con sensores. Otros ejemplos son: Ardupilot (software y hardware de aeronaves no tripuladas), máquinas de control numérico por computadora (CNC), impresoras en 3D…

En el siguiente esquema se encuentra la programación a alto nivel del *Arduino* remoto.

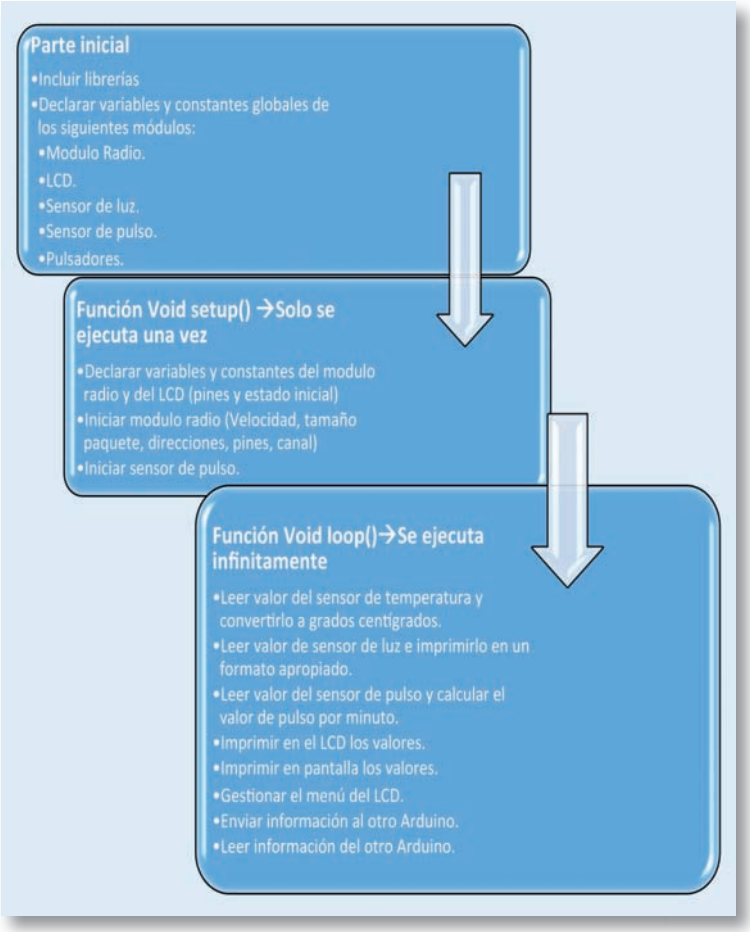


Ilustración 5. Programación en alto nivel del Arduino remoto.

En el código de programación, en la parte inicial se ha tenido que tener en cuenta la declaración de variables de estado relativas a los sensores. Posteriormente, en la función setup() se han inicializado todos los sensores y se han configurado. Para la función en bucle loop(), se ha tenido que programar el *Arduino* para que lea los valores obtenidos a través de los diferentes sensores y los imprima en pantalla y en el LCD en un formato correcto para su lectura. Finalmente, esos valores son transmitidos hacia el otro *Arduino*. Además, se muestra en el LCD el posible mensaje que haya llegado desde el *Arduino* local.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- En primer lugar, el dispositivo remoto (*Arduino* portado por un soldado) obtiene la información de los sensores de temperatura, luminosidad, pulso y posición GPS.
- Esta información se transmite a un dispositivo local (otro *Arduino*) a través de una conexión inalámbrica suministrada por los módulos de comunicación NRF24L01.
- Una vez que se recibe la información, se reenvía mediante un cable USB a un ordenador. Este ordenador tiene instalado el sistema FFT e integra la posición del dispositivo remoto en el mismo (la posición del dispositivo remoto aparece en el mapa que presenta FFT por pantalla).
- Toda la información se puede mandar también a través de la radio PR4G/HARRIS a un servidor SIMACET para que esté disponible al Mando (véase Ilustración 6).

Como se ha explicado anteriormente, el Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra (SIMACET) se usa para establecer la posición de las Grandes Unidades. Sin embargo, es posible que al Mando le interese saber la posición de un soldado determinado.

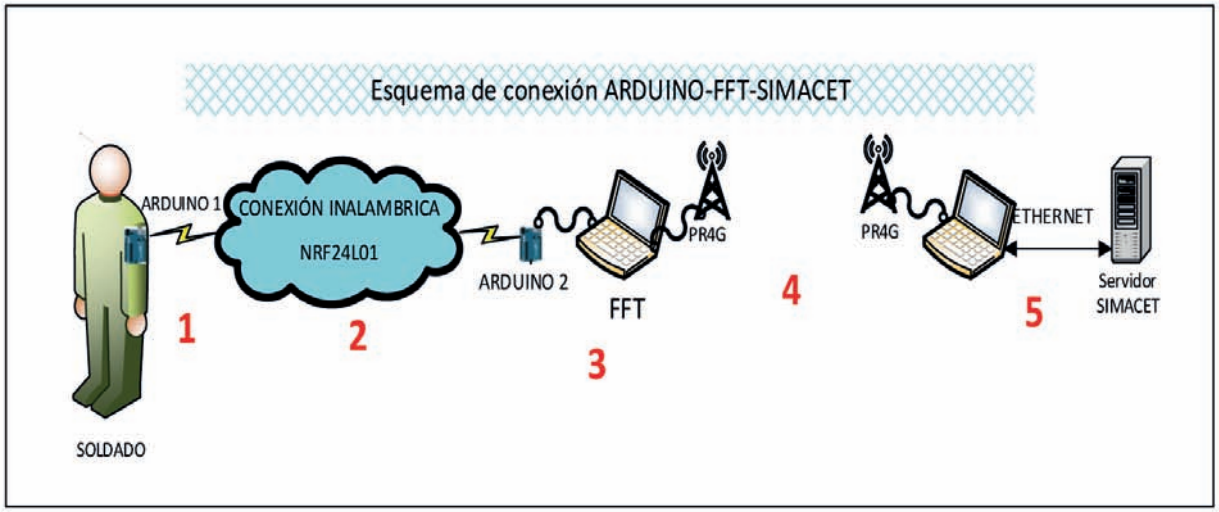


Ilustración 6. Esquema general.

Las posiciones presentes en el sistema FFT se pueden integrar en SIMACET a través de un diodo de datos (Ilustración 7). Este diodo de datos sirve para poder integrar un sistema no seguro, como es FFT, con un sistema seguro como SIMACET. La integración se realiza mediante el programa Antares, el cual permite que las posiciones establecidas por el sistema FFT aparezcan también en SIMACET (Ilustración 8).

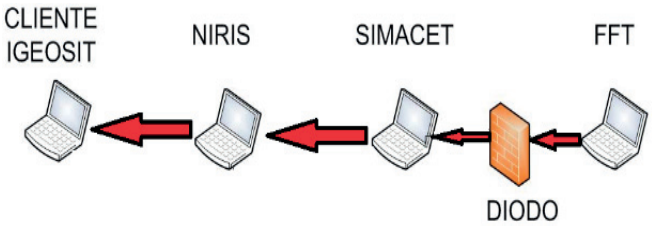


Ilustración 7. Esquema de conexión del FFT a una red OTAN.

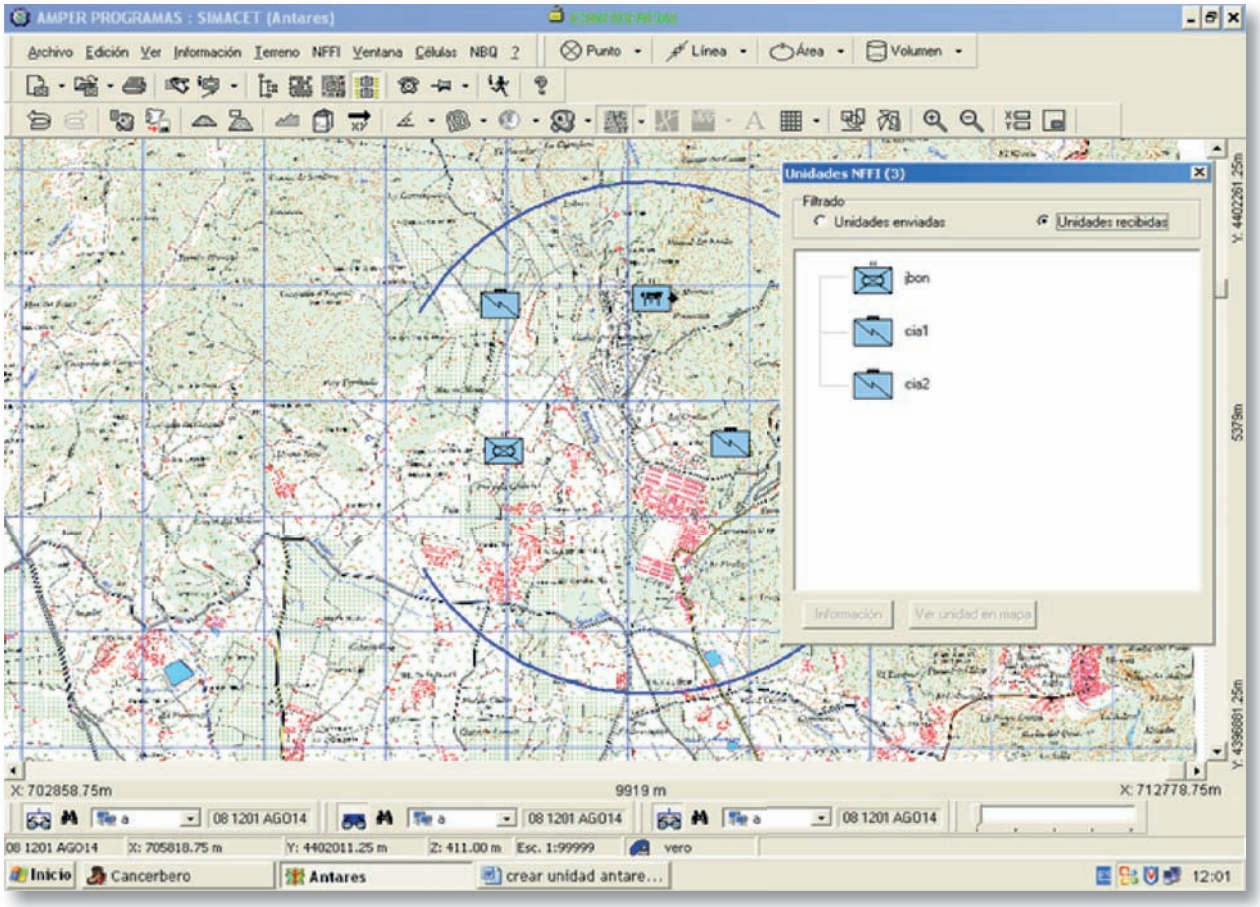


Ilustración 8. SIMACET con FFT.

USO TÁCTICO

En este apartado se presenta un ejemplo de cómo podría ser usado el sistema en una situación táctica. Como se puede apreciar en la ilustración 9, cada elemento a pie llevaría un dispositivo, el cual registraría los datos. Se enviaría la información de cada elemento móvil al elemento central, en el vehículo. Bien directamente o bien replicándose en otros dispositivos, gracias a la tecnología *mesh*. La información completa de todos los elementos a pie se procesaría y se enviaría usando la radio PR4G a una estación BASE en la cual se encontraría SIMACET y se podrían integrar los datos de las posiciones en el mapa.

En el esquema se ha usado como medio de transmisión la radio PR4G, pero la información al estar basada en protocolo TCP/IP se podría enviar por otros medios como Satélite o por cable Ethernet.

Puesto que, en el ordenador que está dentro del vehículo se encontraría instalado el programa FFT, el jefe podría saber en todo momento donde están los elementos a pie, facilitándole la labor en ambientes nocturnos o con escasa visibilidad.

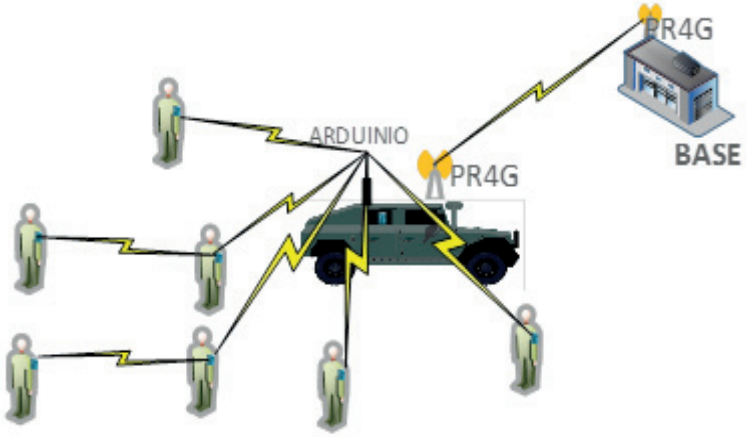


Ilustración 9. Esquema de uso táctico.

PRUEBAS

Para demostrar las capacidades del sistema se han realizado una serie de pruebas que se describen en este capítulo. Las pruebas se realizaron en la Base General Almirante, situada en Marines (Valencia), con coordenadas GPS (39.712217,-0.5703535), durante el periodo de tiempo comprendido del 10 de octubre al 14 de octubre de 2016.

Se considera que el alcance ha llegado a su distancia máxima cuando la trama GPS llega incorrectamente a la estación base.

Se realizaron 5 pruebas con los siguientes resultados:

- Pruebas de alcance exterior:
  - Velocidad: 2Mbps 135 metros
  - Velocidad: 1Mbps 160 metros
- Pruebas de alcance interior de edificio:
  - 40 metros en ambas velocidades.
- Prueba de autonomía de baterías:
  - Con una batería de 2200mAh: 8 horas encendido.
- Prueba de recepción en FFT y transmisión a otro vehículo a través de PR4G:
  - La prueba consistió en transmitir a través de la radio PR4G la posición remota obtenida desde el *Arduino* en movimiento, a otro vehículo. Este último vehículo mostró en el FFT las nuevas posiciones en tiempo real, tanto del *Arduino* en movimiento como la suya propia. Véase ilustración 10.

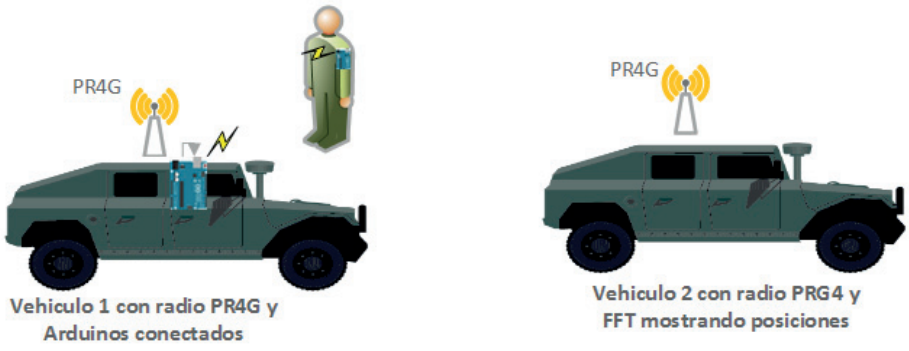


Ilustración 10. Esquema Prueba.

- La prueba finalmente fue satisfactoria, replicándose las posiciones del *Arduino* en movimiento en el vehículo 2 en menos de un minuto.

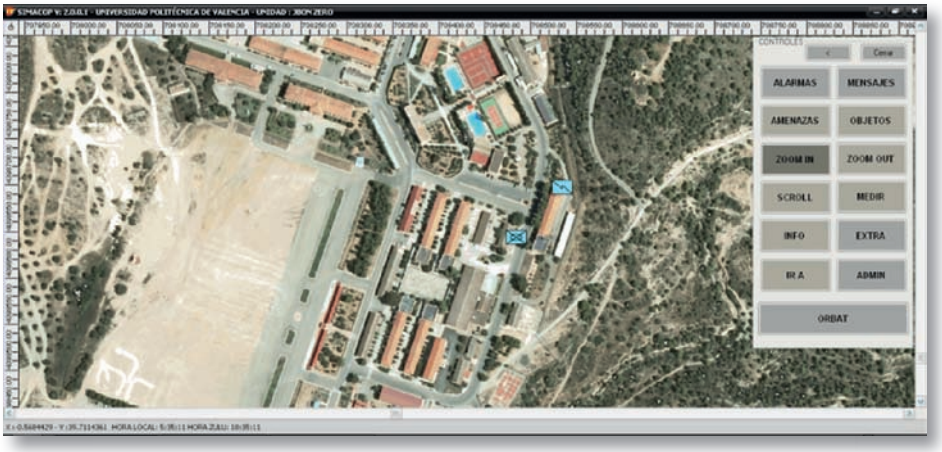


Ilustración 11. Sistema de posicionamiento funcionando y replicando en FFT.

- Prueba de recepción de datos sensoriales.
  - En la ilustración 12 se puede observar cómo se reciben los parámetros desde el sistema remoto. Estos datos muestran la posición GPS en coordenadas NMEA, la cantidad de luz, la temperatura y el pulso.

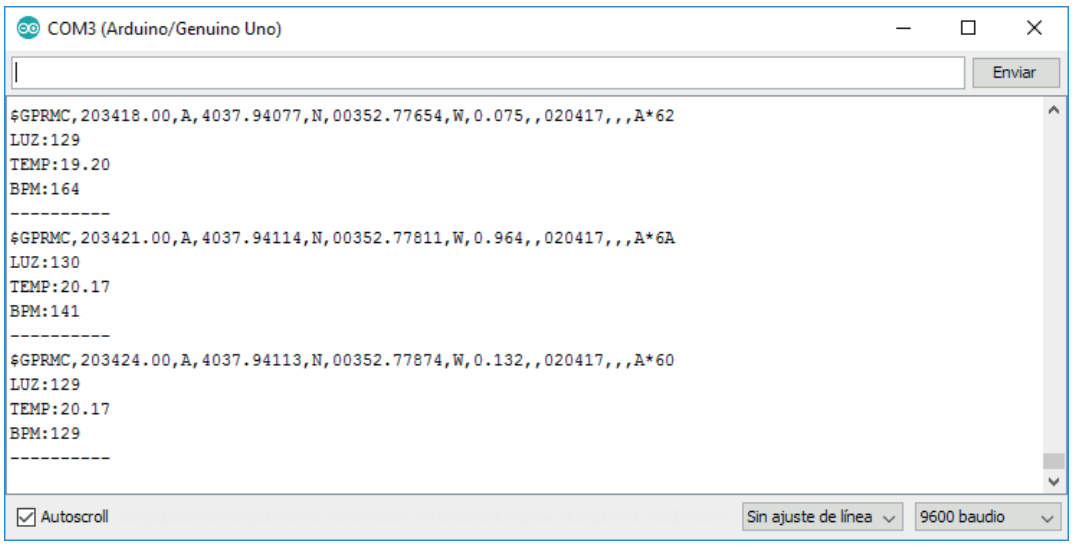


Ilustración 12. Parámetros recibidos.

CONCLUSIONES

Conclusiones principales

En este trabajo se ha demostrado que, usando tecnología basada en *Arduino*, se puede diseñar un dispositivo fácilmente transportable por un soldado para recoger una serie de datos de interés. Este sistema revolucionario le brinda al mando un control absoluto sobre sus tropas, sabiendo el estado de estas y dando la posibilidad de comandar un ejército entero usando un ordenador.

Podría parecer que las capacidades que ofrece este sistema son pocas, puesto que el alcance es de apenas 150 metros y la capacidad de transmisión es de 1Mbps. Pero hay que recordar que es solo un proyecto y que hay que depurar muchos errores. Usando esta misma tecnología de transmisión, en otros campos se han conseguido alcances de 1 kilómetro, más que suficiente para lo que se propone.

Los problemas encontrados a la hora de realizar este proyecto han sido principalmente de tipo técnico. Debido a la dificultad de integrar componentes electrónicos entre sí, se ha tenido que valorar la compatibilidad y el consumo de los módulos. Además es un producto pionero en el mercado, por lo que la programación se ha realizado desde el principio.

Ventajas de su uso

El proyecto ha usado datos como el pulso, luminosidad o temperatura, pero una de las grandes ventajas es la «modularidad». Por tanto, en dependencia de las necesidades de cada momento, se pueden instalar sensores adaptados, por ejemplo: detectores químicos o nucleares en el ambiente.

Otra ventaja que se destaca es el coste, invirtiendo muy poco podemos obtener gran cantidad de información del estado de nuestros soldados en el campo de batalla. Además de ser adaptable, se podría realizar del tamaño de un reloj de pulsera pudiendo tanto ser instalado en los elementos a pie como en helicópteros o en vehículos. Usándolo como elemento de obtención de información se podría evaluar el combustible, kilómetros u otros datos de interés.

Lo más importante es que al ser diseñado por el ejército se puede adaptar a sus intereses.

Líneas futuras de trabajo

A continuación, se detallan las posibles mejoras que se deberían incorporar al sistema propuesto para su uso en un entorno real.

- Es necesario reducir el tamaño y el peso, no siendo muy complicado dada la tecnología existente actualmente.

- El sistema debe hacerse estanco y resistente a las inclemencias del tiempo.
- Para mejorar el alcance se podría utilizar otro tipo de módulos de comunicación que trabajen a frecuencias más bajas. Este cambio es posible ya que la cantidad de datos a transmitir no es elevada.
- Para integrar la información de los sensores en el FFT, debería de modificarse el programa o diseñar uno nuevo.

De cara al futuro, estos sensores se podrían fácilmente integrar con la radio Spearnet y ser transmitidos a mayor distancia a través de esta. Se podrían añadir otro tipo de sensores, como detectores de sustancias químicas en el aire o de humo e incorporar esta información a los vehículos. También se podría emplear sensores LIDAR, que es una tecnología que permite valorar distancias usando un emisor laser. Con esto se podría crear una especie de burbuja alrededor del vehículo ya que se podría conocer todo lo que hay en su entorno.

En resumen, podemos concluir que el sistema ha funcionado satisfactoriamente y que se han cumplido los objetivos iniciales propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] DOUTIEL, FERNANDO (2015). «Guía del Arduinomaníaco: todo lo que necesitas saber sobre Arduino», Revista electrónica Xataka. Consultado el 15 de septiembre de 2016 en http://www.xataka.com/especiales/guia-del-arduinomaniaco-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-arduino

[2] PROMETEC (2016). «Ejemplos, documentación y piezas». Consultado el 25 de septiembre de 2016 en http://www.prometec.net/

[3] SIRF (2005). «NMEA Reference Manual». Manual técnico. Consultado el 1 de octubre de 2016 en https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual1.pdf

Anexo A – Fotografías realizadas

- **Pruebas de distanciaPruebas Arduino y FFT**

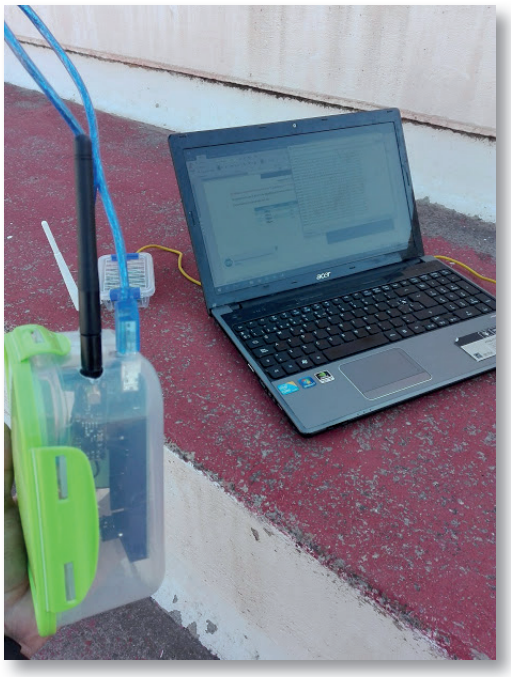


Ilustración 13. Preparación de pruebas de alcance.

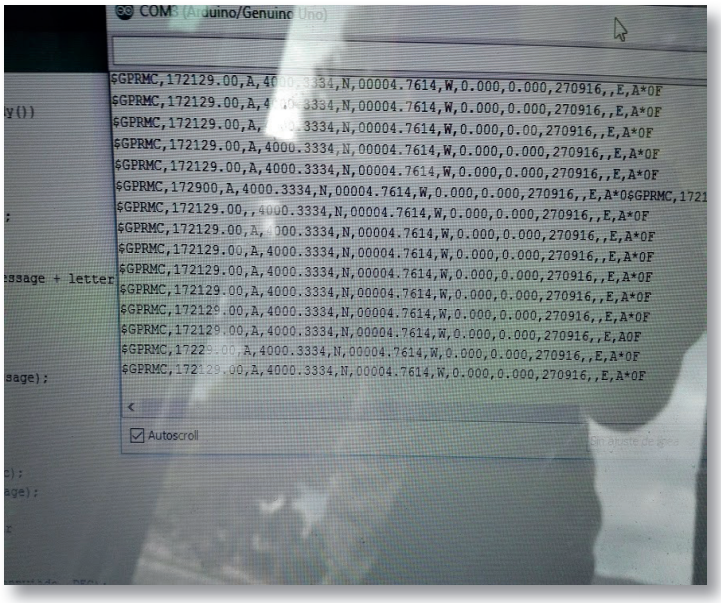


Ilustración 14. Recibiendo posición GPS del Arduino remoto.

Ilustración 15. Arduino en el Mercurio IP.

Ilustración 16. Mostrando posiciones en el FFT dentro del vehículo.

ANEXO B - Presentación del prototipo

- **Esquema de conexionado**

  En el siguiente esquema realizado con el programa Fritzing se muestra como se han realizado las conexiones entre los *Arduinos* y los diferentes módulos/sensores.

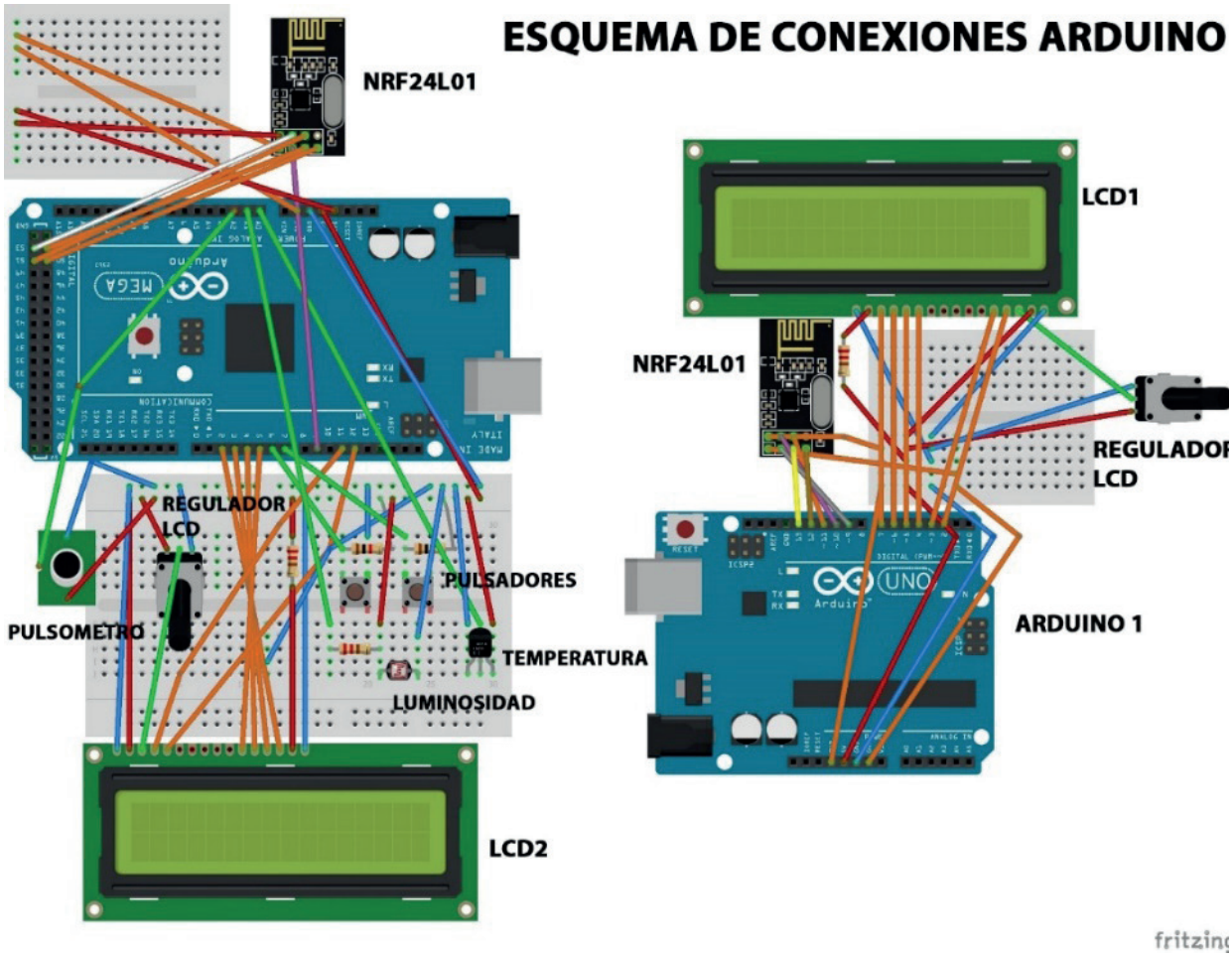


Ilustración 17. Esquema de conexiones en Arduino.

INTEGRACIÓN DE LOS CIRCUITOS IRR, ADL Y HOT DEL MAAA A TRAVÉS DEL TERMINAL SATÉLITE TLB-IP

Alfonso Díaz Pérez *(5.º Curso)*
Alférez de Transmisiones

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente artículo presenta de forma resumida los resultados del proyecto correspondiente al Trabajo de Fin de Grado (TFG) con título *Análisis de viabilidad de la integración de los circuitos IRR, ADL y HOT en el Sistema de Defensa Aérea a través del terminal satélite TLB-50IP*, correspondiente al grado en Ingeniería de la Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa (CUD) en la Academia General Militar. Para la realización de este proyecto se trabajó en colaboración con la Unidad de Transmisiones del Mando de Artillería Antiaérea (UTMAAA) ubicada en Madrid (1.ª Compañía) y Sevilla (2.ª Compañía), siendo esta última donde se desarrollaron las prácticas externas de 5.º curso.

El proyecto surge de la necesidad de aumentar la operatividad y capacidad táctica de la artillería Antiaérea. En concreto, se busca que la UTMAAA gane capacidad operativa para desplegar en cualquier asentamiento, sin depender de ningún punto de integración terrestre. En ese sentido, se plantean soluciones de enlace a larga distancia, como es el enlace satélite, que permitiría el asentamiento de las UDAA en cualquier lugar, tanto del Territorio Nacional como en Zona de Operaciones.

Actualmente en el MAAA se cuenta con un manual de «Procedimiento de enlace entre COAAAS-M y COAAAS-L con terminales satélite» que describe como realizar este tipo de enlace empleando un terminal satélite TLX-50. Se plantea el análisis de la viabilidad del empleo del terminal satélite más moderno TLB-50 IP dado que proporciona más capacidad de ancho de banda y mejores prestaciones, no solo entre estos COAAAS, sino también para integrar FDC con el SDA español.

1.1. Objetivos y alcance del proyecto

El principal objetivo del proyecto fue el empleo del Terminal Ligero Bibanda 50 con configuración IP (TLB-50 IP o también TLB-IP) tanto para la integración del Centro Director de Fuegos (FDC) en el Sistema de Defensa Aérea (SDA) como para la integración de los Puestos de Mando de Batería (BCP) con el FDC. Este empleo supondría una mejora sustancial respecto a los medios actuales con los que cuenta la UTMAAA puesto que la operatividad y las capacidades tácticas de la Artillería Antiaérea aumentarían significativamente: por un lado dejarían de depender de medios físicos como el cable tendido punto a punto o la conexión física a un CECOM, y por el otro, permitirían la ubicación de las Baterías en cualquier lugar del mundo independientemente del terreno, al desaparecer obstáculos que pudieran bloquear la comunicación entre las BCP y el FDC.

El alcance de este proyecto resultaría en un cambio en los medios de la UTMAAA, la cual adquiriría más terminales TLB-IP en su dotación para proporcionar enlace en todo tipo de situaciones y cualquier lugar del mundo sin depender del conexionado físico ni renunciar a ningún servicio. Así mismo, podría ser aplicado en todas las unidades del MAAA, sirviendo como base para futuras adaptaciones de equipos antiguos que pudieran existir en otras unidades.

Para ello se abordan los siguientes pasos:

– Estudio de la situación actual de la UTMAAA y sus medios.

– Búsqueda y evaluación de las posibles líneas de acción y soluciones.

– Solicitud de presupuestos de equipos nuevos a empresas de Telecomunicaciones del sector de Defensa.

– Análisis económico de las líneas de acción.

– Elaboración de conclusiones del análisis.

1.2. Descripción actual de las comunicaciones en el Mando de Artillería Antiaérea

A continuación se describe el esquema actual de las comunicaciones desde su origen en el Centro de Control Aéreo, Producción de Trazas Aéreas y Fusión de Sensores o Escalón Superior (ARS) hasta las Baterías de Artillería Antiaérea. El enlace entre los elementos de la UDAA se muestra de manera gráfica en la Figura 1.

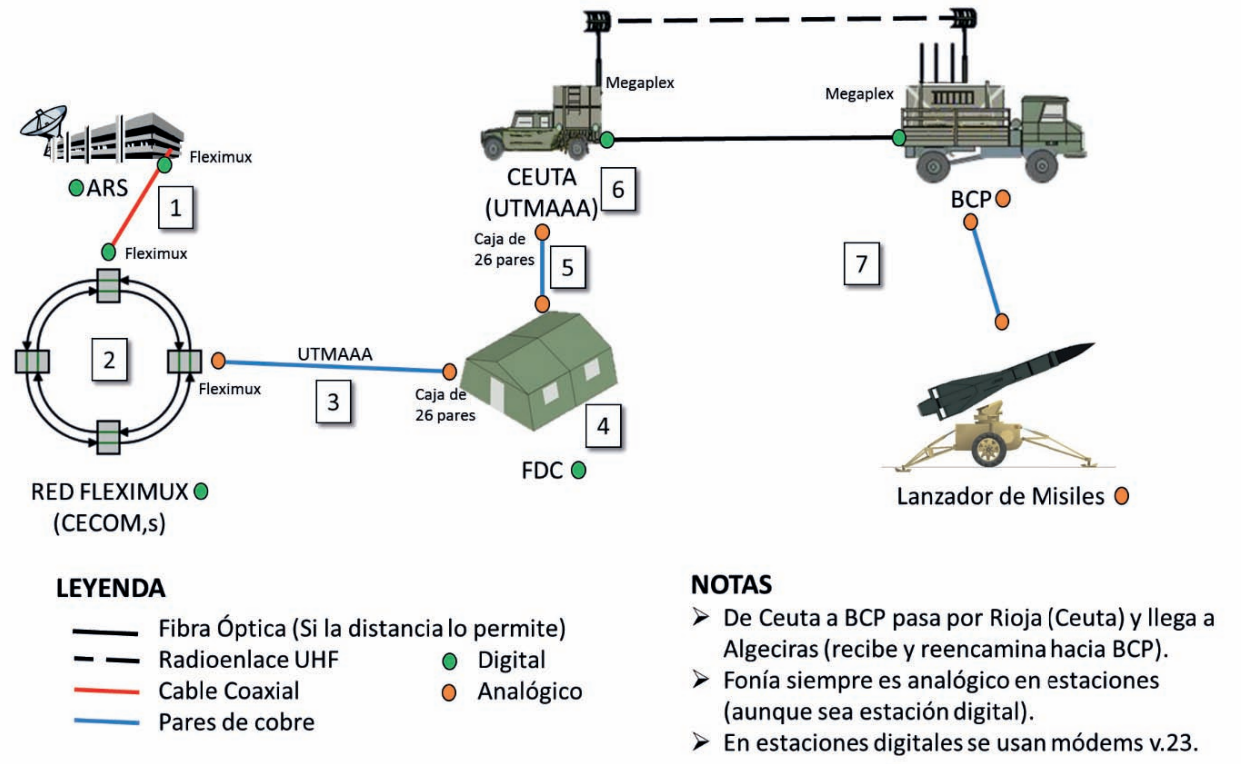


Figura 1. Enlace entre los elementos de una Unidad de Defensa Antiaérea.

1- ARS comprende 4 Sistemas: Pegaso (Madrid), Polar (Zaragoza), Papayo (Canarias) y Cabrito (Sistema móvil). De cada ARS se generan tres señales: IRR y HOT (canales de fonía a 2 hilos analógico de 8 kbps) y el ADL (*Automatic Data Link*, canal de datos digital, conectado a un módem v.23 para obtener 4 hilos analógicos a partir del conector DB25 definido en el estándar v.24). Estas señales se multiplexan mediante un multiplexor Fleximux 3600, dando salida por su tarjeta troncal tipo E1 una señal de 2 Mbps digital.

2- El troncal de salida del Fleximux entra a la «Red Fleximux» que se encuentra integrada dentro de la red de Jerarquía Digital Síncrona (red SDH), cuya trama básica se llama Módulo de Transporte Síncrono o STM-1, de 155 Mbps. Para entrar a dicha red interna del Ejército, el Fleximux es conectado a un ADM situado en un CECOM, que otorga un tributario de 2 Mbps al Fleximux para su inserción en la red SDH (y por consiguiente en la red Fleximux).

3- A través de otro CECOM, la señal sale por uno de los tributarios del ADM hacia el Fleximux destino, el cual recibe el troncal por su tarjeta E1 y saca los diferentes servicios por sus tarjetas. Esta operación la realiza el personal de la UTMAAA, que se encarga de proporcionar el enlace entre el Fleximux del CECOM que apoye la maniobra de la UDAA y el FDC.

4- Estos servicios se mandan al FDC, en el que los circuitos IRR y HOT proporcionan fonía para el oficial y el suboficial del centro con el ARS y el circuito ADL, tras pasar por un módem v.23 para digitalizarlo, otorga al procesador del FDC los datos necesarios para la visión de las trazas y la información de sus estados.

5- El FDC decide qué información enviar a las diferentes baterías conectadas a él, y genera una señal ADL, IRR y HOT para cada una de ellas. En este caso, el IRR y el HOT son para conectar el FDC con las baterías en fonía, no con el ARS. Los circuitos salen por una caja de 26 pares en el que se emplean pares de hilos de cobre para enlazar con la estación Ceuta de la UTMAAA (previo paso del ADL por un módem v.23 para hacerlo analógico). Este paso tiene unas peculiaridades, como son el número de hilos de los circuitos IRR y HOT, según el canal requiera señalización o no.

6- En la estación Ceuta estos circuitos llegan a través de una manguera de 26 pares a las diferentes tarjetas de un multiplexor Megaplex 2100, cuyas tarjetas explicaremos a continuación.

7- El Megaplex 2100 de la estación Ceuta se conecta al del Algeciras mediante fibra óptica o radioenlace de Red Básica de Área (RBA) en UHF a velocidad de hasta 2048 kbps (generalmente se emplea velocidad de 1024 kbps para poder tener corrección de errores FEC). El Megaplex del Algeciras demultiplexa los diferentes servicios en las diferentes tarjetas según su cometido, proporcionando IRR, ADL y HOT desde el FDC a las baterías para la obtención de trazas y órdenes de fuego.

Cabe destacar que, excepto las BCP, todas las estaciones son de carácter digital (salvo la fonía, que es analógica) lo que supone el empleo continuo de módems para poder usar pares de cobre.

A continuación, se procederá a describir los tres equipos que suponen el pilar fundamental de la memoria del proyecto, que son los multiplexores Fleximux y Megaplex y el terminal satélite TLB-IP, equipos en dotación de la UTMAAA actualmente.

1.3. El Fleximux 3600 de Mainstreet

El gestor de ancho de banda Fleximux 3600 de la empresa Mainstreet (Figura 2) es un multiplexor integrado de voz y datos que puede operar en entornos de velocidad primaria E1 (2 Mbps) y T1 (1544 kbps). Admite voz y datos conmutados por circuitos así como por paquetes (*frame relay*) y operación entre redes LAN. Según las tarjetas que tenga instaladas podrá ofrecer diferentes servicios, siendo estas tarjetas las siguientes:

– La tarjeta troncal E1 es una tarjeta digital con velocidad de 2 Mbps que tiene también posibilidad de configurarse para trabajar con el estándar T1 (de 1,5 Mbps). Esta tarjeta es la que envía todos los servicios multiplexados y/o los recibe para su demultiplexación y derivación a las diferentes tarjetas. Consta de 32 Time-slots de 64 kbps en los que va un servicio por cada uno (aunque existe la posibilidad de comprimir varios canales de fonía por un mismo Time-slot). Se suele emplear una de tipo dual, para tener ambos canales conectados al mismo troncal y mantener un canal de reserva, asegurando el enlace en caso de caída del canal principal.

– La tarjeta troncal PRI V.35 es una tarjeta digital con velocidad configurable de Nx64 kbps hasta 2 Mbps. Esta tarjeta envía y/o recibe los servicios multiplexados y los deriva a las diferentes tarjetas de servicio.

– La tarjeta Ear&Mouth (E&M) de tipo full dúplex (transmisión y recepción) es una tarjeta analógica de 4 hilos (control y señal van a dos hilos independientes), que proporciona hasta seis canales diferentes. Por ella se conecta todo interfaz que requiera 4 hilos analógicos, como la salida de la señal ADL.

– La tarjeta de comienzo por bucle/masa-abonado (LGS) es una tarjeta analógica a 2 hilos diseñada para la conexión con enlaces de PBX (centrales con salida a línea telefónica pública) o teléfonos estándar. Esta tarjeta requiere la instalación de un generador de señales de llamadas, y es compatible con tarjetas central-estación extranjera (FXS del multiplexor Megaplex 2100). Así mismo, proporciona hasta 12 líneas de abonados, para señales como IRR y HOT o extensiones telefónicas tipo RCT. Si se conectan tarjetas LGS entre sí, se crean enlaces punto a punto.

– La tarjeta de central con comienzo por bucle/masa (LGE) es una tarjeta analógica a 2 hilos diseñada como interfaz 2 con los enlaces de abonados de la central o con líneas PBX. La tarjeta detecta la señal de llamada proveniente de la central pública y proporciona condiciones de llamadas salientes hacia esta. Esta tarjeta proporciona hasta 6 líneas, dedicables a cometidos de salida a telefonía pública, y es compatible con la tarjeta de circuitos de centrales extranjeras (FXO del multiplexor Megaplex 2100). Es importante clarificar que las LGE son conectadas a centrales, y el troncal las lleva a la tarjeta LGS de destino, donde se sitúan los abonados.

– La tarjeta de línea del circuito de interfaz de red digital (DNIC) es una tarjeta digital de interfaz RS-232 o V.35, que se conecta a una DTU «Fleximux 2600» para lograr conectar hasta 8 equipos remotos distanciados hasta 3 km de par trenzado estándar. Tiene velocidades de hasta 160 kbps de transmisión dúplex, y el enlace de comunicación del DNIC a la DTU se realiza por canal RDSI de 2 canales de 64 kbps y 1 de 16 kbps (2B+D).

Figura 2. Fleximux 3600 de Mainstreet y su versión portátil, Fleximux 3630.

1.4. El Megaplex 2100/2104 de RAD Sistemas

El Megaplex 2100 de RAD (Figura 3) es un multiplexor que puede operar en entornos de tramas TDM (E1 y T1) y en entornos TDMoIP, lo que permite el envío de la trama troncal por una red IP, con el equipamiento necesario. Este multiplexor permite prestar servicios de fonía digital y analógica, y datos digitales, tanto con protocolos V.24 y V.35 como por protocolos modernos tipo IP. Las tarjetas de servicios que se tienen actualmente en dotación son las siguientes:

- La tarjeta MainLink ML-2E1 es una tarjeta troncal de tipo E1 (como la anteriormente descrita en el Fleximux) la cual alcanza velocidades de hasta 2048 kbps, pero suele trabajar a 1024 kbps por motivos de corrección de errores FEC. Este troncal se puede dividir en hasta 32 Time-slots de 64 kbps, de los cuales son útiles la mitad ya que no utiliza la velocidad máxima de la tarjeta. Esta tarjeta es dual (permite dos troncales), pero suelen conectarse al mismo, dejando uno de los canales como reserva, para asegurar el enlace si un canal deja de estar en servicio.

- La tarjeta MainLink ML-20N es una tarjeta troncal tipo Nx64 kbps con «N» configurable de 2 a 32 Time-slots. Suele trabajar a 16 Time-slots para permitir el modo FEC. Emplea una salida v.35, con conector DB25 o M-34 (Winchester). La tarjeta es dual, con ambos troncales normalmente interconectados para dejar un canal de reserva, asegurando el enlace.

- La tarjeta EDM es una tarjeta analógica a 4 hilos muy parecida a la tarjeta E&M del Fleximux pero que permite trabajar también a 2 hilos. Trabaja con fonía de tipo E&M full dúplex. Por ella circula todo servicio de tipo analógico que requiera generalmente 4 hilos, sea el ADL o la fonía (IRR y HOT) para los BCP tipo Hawk.

- La tarjeta central-estación extranjera (FXS) es una tarjeta analógica a dos hilos utilizada generalmente para fonía. Es compatible con la tarjeta LGS de Fleximux 3600 y está diseñada para dar salida a terminales (un terminal tipo PBX por cada línea de salida) y requiere una conexión a una tarjeta FXO en el caso de que la unión no sea punto a punto.

– La tarjeta de circuitos de centrales extranjeras (FXO) es una tarjeta analógica a dos hilos que se utiliza generalmente para fonía a más de 64 kbps, con la particularidad de que ella es la que da la salida a la telefonía pública o a centralitas, de manera que debe ser conectada a tarjetas FXS de otro Megaplex. Es compatible con la tarjeta LGE de Fleximux debido a sus similitudes.

– La tarjeta de baja velocidad de datos y 6 canales (LS6N) es una tarjeta digital de baja velocidad, como su nombre indica, y trabaja con el estándar V.24 (con un puerto DB-25 por canal). Suele emplearse para transmisión de datos que no requieran un gran ancho de banda, como WAN-PG.

– La tarjeta de alta velocidad de datos (HSQN) es una tarjeta digital de alta velocidad que trabaja con el estándar V.35, con un puerto tipo Winchester por canal. Se emplea para transmisión de datos que requieren mayores capacidades de ancho de banda.

– La tarjeta Módulo Ethernet es una tarjeta digital que utiliza el estándar Ethernet (conectores RJ-45) para la transmisión de datos a alta velocidad.

Figura 3. Vista anterior y posterior del Megaplex 2100 y 2104 (versión portátil) de RAD Systems.

1.5. El Terminal Ligero Bibanda con configuración IP (TLB-50 IP)

El comúnmente denominado TLB-IP o estación Teruel es un terminal satélite bibanda (trabaja en la banda Ka y en la banda X) con velocidades medias-altas de hasta 2 Mbps en X y 10 Mbps de bajada en Ka. La información técnica se detalla en el Anexo 3. Se diferencia de su predecesor el TLB-50 no IP en poseer capacidad para envío y recepción de paquetes IP, tener capacidad para trabajar en ambas bandas simultáneamente y tener una antena más robusta y compacta, pero sin perder compatibilidad con este terminal anterior (ambos son interoperables). Las principales características de este terminal son:

– Antena motorizada de 1.8 m de diámetro con sistema de apuntamiento automático y pétalos idénticos, lo que favorece su sustitución.

– Fabricada en fibra de carbono, lo que le da ligereza y resistencia a condiciones climatológicas adversas.

– Esquema modular en forma de 8 cofres (cada cofre es un sistema). Uno de ellos sirve así mismo de base para la antena:

– Los cofres «A» y «B» llevan el equipamiento de la antena.

– El cofre «C» lleva equipamiento auxiliar y cables.

– El cofre «D» lleva el equipamiento de radiofrecuencia para las bandas X y Ka.

– El cofre STM lleva el sistema de Banda Base.

– El cofre VOZ C2 lleva equipamiento de la red VoIP «VOZ C2».

– El cofre WAN PG lleva el sistema de WAN PG para el acceso a la red.

– El cofre «S» lleva el sistema de alimentación.

Actualmente, este terminal se utiliza para dar servicios IP como WAN PG o telefonía con capacidad de 10 líneas digitales tipo VoIP y 2 líneas analógicas de 2 hilos para telefonía RCT. Según la banda que se vaya a utilizar, se emplea uno de los dos módem que trae el cofre STM, siendo el módem PD25L para la banda X y el módem DAMA para la banda Ka, siendo ambos de modulación QPSK.

Figura 4.Terminal Satélite TLB-IP (TLB-50 IP) de Indra.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Los dos puntos de actuación de la UTMAAA, en los que se centra el proyecto son el enlace entre las BCP y el FDC y la integración del FDC en la red Fleximux. Al primer punto de actuación lo llamaremos «caso Megaplex», debido a que este es el equipo multiplexor que se emplea para este enlace; para el segundo punto de actuación, la denominación será «caso Fleximux», por el mismo motivo.

A partir de la información obtenida, se deduce que:

– El problema de la UTMAAA reside en la falta de capacidades de apoyo a despliegues en cualquier asentamiento, estando la Unidad limitada a despliegues cerca de puntos de acceso a la red Fleximux (CECOM o arquetas gestionadas por estos), como se observa en el punto 3 de la Figura 1.

– El segundo problema es la limitación de las Baterías de AAA en las posibilidades de despliegue. Dado que se emplea radioenlace UHF generalmente para el enlace entre FDC y BCP (ver Figura 1, los puntos 6 y 7), y este requiere Línea de Visión Directa, la presencia de posibles obstáculos o una gran lejanía entre ambos elementos impedirían dicho enlace. De hecho, actualmente se emplean estaciones Rioja repetidoras para enlaces a muy larga distancia o para saltar obstáculos, lo que supone un problema de seguridad y ocultamiento.

Para solucionar estas carencias se buscan soluciones de enlace a larga distancia que salven obstáculos, como puede suponer el enlace satélite. En este sentido, la Unidad llevó a cabo de manera satisfactoria en el año 2012 pruebas reales de enlace de FDC con las BCP de misiles Hawk y Nasams empleando el terminal satélite TLX-50, un terminal más antiguo y de menor capacidad.

Figura 5. Vista frontal del cofre STM del TLB-IP.

Partiendo del éxito de los informes anteriores llevados a cabo con un terminal anticuado, se plantea como objetivo del proyecto el analizar si es viable emplear el nuevo terminal satélite TLB-IP. Las ventajas que este terminal presenta frente al TLX-50 son: *i)* una mayor capacidad de ancho de banda; *ii)* capacidad de enviar y recibir información en protocolo IP y *iii)* capacidad de trabajar también en la banda Ka. Para llevar a cabo el análisis planteado como objetivo, se realiza un estudio de viabilidad técnica, planteando líneas de acción para solucionar el problema con sus respectivos estudios económicos y funcionales.

2.1. Viabilidad técnica de posibles soluciones

Las tramas TDMoIP y equipos conversores de tipo *gateway*[1] que permitan el transporte de una trama TDM sobre tecnología IP. Esto supone una solución factible y real que permite el envío de una trama TDM por una PSN como es el enlace satélite mediante TLB-IP. Analizando los diferentes cofres del TLB-IP, se observa que en el cofre STM el router Cisco está conectado al módem PD25L mediante un conector DB25 de estándar v.35 (ver Figura 5). A su vez, en la parte trasera del módem se observa también un conector G.703 (coaxial, ver Figura 6) tapado, indicio de compatibilidad con conexión directa de una trama E1 al módem del TLB-IP.

El TLB-50 versión IP es plenamente compatible con otras versiones anteriores de TLB-50 no IP, realizándose esta compatibilidad mediante el puenteo del router Cisco (conectando directamente un Fleximux al módem PD25L, ya que los antiguos TLB-50 no IP disponían de un cofre «F» Fleximux). Con este indicio, se confirma la viabilidad técnica de enviar una trama TDM por el terminal satélite, que en este caso no trabajaría en configuración IP.

Figura 6. Detalle de conector G.703 en la vista trasera del módem PD25L.

[1] Gateway: Gateway

2.2. Líneas de acción

Con los indicios positivos de viabilidad técnica, se procede a estudiar la resolución del problema desde tres posibles perspectivas o escenarios:

i) Aprovechar el puerto v.35 (DB25) del satélite TLB-IP (ver Figura 7), al que está conectado el router Cisco para conectar directamente el multiplexor (sea Megaplex o Fleximux) a este, evitando el paso previo por el router Cisco. Para ello es necesario una tarjeta troncal en el multiplexor cuya salida sea v.35 (como la PRI V35 de Fleximux o la ML-20N de Megaplex).

Figura 7. Panel PI-O7 del cofre STM de TLB-IP.

ii) Emplear equipos tipo *gateway* conversores de trama TDM a TDMoIP para permitir conectar el multiplexor al router Cisco del TLB-IP y enviar IRR, ADL y HOT a través de red IP. Además, para reducir el ancho de banda ocupado por el multiplexor se configuraría el equipo para que solo enviase determinados Timeslots, de manera que no se sobrepasara el ancho de banda del TLB-IP al encapsular la trama TDM sobre IP. En este aspecto podríamos emplear tanto tarjetas E1 como tarjetas v.35 de los multiplexores[2].

iii) Emplear equipos tipo *gateway* conversores de trama TDM a TDMoIP para permitir conectar el multiplexor al router Cisco del TLB-IP y enviar IRR, ADL y HOT a través de red IP, pero esta vez configurando el multiplexor en la salida Nx64 kbps para que el ancho de banda a la salida no supere el ancho de banda permitido por el TLB-IP (y permita el empleo de otros servicios en ese ancho de banda). Para ello, solo podríamos emplear tarjetas PRI V35 en el caso de Fleximux y tarjetas ML-20N en Megaplex (v.35).

Conocidos los tres escenarios, se procede a analizarlos detenidamente, considerando características positivas y negativas para cada uno de ellos:

– En el primer escenario, la principal ventaja es la sencillez y la nulidad de los costes para la Unidad, ya que no requiere de la compra de ningún equipo, sino la reconfiguración de los actuales. En el caso de Megaplex, supondría incluir el TLB-IP en las estaciones Ceuta o Algeciras para conectar con el Megaplex que tienen estas estaciones. En el caso de Fleximux, se necesitaría incluir junto con el satélite un multiplexor, como ocurría anteriormente en modelos TLB-50 no IP. El coste de dotar los nuevos terminales TLB-IP de un Fleximux para lograr integrar el FDC con el ARS no puede ser estimado, ya que el Fleximux es un equipo actualmente descatalogado. Esta solución presenta grandes desventajas puesto que las capacidades que ofrece el TLB-IP y las ventajas de la tecnología IP quedarían desaprovechadas,

[2] En el caso de Megaplex, también se puede optar por dotar a estos equipos multiplexores de la tarjeta troncal ML-IP, la cual transforma la trama TDM generada en el Megaplex en una trama TDMoIP a la salida, evitando el necesitar equipos intermedios.

y los cofres WAN-PG y VOZ C2 del TLB-IP quedarían inutilizados, no pudiendo dar tantos servicios como se desearía con esta solución.

– En el segundo escenario, la ventaja principal es que el TLB-IP no se vería modificado en configuración de ninguna manera, sino que simplemente el multiplexor (tanto para el caso Megaplex como para el caso Fleximux) sería conectado al equipo *gateway* TDMoIP y este al router Cisco como un dispositivo Host más. De esta manera, lograríamos aprovechar todo el potencial del TLB-IP, logrando prestar todos los servicios que ofrece y aprovechando la tecnología IP para ellos. Sin embargo, existe un overhead (aumento de ancho de banda por dividir en paquetes IP la trama), que varía entre el 11 % y el 49 % de aumento del ancho de banda, lo que supone una reducción del ancho de banda efectivo del TLB-IP. Otro de los problemas podría ser el retardo del satélite, debido a que se ha de enviar una trama de tamaño considerable. Para solucionarlo, se reduce el tamaño de los paquetes IP, con el consiguiente aumento de overhead, y se emplea un *jitter buffer*[3] para evitar errores en la señal.

– El tercer escenario brinda las mismas ventajas que el segundo, diferenciando las desventajas por posibles incompatibilidades entre los equipos TDMoIP y los multiplexores. Esto puede ser debido a que al no sacar el multiplexor una trama TDM completa, el equipo *gateway* no detectaría que la trama está dividida en Time-slots (no es posible configurar los Time-slots a la salida). Esto podría provocar problemas de encapsulamiento al no tratarse de una trama protocolo G.703, sino que sería una señal digital v.35 sencillamente, encapsulada sobre una red PSN por IP.

2.3. Búsqueda de alternativas y equipos

A continuación, se procede a la búsqueda de equipos *gateway* TDMoIP que permitan el funcionamiento correcto de los escenarios 2 y 3. Para ello se ha contactado con diversas empresas fabricantes de equipamiento de telecomunicaciones y sistemas de información, como fueron RAD Sistemas, Loop Telecom y Raisecom Technology (los dos últimos contactados a través de la empresa distribuidora DAVANTEL), para que indicaran qué equipamiento sería el apropiado para el éxito de estos sucesos. Los equipos ofertados por estas compañías son los que se exponen a continuación:

– Equipos de RAD Sistemas:

- Tarjeta troncal ML-IP (para Megaplex 2100/2104) (Figura 8):

  Esta tarjeta es una solución de adaptación de las antiguas tramas de tipo TDM (como E1) a las nuevas redes IP. Convierte a su salida la trama TDM en una trama TDMoIP, permitiendo que esta pueda ser transportada por una red de paquetes IP al destino, que puede ser tanto otra tarjeta ML-IP como un IPMUX de RAD (compatibilidad con otros equipos transformadores a TDMoIP de otras empresas de telecomunicaciones no garantizada).

[3] Jitter buffer: El jitter es una fluctuación en la señal, que provoca que haya una variación del tiempo de ejecución de los paquetes. Para evitarlo, se emplea un buffer (almacén temporal).

Figura 8. Tarjeta ML-IP para Megaplex 2100/2104 (Anexo 4).

● IPMUX-2L (Figura 9):

Es una *gateway* cuyas variables (la 1E1 y la V35) sirven para transformar una trama de tipo TDM de antiguos sistemas multiplexores y adaptarlos a redes de paquetes IP por las que ser transportados. Cabe destacar que es necesario que el destino sea otro equipo de *gateway* que recupere la trama TDM original y la envíe al multiplexor destino, pudiendo también ser compatible como destino una tarjeta troncal ML-IP del Megaplex 2100/2104. La segmentación puede realizarse en paquetes de tamaño configurable, aumentando el ancho de banda y reduciendo el retardo conforme aumentamos el número de paquetes por trama. La diferencia en sus variantes es la siguiente:

a) La variante 1E1 es una variante cuya entrada es de tipo E1 conector balanceado 120 Ω (coaxial). Este dispositivo es configurable en el número de Time-slots que se van a enviar, pudiendo reducir el ancho de banda a la salida evitando enviar Time-slots vacíos.

b) La variante V35 es una variante cuya entrada es un conector DB25 que trabaja en el estándar V35. Este dispositivo es configurable en el número de Time-slots que se van a enviar, pudiendo reducir el ancho de banda a la salida evitando enviar Time-slots vacíos, si y sólo si lo que recibe es una trama tipo E1. Si la velocidad de llegada no está configurada como E1, como puede darse el caso en Fleximux con la tarjeta PRI-V35, simplemente empaquetará lo que recibe, siendo inconfigurable, ya que no detecta que lo que recibe sea trama TDM, sino una señal v.35.

Figura 9. IPMUX-2L de RAD Sistemas (Anexo 5).

– Equipos de Loop Telecom:

- IP6700 V30 (Figura 10):

  Es un dispositivo de *gateway* que transforma una trama de tipo TDM de antiguos sistemas multiplexores a una trama de tipo TDMoIP para su transporte por redes IP. Tiene conector tipo DB25 con el estándar v.35 para la entrada de la trama TDM. Es necesario que antes de alcanzar el multiplexor destino, la trama TDMoIP sea desempaquetada y se regenere la trama TDM. El dispositivo es configurable para seleccionar qué Time-slots se envían, siempre y cuando a la entrada el dispositivo reciba una trama completa E1, no una señal adaptada en v.35, ya que en este caso el dispositivo no distinguiría que está recibiendo Time-slots y simplemente empaquetaría la entrada en paquetes IP. La segmentación puede realizarse en paquetes de tamaño configurable, aumentando el ancho de banda y reduciendo el retardo conforme aumentamos el número de paquetes por trama.

Figura 10. IP6700 V30 de Loop Telecom (Anexo 6).

- IP6702A (Figura 11):

  Al igual que el anterior, se diferencia en que este emplea a su entrada un conector balanceado de 120 Ω (coaxial) y necesita de otro dispositivo IP6702A en el destino para desempaquetar la trama (el fabricante no garantiza la compatibilidad con otros modelos o fabricantes). Este dispositivo es plenamente configurable, pudiendo configurar el tamaño de los paquetes a la salida (aumentando su número aumentamos el ancho de banda y disminuimos retardo) y seleccionar qué Time-slots serán empaquetados y enviados.

Figura 11. IP6702A V1-B de Loop Telecom (Anexo 7).

– Equipos de Raisecom Technology (Figura 12):

- RC1201-2FEV35:

  Es un dispositivo de *gateway* TDMoIP con entrada v.35. Transforma una entrada de conector DB25 del estándar v.35 a paquetes IP. Si no tiene entrada E1 completa no es configurable el número de Time-slots que se quieren enviar, sirviendo este dispositivo en ese caso simplemente como empaquetador. Sin embargo, el tamaño de los paquetes a la salida sí es configurable. Así mismo, es compatible con fibra óptica, teniendo a su salida un puerto de fibra óptica SFP y dos de RJ45 (cable UTP). Puede trabajar por parejas o enfrentado a otro equipo agregador (RAISECOM no garantiza su funcionamiento con otros equipos de otros fabricantes).

Figura 12. RC1201-2FEV35 de Raisecom Technology (Anexo 8).

- RC1201-2FEE1T1 (Figura 13):

  Es un dispositivo similar al anterior con la diferencia en la entrada, que en este caso es E1. Por ello es plenamente configurable sin posibles fallos en la detección de Time-slots (ya que le llega la trama completa) y tiene una salida compatible con fibra óptica, ya que dispone de un módulo SFP a parte de las salidas Ethernet RJ45. Solo puede trabajar en parejas enfrentadas del mismo modelo.

Figura 13. Vista posterior y anterior del RC1201-2FEE1T1 de Raisecom Technology (Anexo 9).

2.4. Selección de equipos

Para la selección del equipo idóneo para la Unidad, se procedió a realizar un estudio multicriterio de toma de decisiones. Para ello, se optó por realizar una matriz de tipo Scoring[4] en la que se compararon los diferentes equipos anteriormente expuestos[5] para seleccionar el más útil para la UTMAAA. Los criterios escogidos fueron 11, seleccionados como características generales que aportan los equipos TDMoIP: Precio, capacidad de despliegue, dificultad técnica (de uso, configuración…), accesibilidad a recambios para su reparación, ancho de banda dedicable a servicios, servicios disponibles para un mismo satélite, Innovación (uso de nuevas tecnologías), capacidad de adaptación a otros medios[6], compatibilidad con fibra óptica, compatibilidad con otros equipos TDMoIP y necesidades de formación extra para los operarios.

Las ponderaciones utilizadas en la matriz Scoring se obtuvieron en base a una encuesta realizada en la Unidad. En dicha encuesta participaron un total de 20 personas, entre las que se encontraban los cuadros de mando de la UTMAAA, el personal de la Unidad con cursos de mantenimiento y operación de los equipos TLB-IP, Fleximux y Megaplex, el jefe de Unidad y los usuarios de los equipos (ficha técnica recogida en la Tabla 1). Los resultados derivados de la encuesta fueron normalizados y redondeados a números enteros para ser empleados como ponderaciones de la matriz Scoring, y cuyos resultados exponemos a continuación en la siguiente gráfica:

3. PRESUPUESTO

De cara al análisis económico de todos los productos, se procedió a contactar con tres empresas proveedoras del Ministerio de Defensa, que son INSTER, DAVANTEL y DOMINION. INSTER pudo presentar un presupuesto completo de todos los equipos analizados, mientras que DAVANTEL no pudo presentar presupuesto para equipos de RAD y DOMINION solo trabajaba con esta, no pudiendo presentar presupuesto para Raisecom ni Loop Telecom. Los Anexos 11, 12 y 13 reflejan los diferentes presupuestos consultados.

La Tabla 2 refleja una matriz tipo Scoring adaptada para la selección de proveedores en la que se han seleccionado como criterios los costes, la garantía y la logística (tiempo de entrega). A fin de seleccionar el proveedor, se lleva a cabo un estudio comparativo de los presupuestos ofertados para los diferentes equipos (ver Tabla 3).

A la vista de estos análisis de los proveedores y sus presupuestos[7], podemos observar que INSTER tiene unos precios de más de un 35 % más caros, así como una garantía intermedia y un plazo de entrega largo. Por estos motivos, INSTER es descartado (salvo

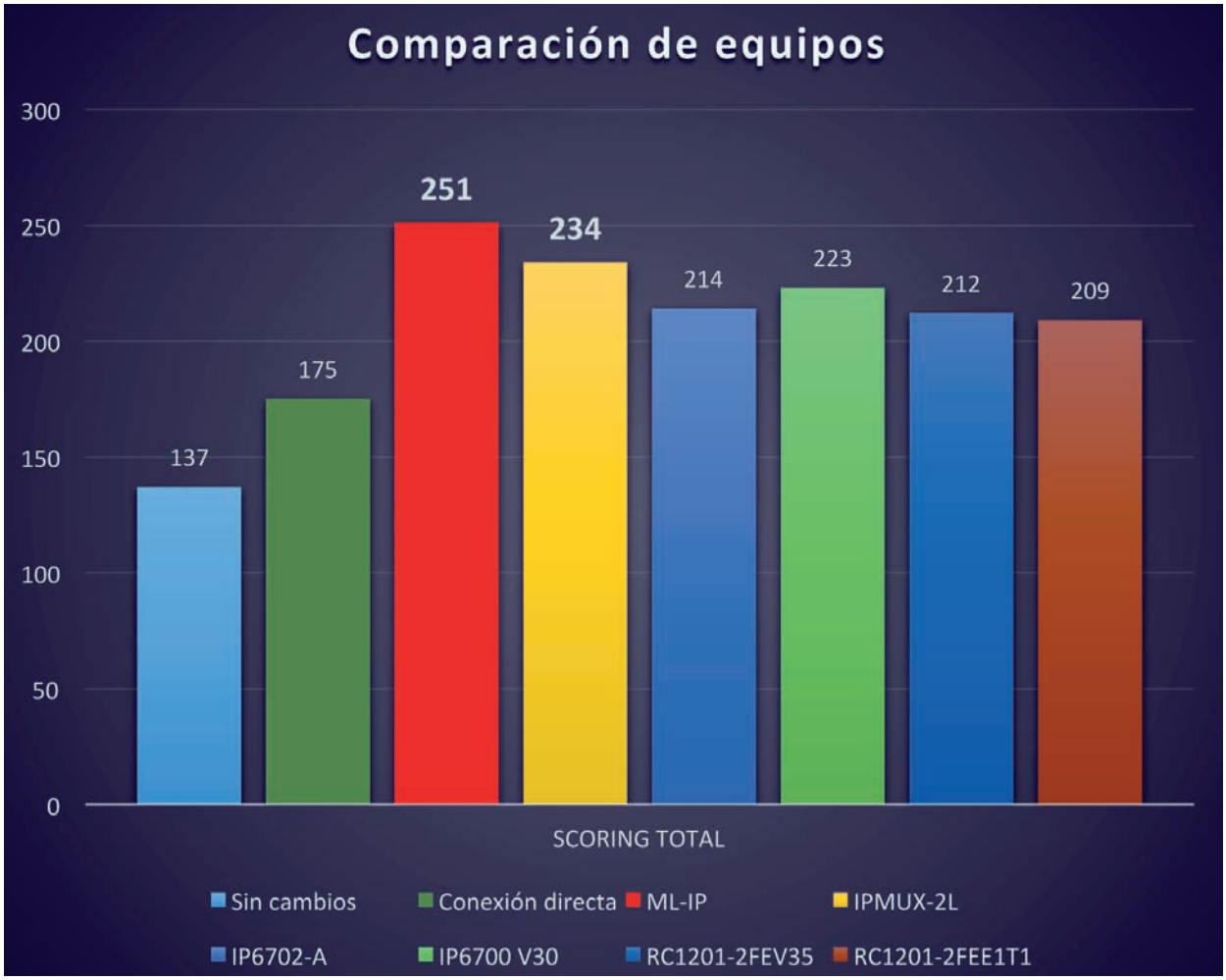
---

[4] Una matriz tipo Scoring se realiza asignando a cada dispositivo una puntuación (de 1 a 10) en cada uno de los criterios que se tienen en cuenta (como por ejemplo precio o capacidades). Una vez obtenidas las puntuaciones se multiplican por una ponderación (un criterio más importante tendría más ponderación que otro menos importante) y se suman todas las puntuaciones de los criterios, obteniendo una puntuación final para el equipo en cuestión. El equipo con mayor puntuación es el mejor.

[5] La matriz Scoring es idéntica para el caso Fleximux y para el caso Megaplex, con el matiz que la tarjeta ML-IP (incluida en el estudio como un equipo más), aunque fuera la más puntuada no sería optable para el caso Fleximux por tratarse de un componente del Megaplex 2100/2104.

[6] No sólo poder usar el enlace vía satélite, sino emplear el equipo TDMoIP para enlazar mediante otros medios (fibra óptica, redes WiFi…).

[7] Todos los presupuestos vienen sin IVA.



FICHA TÉCNICA DE ENCUESTA	
TIPO DE ESTUDIO	Encuesta analítica cerrada
ÁMBITO	Unidad de Transmisiones del MAAA (ET)
UNIVERSO	100 hombres y mujeres adultos y destinados en la 2ª Compañía de la UTMAAA durante los meses de septiembre y octubre.
MUESTRA y MÉTODO DE MUESTREO	20 casos. Muestreo no aleatorio
SELECCIÓN MUESTRAL	Cumplir los siguientes requisitos: Experiencia mínima en la Unidad de más de 5 años o ser Oficial o Suboficial encuadrado en la Compañía. Se incluyen miembros de la Plana Mayor.
ERROR MUESTRAL	Muestra sometida a corrección por estadístico descriptivo (Coeficiente de Variación)
RECOGIDA DE INFORMACIÓN	Contacto personal con los encuestados en la 2ª Compañía de la UTMAAA.
FECHA DE REALIZACIÓN	10/10/2016-14/10/2016

Tabla 1. Ficha técnica de la encuesta realizada.

para el equipo RC1201-2FEE1T1, ya que solo lo vende esta empresa), quedándonos con la compra de equipos de Loop Telecom y Raisecom a DAVANTEL y equipos de RAD Sistemas a DOMINION, ya que además, como se puede observar, han conseguido una puntuación similar. Dado que con la matriz Scoring del Apartado 2.4 se concluye que el equipo óptimo es la tarjeta ML-IP para el caso Megaplex y la IPMUX-2L (cualquier variante) para el caso Fleximux, la compra de equipos óptima seleccionaría como proveedor a DOMINION.

	RAD SISTEMAS			LOOP TELECOM	
PROVEEDOR	Tarjeta ML-IP	IPMUX-2L/1E1	IPMUX-2L/V35	IP6702A	IP6700 V30
INSTER	3.490,23 €	784,35 €	864,78 €	770,03 €	1.439,80 €
DAVANTEL	-	-	-	412,00 €	753,00 €
DOMINION	2.236,00 €	502,00 €	554,00 €	-	-
Diferencia	**1.254,23 €**	**282,35 €**	**310,78 €**	**358,03 €**	**686,80 €**
Diferencia relativa	**35,94%**	**36,00%**	**35,94%**	**46,50%**	**47,70%**
Proveedor seleccionado	**DOMINION**	**DOMINION**	**DOMINION**	**DAVANTEL**	**DAVANTEL**

Tabla 2. Matriz Scoring de comparación de proveedores.

CRITERIOS	Concepto	Peso [%]	INSTER	DAVANTEL	DOMINION
Costes	Precio relativo a INDRA[1]	-	100%	52%	64%
	Valoración	40%	3	7	7
Calidad (garantía)	Años de garantía	-	2	2	2+1
	Valoración	30%	7	7	8
Logística (Lead Time)	Tiempo de entrega (semanas)	-	6	04-may	04-jun
	Valoración	30%	6	8	7
		Media ponderada	**5,1**	**7,3**	**7,3**

Tabla 3. Comparativa de presupuestos y selección de proveedor por equipos.

4. CONCLUSIONES

Este proyecto surge de una necesidad actual y real en el MAAA, ya que todo el ET se encuentra en un proceso de modernización con nuevos equipos y nuevas tecnologías motivadas por las nuevas exigencias que aparecen en el campo de actuación de las FAS. A partir del estudio del estado actual de la UTMAAA y sus medios se ha detectado un problema en su capacidad de despliegue, y mediante la recopilación de documentación e información del personal se ha propuesto una solución: el enlace a larga distancia por satélite.

El uso del terminal satélite TLB-IP supone una mejora en las comunicaciones actuales del MAAA, ya que este terminal es desplegable en cualquier lugar del mundo sin depender de ningún tipo de integración terrestre tal y como el uso arquetas o conexión física a un CECOM, puesto que para su funcionamiento el satélite tan solo necesita un grupo electrógeno o fuente de energía eléctrica. Es un terminal que además proporciona un ancho de banda de 2 Mbps, pudiendo emplearse un solo terminal para obtener numerosos servicios, incluyendo WAN-PG, VOZ C2, telefonía RCT, redes WAN dedicadas y otros agregables como son las comunicaciones con el ARS o las BCP, como se propone en este proyecto.

Se han encontrado antecedentes de pruebas similares llevadas a cabo en la Unidad con un terminal satélite antiguo TLX-50. Los informes de estas pruebas han motivado el desarrollo de este proyecto, analizando la viabilidad de utilizar un terminal satélite más moderno y de mayor capacidad, el TLB-50 IP. Tras un estudio de viabilidad técnica

se han barajado dos tipos de soluciones: la conexión directa al satélite (solución más económica) o emplear equipos TDMoIP. La primera solución se deriva de los informes anteriormente citados, pero es una solución descartada por falta de capacidades frente a las capacidades obtenidas con el empleo de equipos TDMoIP.

Con el fin de seleccionar el equipo idóneo para la Unidad, se ha llevado a cabo un análisis comparativo multicriterio. A partir de estos análisis se ha obtenido que el equipo más viable para la UTMAA es la tarjeta ML-IP de RAD Sistemas para el caso Megaplex, tarjeta que además ya se encontraba en la Unidad, pero sin uso, y el equipo TDMoIP de RAD Sistemas IPMUX-2L para el caso Fleximux. Para este análisis se ha realizado una encuesta de valoración al personal de la UTMAAA y con esos resultados se han establecido las ponderaciones del análisis multicriterio.

Las conclusiones obtenidas del proyecto se resumen en que la modernización de los medios actuales de la UTMAAA es posible, mediante el enlace satélite. La existencia de una tecnología capaz de enviar una trama TDM sobre protocolo IP es lo que permite este avance. Esta tecnología fue desarrollada con el fin de proporcionar a las diferentes empresas del mundo una manera económica de poder renovarse y adaptarse a las nuevas tecnologías sin tener que renunciar a sus antiguas centrales multiplexoras, ahorrando así una gran cantidad de dinero en la compra de equipos más modernos. El ET puede aprovecharse de esta tecnología para no incurrir en unos elevados gastos por modernizarse, dado que la situación actual económica impide que el Ministerio de Defensa sea capaz de desembolsar la enorme cantidad de dinero que supondría renovar todos los equipos del MAAA y adaptarlos a los nuevos tiempos.

La propuesta de emplear equipos TDMoIP es una solución muy factible económicamente, ya que no supone la compra de nuevas centrales multiplexoras, cuyo coste es sustancialmente superior al de un equipo conversor TDMoIP. Es muy importante conocer la limitación económica actual del Ministerio de Defensa, ya que esta es la que motiva el desarrollo del proyecto empleando equipos ya incluso descatalogados, como Fleximux.

Se es plenamente consciente de alternativas mucho mejores, que supondrían el empleo de sistemas más modernos (Megaplex 4, por ejemplo), pero, a su vez, supondrían un desembolso económico considerable. Las limitaciones económicas actuales centran el objetivo principal del proyecto en la búsqueda y el planteamiento de una solución realmente viable, tanto técnica como económica, una solución que a día de hoy podría llevarse a cabo en la Unidad, en esta situación.

Es cierto que la solución técnicamente viable y más económica es la conexión directa, ya que no supone un coste extra. Sin embargo, esta solución ha sido descartada en este proyecto ya que pese al déficit económico actual es mucho más importante asegurar la plenitud de capacidades en los sistemas que realizar una adaptación viable a costa de reducirlas. Pese a ello, la solución de «conectar directamente el multiplexor al conector v.35 del módem PD25L del TLB-50 IP» puede utilizarse como solución de emergencia en el caso, por ejemplo, de que los equipos intermedios (router, *gateway* TDMoIP…) presentaran algún fallo y fuera vital para la defensa del espacio aéreo español el tener una conexión con el ARS funcional.

La tarjeta ML-IP es una solución menos rentable económicamente pero más sencilla de implementar y con más capacidades, y actualmente en la UTMAAA disponen de 2 de ellas que compraron para la realización de pruebas. La presentación de este proyecto a la UTMAAA también puede suponer la compra de los equipos IPMUX-2L para realizar pruebas reales de comunicaciones con el ARS empleando el Fleximux. Este trabajo tiene potencial para ser aplicado en todas las Unidades del MAAA, sirviendo como base para futuras adaptaciones de equipos antiguos que pudieran existir en otras unidades de las Fuerzas Armadas.

5. BIBLIOGRAFÍA

Inalter S.A. «*Curso de operación y mantenimiento de Fleximux 3600*». 2001.

AT&T Network Systems International. «*Fleximux 3600. Gestor de ancho de banda*». 1992.

Ejército de Tierra. «*Curso de operación y mantenimiento multiplex del SCTM*». (Material gráfico proyectable). 2009.

RAD Sistemas. «*Megaplex-2100/2104 Installation and Operation Manual v.12.6*». 2008.

Indra Sistemas. «*Manual de operación. Terminales Satélite Bibanda X/Ka tipo TLB-50 IP*». 2015.

Centro Universitario de la Defensa. «*Oficina de Proyectos. Tema 7: Gestión de las adquisiciones*» Curso 2015-2016.

Cedeño, H. *et al.* «*Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de telecomunicaciones*». 2011.

http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/19971

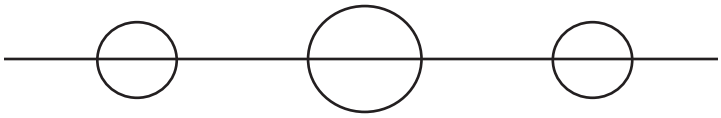
Heizer, J.; Render, B. «*Principles of Operations Management*». 2008.

Cuando el Memorial recobra la memoria

NOTA DE LA REDACCIÓN

El Consejo de Redacción ha decidido reproducir en facsímil el artículo «Las comunicaciones radiotelegráficas a través del Atlántico», escrito por el capitán de Ingenieros D. Enrique Gallego que describe dicha especialidad.

Dicho artículo se publicó en el *Memorial de Ingenieros del Ejército,* Revista Mensual, Quinta Época, Tomo XXXVI, del año 1919.



LAS COMUNICACIONES RADIOTELEGRAFICAS A TRAVES DEL ATLÁNTICO

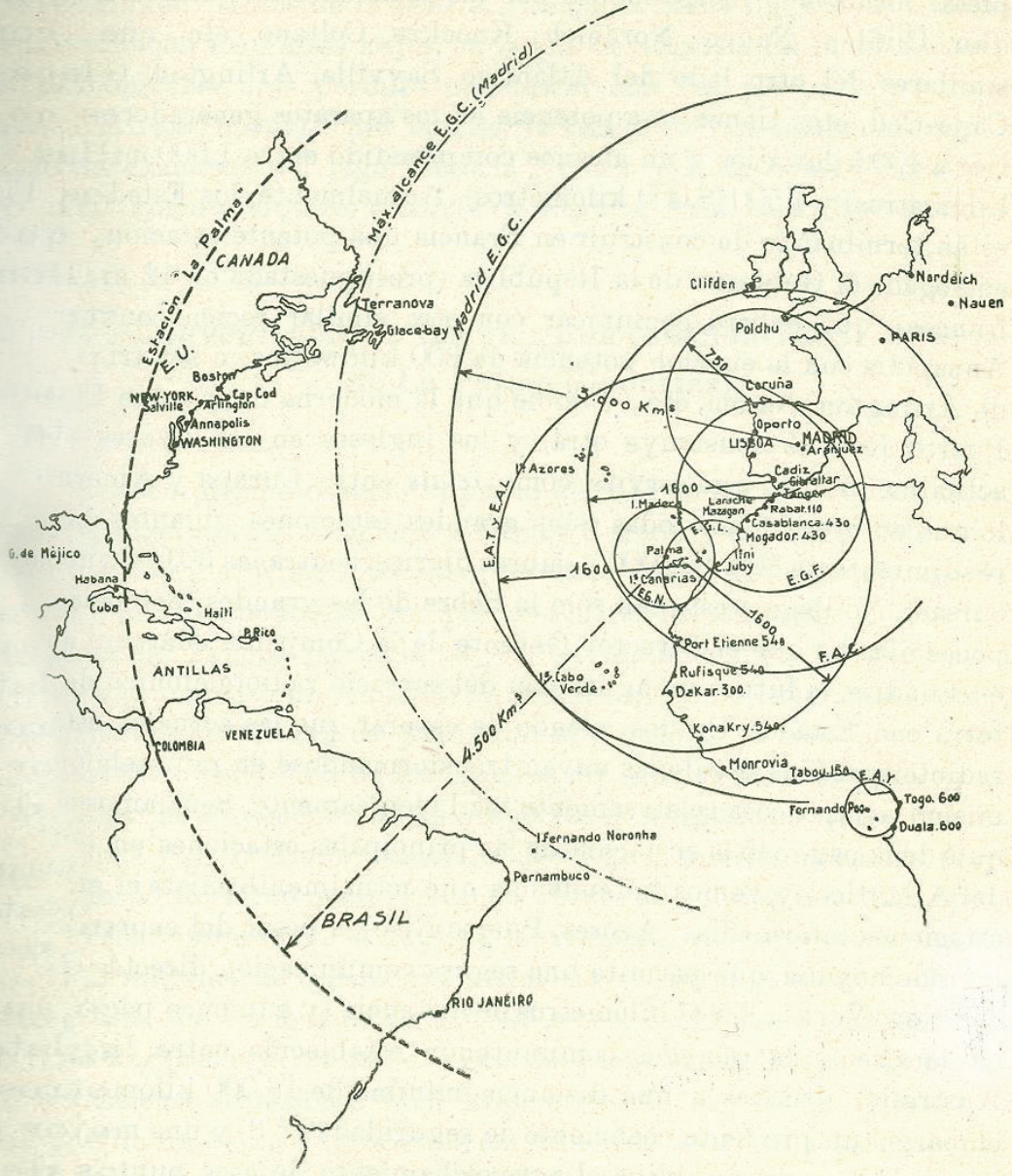
I.—Consideraciones generales.

La feliz terminación de la guerra europea abrirá nuevamente ancho campo a las competencias en los servicios de comunicaciones. Probado su inmenso valor, tanto estratégico—por permitir la invulnerabilidad de de los enlaces entre naciones y continentes—, como para la seguridad de la navegación, ya marcando a los barcos los parajes peligrosos, orientándoles en la bruma, anunciándoles las perturbaciones atmosféricas, etcétera, hizo prestase a todos los combatientes inestimables servicios, máxime cuando gran cantidad de cables submarinos fueron cortados de intento. Gracias a la radiotelegrafía continuó la navegación, a pesar de la campaña submarina y merced a un bien organizado servicio de prensa, hemos podido seguir los neutrales las contingencias de la lucha. Desde el sitio de Andrinópolis en la guerra balkánica hasta la firma del armisticio, las comunicaciones inalámbricas han demostrado su gran valor en el arte de la guerra.

Ha bastado escasamente un cuarto de siglo para que toda la tierra se cubriese de una inmensa red de estaciones, que, cual puntos geodésicos, son centros a su vez de otras pequeñas mallas cuyo mínimo lado excede de 100 millas. Existen parajes como el mar del Norte, Estrecho de Gibraltar, golfo de Méjico, costa del Canadá, etc., donde la aglomeración de estaciones es tan grande, que sería imposible su empleo simultáneo si no se cumplieran cuidadosamente los acuerdos adoptados en las Conferencias radiotelegráficas internacionales, acuerdos basados principalmente en el empleo de la telegrafía *sintonizada* y en la transmisión por oscilaciones *entretenidas* (onda continua) o tan débilmente amortiguadas, que pueda despreciarse su *decrecimiento logarítmico*, con lo que la amplitud de la onda es exactamente la definida, no impresionando más que a los receptores graduados con aquella, evitándose en lo posible los temibles «brouillages». Actualmente se trata de instalar en estas zonas estaciones

jueces, cuya única misión sea observar el exacto cumplimiento de tales acuerdos.

Las estaciones civiles radiotelegráficas pueden, en general, dividirse



Estaciones españolas atlánticas.

en dos grandes grupos: *a)*. Estaciones trasatlánticas o de gran alcance, y *b)*. Estaciones comerciales de alcances intermedios y bajos, introduciendo en el primer grupo, no solamente las dedicadas al enlace intercontinental, sino también las destinadas a cursar los servicios meteoro-

EL MEMORIAL RECOBRA LA MEMORIA

lógicos, hidrográficos, horarios, etc., etc. Las del segundo grupo son más bien destinadas al servicio público, realizando más rápida, segura y económicamente la misión de los costosos cables submarinos.

De las primeras, existe en el Viejo Continente una red bastante completa, formada principalmente por las estaciones de París (Eiffel), Poldhu, Clifden, Nauen, Nordeich, Knockre, Coltano, etc., que, con sus similares del otro lado del Atlántico, Sayville, Arlington, Glace-Bay, Cape-Cod, etc., tienen una potencia en los aparatos generadores no inferior a 100 kilowatios y un alcance comprendido entre 1.000 millas (1.800 kilómetros) y 4.500 (8.000 kilómetros). Actualmente, los Estados Unidos están terminando de construir en Francia una potente estación, que será entregada al Gobierno de la República (presupuestada en 12 millones de francos), que deberá comunicar con otra similar recien construída en Annapolis con la enorme potencia de 300 kilowatios, o sea triple que la de Arlington, Nauen, etc., y doble que la moderna de la torre Eiffel. En Puerto Rico se construye otra, y los ingleses en las Azores cuentan actualmente una, que servirá como *relais* entre Europa y América, con lo que en breve plazo todas estas grandes estaciones gigantes darán un rendimiento de 80 a 100.000 palabras diarias, contra las 30.000 que hoy se cursan. No llega a esto tan sólo la fiebre de las grandes potencias, pues pocos días ha que el Director Gerente de la Compañía Marconi anunció en Londres la futura inauguración del servicio radiotelefónico de Inglaterra con Estados Unidos, siendo de esperar que las actuales estaciones radiotelegráficas españolas vayan transformándose en radiotelefónicas al mismo tiempo, cosa relativamente fácil técnicamente. Señalamos en el croquis de la pág. 345 la situación de las principales estaciones en las costas del Atlántico, y vemos la tendencia que actualmente existe al empleo de estaciones intermedias (Azores, Puerto Rico), a pesar del enorme alcance logrado hoy día, que permite una segura comunicación directa de Nauen con New-York a 6.500 kilómetros de distancia (y aún hace poco apareció en la prensa la *increíble* comunicación establecida entre Inglaterra y Australia, situadas a una distancia mínima de 16.000 kilómetros). Sin embargo, un prudente coeficiente de seguridad (2 ó 3) y una mejor distribución del servicio, obliga al aprovechamiento de esos puntos de etapa intermedios.

Otro ejemplo de gran red radiotelegráfica nos lo ofrecía antes de la guerra ultima, la red que en el Océano Indio instaló Alemania de acuerdo con Holanda, en las posesiones que ambas naciones disponen en las islas Carolinas, Marianas, Palau, Bismark, etc. Se instaló una estación central en Yap (Carolinas) y otras en Nauru (islas Marshall), Rabaul (archipiélago Bismark), Augaur (Palaos) y Apia (Samoa), situadas entre

sí a una distancia variable entre 2.200 y 4.000 kilómetros, con potencias de 50 a 80 kilowatios.

Yap, comunicando con la estación de Tsingtau enlaza con la red telegráfica china. Esta gran red era explotada desde 1912 por la Compañía Telefunken. Antes de la guerra, Alemania había llegado a instalar, de acuerdo con los Países Bajos, en la isla de Sumatra (al S. de Malaca) una estación-relais que permite comunicar con Yap por un lado y Daressalam (Africa Oriental) por el otro, la cual a su vez enlaza las dos estaciones alemanas del lago Victoria Nyanza y la de Lome (Togo) cerrando un inmenso circuito a través de Europa, Asia, Oceanía y Africa.

II.—Conveniencia de instalar una estación-relais en la isla de La Palma (Canarias).

El archipiélago canario es punto de ruta de las principales líneas de navegación, que se dirigen a América Central y del Sur, costa de Africa y Australia, Nueva Zelanda (vía Cabo Buena Esperanza), siendo por tanto, más frecuentadas aún que las Azores respecto a las rutas de Norteamérica. Prueba palpable de su envidiable situación geográfica, lo indica el inmenso movimiento de buques que en circuntancias normales frecuentan las islas, y en particular el puerto de la Luz (Gran Canaria), considerado como uno de los mejores del mundo (hoy día está en tramite oficial la aprobación de los proyectos de ampliación de los puertos de Tenerife y de la Luz), bastando decir que en circunstancias normales entran por término medio en dicho puerto 20 buques, habiendo épocas en que dicha proporción se duplica, movimiento que representa como mínimo 15 millones de toneladas anuales de registro. A pesar de la intensa campaña que desde hace algunos años está haciendo el moderno puerto de Dakar (Senegal) la importancia del puerto de la Luz, no decrecerá por su excelente situación a 2.600 kilómetros de las costas inglesas, 4.500 del golfo de Méjico, su orientación, mirando a Africa, estando por tanto, al abrigo de los temporales del Atlántico y por su situación en pleno mar y no en la costa, con lo que su escala no aumenta la travesía, siendo, por tanto, una excelente estación carbonera.

Inglaterra y Alemania así lo comprendieron desde hace muchos años al amarrar en dichas islas sus innumerables cables, entre los cuales son los más importantes el llamado *inglés* de la South American Cable Coy, que establece comunicación directa con Europa por el cable Dakar-Brest o Cádiz-Burdeos y Senegal-Pernambuco (Brasil) con América, y el ale-

EL MEMORIAL RECOBRA LA MEMORIA

mán que viniendo de Emden (mar del Norte) amarra en Tenerife y sigue a Monrovia (Liberia) y Pernambuco (Brasil).

De comunicaciones inalámbricas dispone el archipiélago, de dos estaciones Marconi de 860 millas (1.600 kilómetros) en Tenerife y Las Palmas, que desde 1911 prestan un gran servicio con los barcos (Las Palmas) y Europa, vía Cádiz (Tenerife). Estas estaciones forman parte de la red que en 1907 se consideró de interés nacional, y que adjudicada sucesivamente la concesión a la Sociedad Española Oerlikon y Compañía concesionaria del servicio público español de T. S. H., fué definitivamente refundida en la actual Compañía Nacional de T. S. H., que es la que explota la parte de red construída.

Aunque en el proyecto de 1907 se indica una estación de tercer orden en cada una de las cinco islas restantes, actualmente no existen más que esas dos estaciones y la militar (de 1,5 kilowatios) que para reemplazar al cable Tenerife-La Palma, fué enviada a esta isla en marzo de 1918, prestando desde entonces sin la menor interrupción un regular servicio público (unas 2.000 palabras diarias). Sin embargo, no puede considerarse esta estación como permanente dada su relativa pequeña potencia y su instalación provisional.

La isla de La Palma es la más occidental del archipiélago (juntamente con Hierro) estando 1.100 kilómetros más al O. que Madrid y otros 1.100 más al S. (1).

La estación de Madrid-Carabanchel colocada en La Palma, abarcaría bajo su acción gran parte del Brasil, Venezuela, Colombia, mar de las Antillas y un buen trozo del Canadá, en el que está Glace-Bay. Al mismo tiempo seguiría dominando casi toda Europa, con lo que su valor actual no decrecería en lo más mínimo, y en cambio se ganaba toda la inmensa costa del nuevo continente, comprendida entre Río Janeiro en el Brasil y Terranova y Labrador al norte. Su posición para el enlace de ambos continentes no puede ser más preciada, y una estación en dicha isla, haría más fuerte aún la misión espiritual de las Repúblicas Hispano-Americanas con España, pues si bien el inmenso arco que limita el alcance, termina en Río Janeiro, solamente las 10 estaciones de que dispone la hermosa bahía de la capital del Brasil, darían abasto suficiente para reexpedir el servicio a toda América.

Según la Nomenclatura oficial de las estaciones radiotelegráfica pu-

(1) Actualmente los portugueses tienen en las Azores cinco estaciones De Forest, que a pesar de su reducido alcance, comprendido entre 65 y 130 millas, se oyen por la noche perfectamente desde la actual estación de La Palma, situada a más de 800 kilómetros.

blicada en 1918 por la Oficina Internacional de Berna, el Brasil dispone de 32 estaciones costeras, de las que 7 alcanzan 1.400 kilómetros, y una situada en la isla Fernando de Noronha, con un alcance próximo a 2.000 kilómetros. La distancia de La Palma a dicha isla es solamente de 2.600 kilómetros, de modo que con un pequeño esfuerzo por parte del Brasil (1), podría hacerse de esta estación una central de distribución y concentración del servicio de las restantes estaciones de menor potencia. Podrían también desde La Palma percibirse las señales de la nueva que actualmente se construye en Puerto Rico (la cual a su vez lo hará con la de Darien de 2.000 kilómetros, situada cerca del Canal de Panamá), y desde luego comunicaría con las numerosas norteamericanas.

No pasó desapercibida a la Compañía Nacional esta envidiable situación, siéndonos conocidas las causas que motivaron desistir de poner en La Palma una estación, como pensó hacerse en 1910, causas que por otra parte han desaparecido hoy día completamente.

Marcamos en el croquis de la pág. 345 el alcance que asignamos a la futura estación (4.500 kilómetros), distancia que exigiría aproximadamente una potencia en los aparatos generadores (estimando que para potencias medias precisa un kilowatio por cada 100 millas, 180 kilómetros) de $W = \frac{4.500}{180} = 25$ kilowatios, que podríamos elevar hasta 30, cifra que no debe parecernos exagerada, pues si bien sería la máxima de las estaciones españolas, es relativamente pequeña si se compara con las grandes estaciones similares. Estos 25 kilowatios de energía de *alta frecuencia* exigirían una potencia en los aparatos generadores de unos 60 kilowatios.

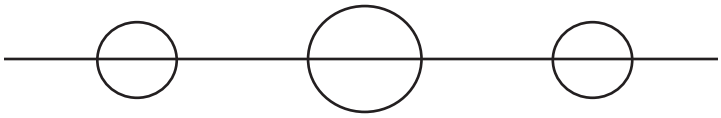
El escaso tiempo de que hemos dispuesto para la redacción de este modestísimo trabajo nos impide extendernos más sobre las condiciones y sistema que creemos más conveniente para la nueva estación, creyendo debería desde luego emplearse la transmisión por onda continua, para poder adoptarse como estación radiotelefónica, y antena en disposición «Radiofaro» para su aplicación direccional de orientación a naves y aeronaves, hoy que parece ya iniciarse este nuevo procedimiento de transporte por vía aérea.

ENRIQUE GALLEGO

(1) Es de notar la perfectibilidad de las estaciones radiotelegráficas que permiten ampliaciones sucesivas. Así por ejemplo la estación Nauen, instalada en 1906, con una potencia de 10 kilowatios fué ampliada a 35 en 1911 y a 100 al comenzar la guerra. La nuestra de Carabanchel, fué aumentada de 12 a 20 kilowatios y hoy día se estudia ampliarla a 75 kilowatios con onda continua generada por alternador de alta frecuencia.

EL MEMORIAL RECOBRA LA MEMORIA

Información general y varios



INGENIEROS, SUS MÚSICAS Y SUS HIMNOS

Coronel de Ingenieros (R) ***José Ignacio Mexia Algar***
Miembro de la Asociación de Escritores Militares

RESEÑA BIOGRÁFICA DEL AUTOR

JOSÉ IGNACIO MEXIA ALGAR
Coronel de Ingenieros (R). Promoción 145.
Componente de la Comisión Histórica del Arma de Ingenieros y colaborador de los trabajos realizados por la misma.
Adscrito a la Academia de Ingenieros.
Miembro de la Asociación de Escritores Militares

El Arma de Ingenieros es, según la Doctrina, el Arma del trabajo Técnico y así lo fue desde su creación en el año 1711, y así lo fueron sus antecedentes. También es cierto que el Cuerpo de Ingenieros fue la entrada de todas las nuevas tecnologías que han tenido aplicación en el Ejército, como Telegrafía y Radiotelegrafía, Ferrocarriles, Automovilismo, Alumbrado, Aerostación y Aviación y Guerra Electrónica. Y también es cierto que en sus filas han destacado grandes hombres de todas las Artes y Técnicas, como José Almirante, escritor y autor del célebre Diccionario, Alejandro Goicoechea, inventor del tren articulado TALGO, Emilio Herrera Linares, científico destacado en la rama de la Aeronáutica, Julio Cervera Baviera que realizó una transmisión de voz por primera vez, José Marvá y Mayer, creador del Instituto Nacional de Previsión y arquitectos famosos como Francisco de Sabatini y Giuliano, a quien debemos la Puerta de Alcála de Madrid… y hasta toreros como Joselito, que sentó plaza en el Regimiento de Zapadores n.º 3 de Sevilla. De todo ello da cuenta la historia del Arma.

Sin embargo, es algo más desconocido el aspecto, digamos musical, del Cuerpo de Ingenieros es decir el de sus famosas Músicas de los siglos XIX y XX, sus directores y sus Himnos y Marchas y, es por ello, por lo que pretendo dedicar unos párrafos a este tema.

Las Bandas de Música en las unidades militares siempre han existido. Comenzaron siendo *Bandas de Guerra* con la finalidad transmitir órdenes y con su música elevar la moral de la tropa y despertar sentimientos patrióticos, como en el caso de los tambores de piel de hipopótamo de los almorávides que invaden la Península en el siglo XI, o aquellos grandes «tambores de lado» de los Tercios de Flandes. También, las bandas, se utilizaban para rendir honores y, en ocasiones, intervenir en acontecimientos más luctuosos y que el refranero español recoge, *(…) acompañar con cajas destempladas (…)*, pero no es el objeto de este artículo el origen de la música militar, sino comentar cómo llegan a surgir en el siglo XIX las famosas *Músicas de Ingenieros,* sus directores, así como hablar de Himnos[1] que han surgido a través de estos años.

[1] Himno. Composición musical destinada a honrar a un país, un Instituto, una persona o a celebrar una victoria o efemérides.

Pífano de los Tercios 1556.

a seguir el «gusto» de la época, es decir el francés napoleónico, invirtiendo los colores, casaquilla grana con bocamanga y forro azul turquí y cuello y solapa morado. Con este uniforme, los zapadores lucharon en la guerra de la Independencia y hasta en la Batalla de Bailén se oiría el redoblar de sus tambores. En 1815 cambia su denominación por la de Regimiento Real de Zapadores, Minadores y Pontoneros y en la plantilla de su Plana Mayor vemos la presencia de un Tambor Mayor y 12 músicos, sin que se especifique si son tambores y trompetas u otros instrumentos, mientras se mantienen los pífanos y tambores en la cuantía por PLM y compañía especificada en la organización anterior.

En el reinado de Isabel II comienza el auge de las Músicas Militares, llegando a tener cada regimiento, no solo su Banda de

Tal vez el origen de las bandas «actuales» esté en la *Harmoniemusik* en 1762. Sin embargo, se tienen datos[2] de que ya en el siglo XVIII existían en España, en las Reales Guardias de Infantería Española y Valona, una Banda que incluía, además de los instrumentos propios de las bandas de guerra, pífanos, trompetas y tambores, otros instrumentos tales como clarinetes, fagots y oboes.

En el Regimiento Real de Zapadores-Minadores, creado el 5 de septiembre de 1802, ya se incluía en la plantilla del 1.er batallón un Tambor Mayor y dos pífanos, en la del 2.º batallón dos pífanos y en cada una de sus compañías de Zapadores y Minadores dos tambores. Su uniformidad, que viene

Tambor y pífano del Regimiento Real de Zapadores Minadores. 1803

[2] La música militar española en el siglo XVIII. Antonio Mena Calvo. Revista de Historia Militar (1999).

Guerra, sino también su Banda de Música que se denominó, simplemente *Música.* La unidad lleva el nombre, a partir de 1837, de Regimiento de Ingenieros y combatirá en las guerras Carlistas. En su Plana Mayor se encontraba encuadrado un *maestro mayor* y en sus batallones figuraba un cabo de trompetas y en cada una de sus compañías un tambor y un trompeta. En 1862 existían ya dos regimientos de Ingenieros[3] y en ambos figuraban músicos, tambores y cornetas, así como un tambor mayor y un músico mayor, cuya vestimenta se define con toda precisión en la *Cartilla de Uniformidad para las tropas de Ingenieros* de ese año. Lo mismo ocurre en los años 1878 y 1886 en la que la plantilla total de músicos del Regimiento, es decir, agrupando los existentes en cada compañía eran: Un sargento maestro de Banda, dos cabos de banda por Batallón, 36 cornetas y 6 tambores.[4]

La Orden de 2 de marzo de 1815 reorganiza el Ejército y regula el número de Regimientos y Batallones, apareciendo por primera vez la figura del músico mayor y demás músicos instrumentistas componentes de las Bandas. Quedaban estas integradas dentro de la PLM del I Batallón, donde también se encontraba el tambor mayor. El R.D. de 31 de mayo de 1828, establece que, dentro de las Planas Mayores de lo regimientos deberían existir 12 músicos, incluido el músico mayor.

En 1883, existen dentro del Cuerpo de Ingenieros cuatro regimientos de Zapadores-Minadores y un regimiento de Pontoneros. Según su orgánica, los regimientos de Zapadores-Minadores disponían de una banda de guerra[5], y una Música formada por un maestro mayor, 3 músicos de 1.ª, 7 músicos de 2.ª, 13 de 3.ª y 12 educandos, además de un maestro de cornetas. El regimiento de Pontoneros solo dispone en su Plana Mayor de un maestro de cornetas y un total de doce de ellas distribuidas en sus compañías. Un año después se crea el Batallón de Telégrafos y el Batallón de Ferrocarriles que cuentan con un maestro de cornetas y solo 8 cornetas.

En 1893, se reorganiza el Ejército y sus Músicas, pero ello lleva consigo la desaparición de muchas de ellas, quedando tan solo en el Cuerpo de Ingenieros la del 2.º regimiento de Zapadores-Minadores. Las bandas de guerra siguen existiendo y en ese año su composición era, a nivel regimiento, un sargento de banda, un cabo de cornetas y un cabo de tambores en su Plana Mayor, con dos cornetas y dos tambores por compañía.

Hasta 1875 las Músicas estaban compuestas por personal civil contratado y no se encontraban homogeneizadas. Cada jefe de Unidad, hacía de su capa un sayo y organizaba a su gusto la Banda que encabezaba sus desfiles y paradas. Se cuenta que hubo quién organizó su Banda con ¡enanos! Según el R.D. de 10 de mayo de 1875[6], las bandas quedarán compuestas por un músico mayor, músicos de primera, de segunda, de tercera y educandos, asimilados a sargentos primeros, sargentos segundos, cabos primero y soldados. Este R.D. fue ampliado por el de 7 de agosto del mismo año que aprobaba el *Reglamento para la organización de las músicas y charangas de los Cuer-*

---

[3] El 2.º Regimiento de Ingenieros se crea por R.D. de 6 de junio de 1860, con sede en Madrid.

[4] Los Himnos y Marchas del Cuerpo-Arma de Ingenieros. Luis de Sequera Martínez.

[5] La composición de la Banda de un regimentó de Zapadores-Minadores era: Un maestro de cornetas en la PLM del regimiento, un cabo y 8 cornetas en la PLM de cada batallón y 8 cornetas por compañía.

[6] El R.D. de 10 de mayo de 1875 regula la composición de las Músicas.

pos de Infantería y los Regimientos de las demás Armas e Institutos. Las músicas regimentales quedaban compuestas por un músico mayor, 5 músicos de 1.ª, 10 músicos de 2.ª, 25 músicos de 3.ª y 20 educandos. Para los músicos mayores se establecía una sola categoría[7].

El acceso a músico mayor era por oposición y podían acceder tanto los músicos militares como los civiles. Las Músicas quedaban bajo las órdenes de un *capitán de música* para los temas de servicio y disciplina y del músico mayor que se ocupaba solamente del tema musical y de llevar a cabo los arreglos de las composiciones.

Así funcionó la composición de las bandas y sus maestros mayores hasta el Decreto de 13 de agosto de 1932, que crea el Cuerpo de directores de Música Militar[8], si bien es evidente que hubo varias reorganizaciones que afectaron a su composición en 1877, 1879 y la más importante de 1893[9] . En esta reorganización se añaden dos tambores y dos cornetas por compañía.

Sin embargo los músicos mayores sufrían una gran falta de consideración que dio lugar a repetidas quejas, ya que no tenían asimilación con el resto de la oficialidad y no tenían mando sobre sus hombres, ya que dependían del capitán de música, según el Reglamento de 1875. Sin embargo, gozaban de una cierta ventaja en campaña pues las Músicas marchaban a retaguardia y no prestaban determinados servicios de combate. Ello no quita para que un gran número de ocasiones entablaran combate e incluso los propios Músicos entregaran su vida por su Patria. Sin embargo la R.O. de 12 de mayo de 1877, rectificó esta circunstancia y dispuso que, en caso de necesidad, los músicos cogerían el fusil… Estas quejas se extendieron a los músicos de primera y de segunda, en particular por sus asimilaciones, si bien sucesivos Reales Decretos fueron regulando su vida militar.

En el año 1911[10], aparece la nueva jerarquización de los maestros mayores, estableciéndose cuatro categorías: *maestro mayor de 1.ª* , con asimilación a capitán, siendo el más antiguo de ellos *primer maestro mayor*, con categoría de comandante; *maestro mayor de 2.ª*, asimilado a teniente y *maestro mayor de 3.ª*, asimilado a segundo teniente. Se establece un escalafón, resultando nombrado primer músico mayor D. Rafael Rodríguez Silvestre. Los primeros músicos mayores desaparecieron por la nueva reorganización de 1914.

Según el artículo 7 de la R.O. de 27 de agosto de 1915[11], los maestros mayores serán los jefes artísticos de las Músicas y bandas de guerra y tendrán doble condición, como

[7] Se indica que llevarán como distintivo, un galón de estambre rojo (verde para cazadores) por encima de las bocamangas formando tres lazadas. Por debajo del cual añaden dos trencillas de oro o plata según el botón, los músicos de primera; una trencilla los de segunda y ninguna los de tercera y los educandos.

[8] Se crean los directores de Música a partir de los maestros mayores existentes, con las categorías siguientes: de 1.ª Clase, asimilado de c.omandante; de 2ª Clase, asimilado a capitán; de 3.ª Clase, asimilado a teniente y de entrada, asimilado a alférez. Se crea también la figura de subdirector de Música, con categoría de subteniente y músicos de 1..ª, 2ª y 3.ª Clase. También define este Decreto las divisas.

[9] R. D. de 27 de agosto de 1893, Diario Oficial del Ministerio de la Guerra n.º 188.

[10] R.D. de 16 de agosto de 1911.Gaceta de Madrid del 18 de agosto de 1911, n.º 230.

[11] Colección Legislativa del Ejército 1915, n.º 45.

maestro y jefe. Cuando la Banda formaba parte de una formación, el maestro mayor dependería del Mando de la misma, pero cuando se trataba de un concierto u otro evento, él sería su jefe natural y de hecho vamos a ver a la Banda del 2.º Regimiento de Zapadores-Minadores presente en todas la festividades de Madrid y de otras capitales y poblaciones de España a las órdenes de su director Pascual Marquina. También en ese Reglamento se ordenaba que una vez al mes se pasase el examen a la Música afecta a la Unidad, que incluía en su programa sus últimas composiciones. De seguro que se escucharía el pasodoble «España Cañí», obra de Marquina y del que luego se hablará. Recuerdo, siendo el que estas líneas escribe teniente en la 9.ª Unidad, Transmisiones, del Regimiento de la Guardia del jefe del Estado y generalísimo del Ejército, los exámenes mensuales de la 10.ª Unidad, Música y Banda que nos hacía pasar ratos inolvidables.

En la plantilla del Regimiento de Ingenieros n.º 2 de 1904, figura la composición de la música afecta consistente en, 1 maestro mayor, 3 músicos de 1.ª, 6 músicos de 2.ª, 10 músicos de 3.ª y 6 educandos. En 1915 y 1931 la composición es 1 maestro mayor, 3 músicos de 1.ª, 10 músicos de 2.ª, 6 músicos de 3.ª y 6 educandos. Los cornetas y tambores eran de tropa del Cuerpo y estaban encuadrados en las compañías de la Unidad.

Las Bandas y Músicas de Ingenieros llegaron a alcanzar un alto nivel durante el último tercio del siglo XIX. Madrid, Guadalajara, Barcelona y Sevilla pudieron disfrutar en sus festividades de los conciertos que las bandas de los Regimientos de Zapadores-Minadores de guarnición en ellas ofrecían a la población. La Música del Regimiento de Zapadores n.º 2 de Madrid fue, quizás, la más renombrada. Compartía el honor con la de Alabarderos, de participar en los relevos de la Guardia de Palacio y fue galardonada con el Primer Premio en los Concursos Internacionales de Bandas de Vigo en 1916 y Valladolid de 1919. En el período de tiempo de 1916 a 1933, bajo la dirección del músico mayor Pascual Marquina, realizó más de doscientas salidas fuera de su residencia habitual, Madrid, cincuenta de ellas a Asturias. La ciudad donde más veces actuó fue LLanes, donde acudió en 12 ocasiones, seguidas de 10 en Calatayud y Almansa 10.[12] D. Juan de Borbón[13] dijo de ella, *(…) recuerdo que nuestra banda dirigida por el maestro Marquina es la más famosas de las de la guarnición (…).*

La razón de la calidad musical de estas unidades residió en la acertada elección de sus directores por parte del Cuerpo. Scuadrini, Cascante, Maimó, Juarranz, Roig, Saco del Valle y Marquina, son notables directores que estuvieron al frente de estas Músicas y de los cuales vamos a dar algunas pinceladas de su vida musical.[14]

José Scuadrini, italiano de nacimiento[15], llegó a España con la expedición a los Estados Pontificios de 1849 en ayuda del papa Pio IX. En esta verdadera misión de paz de nuestro Ejército participó una compañía del Regimiento de Ingenieros. Como músico mayor dirigió la Charanga del batallón de Cazadores de Baeza y tomó parte en la campaña de marruecos de 1850-1860. En 1869 se encuentra al frente de la Música del 2.º

---

[12] Datos biográficos facilitados gentilmente por su nieto, Mariano Marquina Martín.(MMM)

[13] S.A.R D. Juan de Borbón era soldado de esa Unidad.

[14] La música Militar de España. Ricardo Fernández de la Torre.
Músicos y Músicas de Ingenieros. Ricardo Fernández de la Torre. Revista Ejército.

[15] Nació en Terracina, Estados Pontificios, el 19 de marzo de 1830.

Regimiento de Ingenieros de guarnición en Madrid. Fue el autor de la «Marcha Nacional» que sustituyó a la «Marcha Real», vigente hasta el 31 de agosto de 1870, fecha en la que fue sustituida por la obra de Escuadrini, si bien su duración fue efímera.

Ignacio Cascante Cusi, Natural de Barcelona donde nació en 1800, de padre músico que le enseñó a tocar la flauta y el fagot. Se dedicó principalmente a la música militar, si bien colaboraba como solista en otras orquestas de Barcelona. En esta ciudad llegó a ser músico mayor y hacia 1852 fue otro prestigioso director de la Música del Regimiento de Ingenieros n.º 1 de Madrid.

Narciso Maimó Figuero. Ingresa como educando en la banda de Granaderos de la Guardia Real en 1837. Años más tarde, en 1849 pasa como músico instrumentista a la Banda del Regimiento n.º 1 de Ingenieros. En 1849 actúa ya como subdirector sustituyendo al maestro mayor Cascante, al que sucedió a su fallecimiento en 1866.

Gran profesional que elevó el nivel de esta formación musical a tal altura que fue designada para representar al Ejército español en el Certamen Internacional de Bandas Militares que se celebró en París en julio de 1867: Ganó ese certamen la Música de la Guardia de París, recibiendo de manos de Napoleón III, emperador de Francia, un merecido un 3.er Premio la Banda del 1.º de Ingenieros, bajo la dirección del maestro mayor Maimó. Tal vez parezca un bajo galardón cuando estamos colocando el nivel musical de esta Banda muy elevado, pero es preciso considerar que en aquellos años la música española seguía el gusto italianizante y por ende, la militar, compartía el mismo espíritu, muy diferente al estilo alemán que era el seguido por el resto de la bandas militares europeas.

Música del Regimiento de Zapadores Minadores nº 2. 1917 (Archivo Mariano Marquina).

De la profesionalidad de estos maestros y de la calidad de las Músicas o Bandas que dirigían, un claro ejemplo es que, en la Inauguración el 21 de abril de 1866 de la Biblioteca Nacional por parte de la reina Isabel II, fue interpretada por las bandas de los regimientos de Ingenieros n.º 1 y n.º 2[16], junto a las de los regimientos de Infantería «Príncipe» n.º 3, Asturias n.º 31 y Burgos n.º 36 y los regimientos de Artillería n.º 2 y n.º 5, la Marcha Triunfal del maestro Francisco Asenjo Barbieri y que él mismo dirigió. Total 367 músicos militares, con sus vistosos uniformes.

Eduardo López Juarranz. Maestro Mayor.

Eduardo López Juarranz, madrileño nacido en 1844[17], fue, sin duda uno de los mejores directores con que contó el Cuerpo de Ingenieros. López Juarranz dirigió las Músicas del 3.er, 1.º y 2.º Regimientos de Zapadores-Minadores desde 1876 a 1895. Desde muy joven destacó como compositor. Desde 1876 hasta 1894 fue maestro mayor de la Banda del 3.er, consiguiendo que su Música fuese considerada la mejor de España. En 1883 ganó el primer premio del concurso internacional de Bayona (Francia).

Banda de Ingenieros en 1920, con su director López Juarranz

[16] Era maestro mayor de la Banda del Regimiento de Ingenieros n.º 1, Narciso Maimó y de la del n.º 2, José Squadrini.

[17] Nació el 13 de octubre de 1844.

En las fiestas que precedieron a la boda del S.M. el rey D. Alfonso XII, la banda del 3.er Regimiento estuvo presente en todos los eventos y para realzar, si cabe más, la calidad de su Unidad, escribió el célebre pasodoble «La Giralda»[18] que aún hoy se escucha en las paradas militares, así como la Marcha Nupcial, dedicada a los Reyes. De su mano es también el pasodoble la Torre del Oro, la Retreta, la Marcha de los Ingenieros Españoles, el pasodoble San Fernando y otras procesionales.

Ramón Roig y Torné, Músico Mayor.

Ramón Roig y Torné, natural de Lérida, donde nació el 3 de agosto de 1849, fue celebre violinista y compositor de obras sinfónicas, líricas y pasodobles, como «La Gracia de Dios». Comenzó su andadura en la Banda Municipal de Lérida y en 1866 comenzó su carrera como educando en el regimiento de Infantería Extremadura n.º 15 en Zaragoza, a la vez que ampliaba sus conocimientos sobre composición, bajo la tutela del músico mayor Tomás Campano. En 1875 es músico de primera y en 1876 músico mayor de la Banda del 2.º Regimiento de Ingenieros, que ese año estaba localizado en Zaragoza, antes de pasar en 1878 a Madrid. Pasó seguidamente a dirigir la música del regimiento de Infantería La Lealtad n.º 30 y finalmente la Música del 3.er Regimiento de Infantería de Marina de Cartagena, con la que fue galardonado con la Medalla de Oro en el Concurso Internacional de bandas de Barcelona. Su obra contiene grandes composiciones y marchas, algunas como *El Minador* o *El Ingeniero*, dedicadas a este Cuerpo, así como un «galop-polka» titulado *El telégrafo y el ferrocarril* compuesto en 1886 y con clara connotación a dos especialidades que aparecieron en 1884.

Arturo Saco del Valle, Músico Mayor.

Arturo Saco del Valle nació en Gerona en 1869 y fue músico, compositor y director de orquesta. Como compositor llegó a componer más de 20 zarzuelas, siendo la más importante «La Indiana» y marchas militares como «Legionarios y Regulares», «El Zapador» y otras muchas más. Fue músico mayor de la Banda del 2.º Regimiento de Ingenieros de Madrid. En 1914 es nombrado director de la Capilla Real y del Teatro Real.

[18] «La Giralda» fue estrenado en París dentro de los actos de la Exposición Internacional de 1889. Fué interpretado por la Banda del 2.º Regimiento Zapadores-Minadores dirigida por el propio Eduardo López Juarranz.

Pascual Marquina Narro[19], nacido en 1873[20] en Calatayud, en el seno de una familia de músicos, sienta plaza en 1892 en el Regimiento de Infantería Luchana 28, donde fue tambor de banda y educando, alcanzando la titulación de músico de 2.ª en 1896[21]. En 1901 accede por oposición a músico mayor de la Banda o Charanga del Batallón de Cazadores de Llerena, con sede en Alcalá de Henares, hasta el 27 de marzo de 1913, fecha en la que pasa, con el mismo cargo, al 2.º Regimiento de Zapadores-Minadores de Madrid, permaneciendo en él hasta 1932, dirigiendo magistralmente la conocida en toda España como la «*Banda de Ingenieros*».

Pascual Marquina Narro, Músico Mayor de la Música del Regimiento de Zapadores nº 2.

En este largo recorrido de su vida, dejó escritas, marchas militares como *La Toma del Gurugú*, donde intervino su batallón, *Viva la Jota*, su primer pasodoble-marcha. *El 2.º* de Zapadores, el día de san Fernando, la *Marcha de los Alabarderos*, y un amplio etc. En 1906 y con motivo de la boda de S.M. el rey D. Alfonso XIII, dirige a un conjunto de Músicas de guarnición en Madrid en la Plaza de la Armería y estrena su *Marcha de Bodas Reales*.

Pero, quizás, la que le ha dado más renombre ha sido el pasodoble «*España cañí*», compuesta en 1922. En una de las múltiples actuaciones fuera de la capital de la Música del 2.º Regimiento, Almansa 1919, Pascual Marquina promete a José López de la Osa, gran melómano y amante de las bandas de música, de profesión «patronista de calzados» apodado *cañí* por su ascendencia gitana. La prometida partitura no llegó en la visita a esa ciudad en los siguientes años. El 4 de mayo de 1922, Marquina preparaba su viaje a Almansa y su auxiliar le recordó la posibilidad de incumplir su promesa por tercera vez. Pero surgió un serio problema en esa tarde. Su guitarra, con la que componía sus piezas estaba totalmente rota accidentalmente. Los comercios especializados habían ya cerrado sus puertas y la solución vino de un ciego que tocaba su guitarra a la puerta de la Iglesia de San Isidro en la madrileña calle de Toledo y que vendió su preciado instrumento. ¡Posiblemente otro milagro atribuible al Santo labrador! En el viaje hacia Almansa, una vez compuesta y orquestada con anterioridad, la Música ensayó el pasodoble[22] que llevó por nombre *El Patronista Cañí*, estrenándose en Almansa el 5 de mayo de 1922.

---

[19] Datos Mariano Marquina Martín. (MMM)

[20] También nacen es ese año Ricardo Villa, creador de la Banda Municipal de Madrid y el famoso autor de zarzuelas José Serrano, con los que mantuvo estrecha amistad. (MMM)

[21] Lo fue como solista de trompa. (MMM)

[22] Existe un teoría de que se compuso en el tren y que incluso el mismo traqueteo del mismo influyó en los primeros compases, si bien y como declara Mariano Marquina es totalmente errónea. Se ensayó en tren, pero no se compuso en él. Tampoco es cierto que fuera en Villena. (MMM)

Más tarde, en los años 30, la célebre «bailaora» Encarnación López Júlvez, más conocida como «La Argentinita», la incluyó en su repertorio en el *Metropolitan Opera House* de Nueva York, si bien con el nombre, más apropiado sin dudad, de «*España cañí*». Y lo que ocurre siempre en nuestra bendita España, la partitura de este pasodoble, uno de los más famosos de todos los tiempos, tuvo que imprimirse en Francia, por la firma «Editions Garzon»[23], porque no hubo quien lo hiciera en su patria …

La Banda del 2º de Zapadores en Llanes, 1921
(Archivo Mariano Marquina)

Este famoso pasodoble es la seña de identidad del «Bando de San Roque»[24]. La Banda del 2.º de Zapadores, con su director al frente acudió a las fiestas de San Roque el 16 de agosto de 1922[25] e interpretó su «España Cañí», y dicha visita se vino repitiendo anualmente hasta 1932 Desde entonces, y en las fiestas de San Roque en todas las calles de Llanes se escucha en sonoros pasacalles el España Cañí en homenaje a su autor, que llegó a nombrarle «*Proveedor único de alegrías para la villa de LLanes*».[26] La Banda solía alojarse en el Colegio de la Encarnación, hoy Hotel Don Paco y en el año 2013, se colocó en ese lugar una placa con un verso de Carlos Amieva y una fotografía de Pascual Marquina al frente de su Banda. «España cañí» fue el pasodoble elegido para abrir la plaza de toros de las Ventas, la Monumental de Madrid, en su inauguración oficial el 21 de octubre de 1931.

Marquina fue el autor del primer himno conocido del «Arma de Aviación», Himno a la Aviación Española, cuya letra se debe a Hilario Omenes. Quiso la historia, que fuera el más famoso de los maestros mayores directores de la galardona «Banda de Ingenieros» el que escribiese el himno de Aviación, nacida el año 1910 en el seno del Cuerpo de Ingenieros.

Caratula de la grabación de "España cañí"
por la casa discográfica REGAL.

[23] La editorial parisina «Editions Garzón» era propiedad del burgalés Julio Garzón. (MMM)

[24] Bando es el nombre que reciben en Llanes las «Cofradías» en otros lugares.

[25] Fuente: Diario «El Comercio» 17 de agosto de 2012.

[26] Fuente: Diario El Oriente de Asturias.

La vida musical de este insigne maestro mayor, no se ciñe solamente a la propia música militar sino que dejó escritas 47 zarzuelas y una opereta, 52 pasodobles y marchas militares, y 10 obras corales. En 1909 la compañía gramofónica *La voz de su Amo*, le contrata para la dirección artística de su sede en Madrid y graba con ella numerosas obras con la Banda del 2.º Regimiento de Zapadores.

Las Músicas o Bandas del siglo pasado que hasta este momento se han tratado eran de unidades a pie, pero el Cuerpo de Ingenieros disponía de «unidades montadas», como el Regimiento de Pontoneros, el de Telégrafos y la Aerostación Militar, las cuales tenían Bandas de trompetas y timbales como las de Caballería.

Banda a caballo del Regimiento de Aerostación en la entrega del Estandarte esa Unidad.

Veamos ahora la música escrita específicamente para las tropas de Ingenieros. Son varios autores los que escribieron bellas partituras de Canciones, Marchas e Himnos. En la Fonoteca del Instituto de Historia y Cultura Militar se guardan celosamente grabaciones de las marchas, toques de ordenanza, himnos y música popular que produjeron las citadas Músicas aludidas, bajo la dirección de Marquina, Grau y otros directores. Importante es la «*Diana de los Cadetes de San Fernando*» de Federico Romero y Francisco Serrano, con la que amanecerían el día de su Santo Patrono los C.A.C., de la Academia del Merced de Burgos en el año 1941 y siguientes hasta su traslado a la plaza de Logroño.

Como todas las Armas de nuestro Ejército, Ingenieros tiene su Himno pero también los tuvieron sus «Especialidades» como Zapadores, Pontoneros y Transmisiones. Son incontables las veces que lo habré cantado, siempre con la emoción contenida, pero este, el de nuestros días, no es el único que los ingenieros han cantado a lo largo de su historia.

La ***Marcha de los Ingenieros Españoles*** de Juarranz, compuesta en 1883 como un pasodoble festival con el nombre de *Ingenieros españoles* y dedicado al «distinguido Cuerpo de Ingenieros Militares». A Eduardo Juarranz se debe tanto la música como la letra que fue publicada por el editor Pablo Martín en 1892. Puede que fuera uno de los primeros himnos, si bien no hay referencia de ello, ya que en la letra se hace referencia al santo Patrón San Fernando en su festividad y se invita a brindar por el Cuerpo y por su general, «(*…) Hoy es San Fernando, cesen las fatigas y solo pensemos en tan fastuoso día…Brindemos compañeros, somos de Ingenieros (…)*».

Lo mismo podemos decir del ***Himno a los Ingenieros Militares***, obra del primer teniente Julio García Rodríguez[27] y del sargento Emilio Gomera, ya que en la partitura así se indica claramente y que fue compuesto y publicado por Fuentes y Asenjo en 1912. Utilizado en esos primeros años hasta 1916, podemos considerarle como el primer antecedente del himno que se cantaba cuando el que estas líneas escribe se forjaba en la Academia de Burgos.

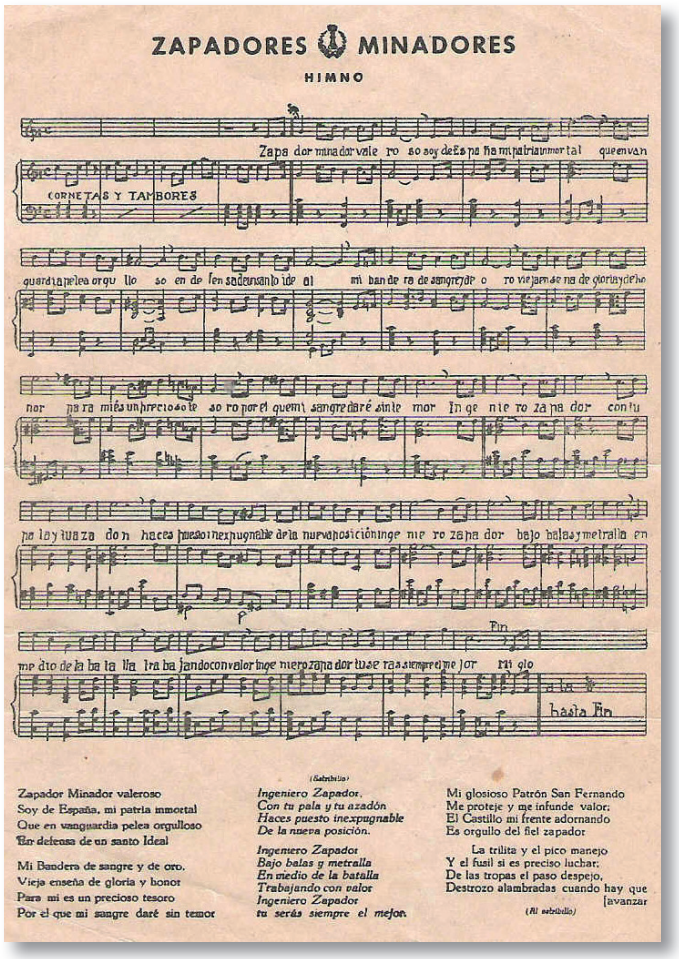
En la portada de una edición de la citada obra, figuran las principales Especialidades del Cuerpo de Ingenieros, Zapadores, Pontoneros, Ferrocarriles, Telegrafía y Radiotelegrafía, Aerostación y la naciente Aviación, representadas estas con el dirigible «España» y el aeroplano «Morane Saunier».[28]. La composición fue dedicada al entonces teniente coronel Ramiro Ortiz de Zárate y Armendáriz[29], *(…) en venganza de habérnosla mandado componer (…)*, según reza en la anteriormente referida portada de la partitura. El citado teniente coronel se encontraba destinado en los Talleres de Material de Guadalajara y posiblemente tendría relación con el teniente García Rodríguez, que lo estaba, desde su salida de la Academia en 1808 y hasta 1912, en la Compañía de Obreros de la misma ciudad. La letra, al igual que más tarde haría el coronel Samaniego, glosa las distintas especialidades de Cuerpo en aquellos años. *(…) Honor a los sufridos Zapadores, que excavan trincheras y a los temidos Minadores (…)*, las dos primeras misiones que tuvieron las tropas de Ingenieros en su creación en 1803 y que se mantienen hasta la fecha. Y siguiendo una línea cronológica cita a los Pontoneros, diciendo, *(…) ejemplo de heroísmo merece el pontonero, salvando del torrente (…).* Cuando aparecen la nueva tecnologías, se integran en el Cuerpo de Ingenieros y el himno recoge las especialidades de Aerostación y Aviación, *sereno en su barquilla se eleva el aerostero y lánzase al peligro el bravo aviador (…).* Ferrocarriles, *(…) sus trenes cuando cruzan los campos de la gloria (…).* Automovilismo,*(…) así va el automóvil en raudo movimiento.* No olvida el letrista a las Transmisiones, ya en esos días radioeléctricas a la que define, *(…) Palpita la energía en las ondas del viento, eléctricos mensajes de una marcha triunfal (…).* Termina el himno con la referencia a la Brigada Topográfica, origen del Servicio Geográfico del Ejército y de los Talleres de Material de Guadalajara en donde se construyó gran parte del material que emplearon las Unidades del Arma, ambos creados por el insigne Ingeniero Antonio Remón Zarco del Valle, *(…) Enciende la Brigada su llama creadora, brillante luminaria del arte militar. Redoblan los talleres su fuerza constructora fundiendo en el trabajo las ansias de luchar.*

---

[27] Promoción 89, 1908.

[28] Las bandas de Música del Ejército del Aire. Jaime Aguilar Hornos. Revista de Aeronáutica y Astronáutica. Mayo 1985

[29] Promoción 59, 1882.



Partitura del Himno de Ingenieros de Alfredo Larrocha

En los años «60», en la Academia de Ingenieros de Burgos, se cantaba a pleno pulmón el día de San Fernando, el considerado «himno oficial», es decir, el ***Himno de Zapadores***, «El Zapador», como gustábamos denominarlo, y que se cantó como tal desde 1941 hasta aparecer el actual en 1969. La letra y música fue compuesta por Alfredo Larrocha González[30] con aportaciones de César Cañedo-Argüelles Quintana[31], de la promoción 80.ª Promoción del Cuerpo de Ingenieros (1899). En 1941 se realizó una grabación de este Himno por la casa Columbia en San Sebastián.

Se acababa de salir de una guerra, donde la presencia de tropas alemanas supuso una clara incidencia en los gustos y preferencias del Ejército y tuvo, incluso, su expresión en la uniformidad a partir de 1943. En la música también influyo este «gusto» alemán y muchas de las marchas de la Wehrmacht no solamente se escucharon en nuestras Músicas, sino que algunas de ellas se utilizaron como verdaderos himnos. Este es el caso de la conocida *Horst-Wessel-lied*[32], cuya música sirvió de base para la canción-marcha ***El zapador que cae en la alambrada***, que tuvo su versión en las Unidades de Transmisiones como *El transmisor que cae en la alambrada*. Los sones de ambas aún resuenan en los campos que albergaron las tiendas del campamento de El Robledo, donde se formaron los oficiales y suboficiales de la IPS.[33] Años más tarde llegaron a ser prohibidas, por su claro origen «nazi», sin que por ello no deje de ser una música altamente emotiva y vibrante.

Dejemos para el final el Himno actual del Arma de Ingenieros y veamos los Himnos de las Especialidades que se ha podido localizar. No obstante es preciso tratar de aclarar un error extendido y a la vez «legalizado». Se trata de un Himno de Zapadores atribuido

---

[30] Compositor, director de orquesta y violonchelista, natural de Granada. Estudió en su población de origen, Madrid y París. Director de la Academia de Música de la Sociedad de Bellas Artes y director de la orquesta del Gran Casino.

[31] **César Cañedo Argüelles y Quintana**, nació en Vitoria el 27 de febrero de 1881. Ingresó como alumno cadete en la Academia de Ingenieros en 1896. Llegó a teniente coronel por R.O. de 6 agosto de 1923. Y parece que después continuó su actividad profesional fuera del Ejército.Entre otras obras, proyectó y dirigió la construcción del pabellón de jefes y oficiales de Pamplona.

[32] Horst Wessel Lied, también conocido por *Die Fahne Hoch* («La bandera en alto»), fue el himno del Partido Nazi entre 1930 y 1945. La letra fue escrita originalmente en 1929 por Horst Wessel, un comandante de la Sturmabteilung (SA) o «camisas pardas».

[33] I.P.S. Instrucción Premilitar Superior.

a Dimas Delgado Diarte, coronel de Ingenieros, y del que existe una partitura en el depósito de la Biblioteca Nacional de España, con número de registro, incluso Copyriht a su nombre en 1968. Sin embargo, la música y letra coinciden en todo con la de Antonio Lozano Alfaro y Carlos Samaniego Ripoll. No sabemos cómo pudo incurrirse en tal error.

Existe un ***Himno de Pontoneros***, cuya música se debe a Rafael Campos Jover y la letra a José María Salvador y Ascaso. Existe una grabación de Plácido Domingo de la casa fonográfica Columbia que puede datar de 1936.

Para la especialidad de Transmisiones se han escrito varios himnos. El primero que podemos considerar fue el ***Himno de Transmisiones***, compuesto por Luis Valls Bosh con letra de Fernando Defauce. Luis Valls nació en Argel en 1916 pero que residió desde 1919 en Valencia en cuyo conservatorio se graduó con notas brillantes. Al producirse el Alzamiento Nacional fue reclutado por el Bando Republicano y alistado en una unidad de Transmisiones. Finalizada la guerra continuó su carrera musical como pianista y compositor de canción moderna, trabajando durante varios años para la compañía de Antonio Machín[34]. Durante el periodo de tiempo de 1946 a 1949 perteneció a una banda de música y fue en esos años cuando compondría el *Himno de Transmisiones*.

Durante la guerra civil, en el bando nacional, las tropas de Transmisiones cantaban el *Himno del soldado de Transmisiones,* del que se conoce una letra, pero no a su autor. Tampoco conocemos la música ni a su compositor[35]. Por su parte, en el Ejército Popular, tenemos noticia de la existencia del *Himno del Grupo de Transmisiones de Campaña*, cuya letra aparece en la obra *Las Transmisiones Militares Permanentes* y que recoge la historia del Regimiento de Transmisiones 22. Al final de dicha letra, aparece la fecha de 1 de octubre de 1937 y la ciudad de Villarrobledo[36], lugar donde posiblemente hubiera tropas destacadas de esa Unidad. Se ha encontrado en el Archivo de la Guerra Civil de Salamanca, otro *Himno de Transmisiones*, también del Ejército Republicano y del que se desconoce tanto el autor de la letra como de la música. El documento original, escrito a máquina con tinta azul, tiene un pie que dice: «Mayo 1938. Ángel de Lucas 112 Brigada, 446 Bon. 1ª Compañía. Se le ha añadido un sello de caucho con tinta roja, en el que sólo es visible el escudo de la República, y las palabras “COMISARIO DE GUERRA”».

Según lo publicado por el general Sequera[37], Miguel Asins Arbó[38], en 1961, compuso un *Himno de Transmisiones*, que engrosa la lista de los expuestos, si bien no se ha encontrado dato alguno sobre el mismo y ni siquiera figura en el catálogo de obras del autor.

---

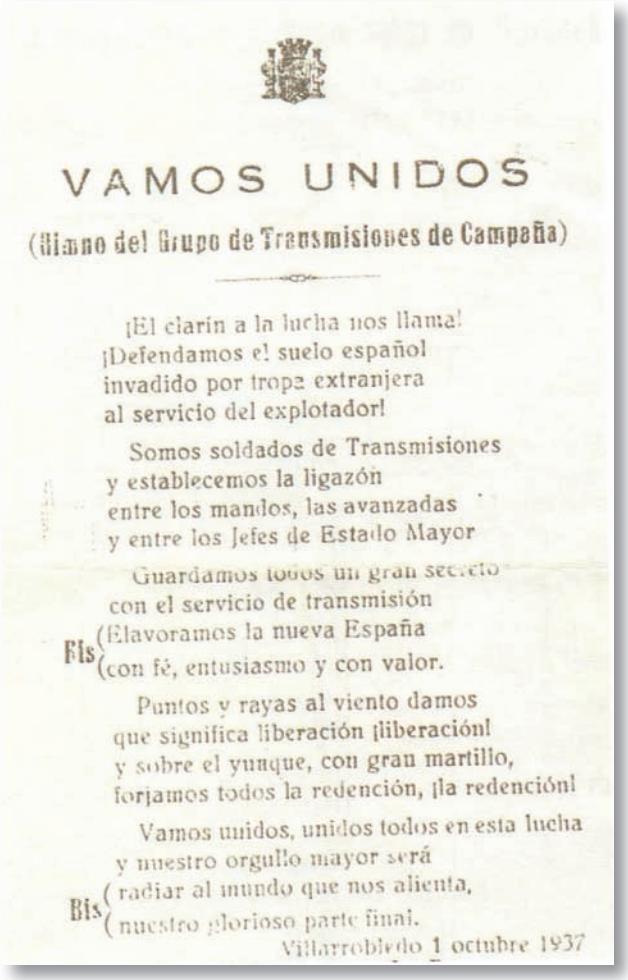
[34] Antonio Abad Lugo Machín, conocido como Antonio Machín, fue un cantante cubano de boleros y de música popular en general. Basó su repertorio en la música cubana y la balada romántica.

[35] De este Himno del soldado de Transmisiones y del Grupo de Transmisiones de Campaña, no se ha encontrado referencia alguna en los archivos consultados: Instituto de Historia y Cultura Militar, Archivo General Militar de Ávila, Biblioteca Nacional, Centro de Documentación de la Memoria Histórica de Salamanca, por lo que puede asegurarse que son, hasta el momento, desconocidos.

[36] Los Grupos de Transmisiones de Campaña daban servicio a la Red General de las Brigadas Mixtas. En el frente de Madrid operaba la 112 Brigada, la cual estaría apoyada por la Compañía de la Red de Madrid, que dependía del Grupo de Transmisiones de Campaña de Albacete. Tal vez por ello, puede pensarse que en Villarrobledo hubiera alguna Unidad que diese lugar a ese himno.

[37] Memorial Arma Ingenieros n.º 72. Diciembre 2004.

[38] Nació en Barcelona en 1916. En 1944 ingresó por oposición en el *Cuerpo de Directores de Música del Ejército de Tierra,* con el número uno de su promoción. Se retiró con el grado de comandante pasando a ocupar la cátedra de acompañamiento en el Conservatorio Superior de Música de Madrid. Es autor de más de 35 marchas militares.



VAMOS UNIDOS

(Himno del Grupo de Transmisiones de Campaña)

¡El clarín a la lucha nos llama!
¡Defendamos el suelo español
invadido por tropa extranjera
al servicio del explotador!

Somos soldados de Transmisiones
y establecemos la ligazón
entre los mandos, las avanzadas
y entre los Jefes de Estado Mayor

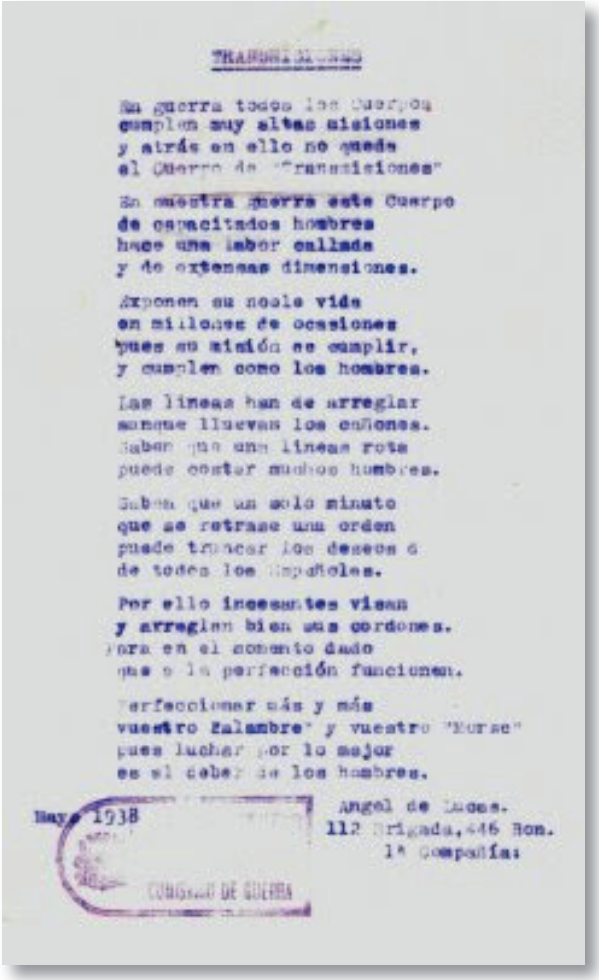
Guardamos todos un gran secreto
con el servicio de transmisión
Bis (¡Elevoramos la nueva España
(con fé, entusiasmo y con valor.

Puntos y rayas al viento damos
que significa liberación ¡liberación!
y sobre el yunque, con gran martillo,
forjamos todos la redención, ¡la redención!

Vamos unidos, unidos todos en esta lucha
y nuestro orgullo mayor será
Bis (radiar al mundo que nos alienta,
(nuestro glorioso parte final.

Villarrobledo 1 octubre 1937

Letra del Himno del Grupo de Transmisiones de Campaña, Bando Republicano.



TRANSMISIONES

En guerra todos los Cuerpos
cumplen muy altas misiones
y atrás en ello no queda
el Cuerpo de "Transmisiones"

En nuestra guerra este Cuerpo
de capacitados hombres
hace una labor callada
y de extensas dimensiones.

Exponen su noble vida
en millones de ocasiones
pues su misión se cumplir,
y cumplen como los hombres.

Las líneas han de arreglar
aunque lluevan los cañones.
Saben que una línea rota
puede costar muchos hombres.

Saben que un solo minuto
que se retrase una orden
puede truncar los deseos o
de todos los Españoles.

Por ello incesantes vigan
y arreglan bien sus cordones.
para en el momento dado
que o la perfección funcionen.

Perfeccionar más y más
vuestro "Salambre" y vuestro "Morse"
pues luchar por lo mejor
es el deber de los hombres.

Mayo 1938

Angel de Lucas.
112 Brigada, 446 Bon.
1ª Compañía.

CONSEJO DE GUERRA

Letra del Himno de Transmisiones del Ejército Republicano.

Siguiendo con esta Especialidad, en el *Compendio Histórico del Centro Electrotécnico y de Comunicaciones* escrito por el sargento de Ingenieros Benigno Pereda del Río en 1930 [39] figura que el 30 de mayo de 1920, se estrena el «Himno del Regimiento», entonado por un coro de soldados del mismo. En esas no existía tal regimiento, pero sí el Centro Electrotécnico y de Comunicaciones, por lo que puede decirse que la citada composición corresponde a esa unidad y que posteriormente fue heredada por la otra. La letra se debe al sargento Jesús Parga Cerezo y la música al compositor Antonio Campiña Ontiveros.

Otra obra dedicada a esta especialidad, si bien no es propiamente un Himno es la marcha titulada Transmisiones del Ejército, marcha militar con cornetas y tambores, dedicada al coronel jefe del Regimiento de Transmisiones Rafael Martínez Maldonado[40], compuesta hacia 1946 por A. Barbero[41].

---

[39] En esa fecha debía estar prestando servicio en el Regimiento de Radiotelegrafía y Automovilismo, creado por R.D. de 3 de febrero de 1927, con las siguientes unidades que se disuelven: Centro Electrotécnico y de Comunicaciones, Batallón de Radiotelegrafía de Campaña y Batallón de Alumbrado de Campaña.

[40] Promoción 93, año 1912.

[41] De A. Barbero no se han encontrado datos biográficos. La única referencia que aparece de él y su obra, se ha tomado de Fernández de Latorre, Ricardo. *Historia de la Música Militar de España.*

Otra obra de la que se tiene noticia es el «*Himno de los Batallones de Obras y Fortificación*», escrito en los años 1937/38 para el Ejército Popular Republicano durante la Guerra Civil y cuyo autor se desconoce, no encontrándose dato alguno en los archivos consultados (ver nota 35).

San Fernando como Santo Patrono del Cuerpo y Arma de Ingenieros tiene también sus himnos, de los que conozco dos de ellos. Uno de ellos lo he escuchado una sola vez, en concreto en la Misa de San Fernando, el 30 de mayo de 1962, en la iglesia de la Merced en Burgos, cantado por un coro y posiblemente fuera el *Himno a San Fernando*, que compuso el director de la Banda de la Academia de Ingenieros, Luis de Aramayona Ibánez[42], en 1945, con letra del reverendo padre Bruno de San José, carmelita descalzo, para coro y órgano. Existe una segunda versión, con nueva instrumentación, debida a Bernardo Adám Ferrero, comandante director músico.

Otro himno es el de la Real Hermandad de Caballeros de San Fernando. Compuso la partitura Pedro Martínez Barreiro siendo el autor de la letra R. de Lanzas, según se indica en la partitura y que posiblemente completó la que había dejado sin concluir Fernando Moraleda Bellver[43] a causa de su fallecimiento.

Además de las obras que se han mencionado hasta aquí, son otras muchas las obras que destacados compositores han escrito en honor al Cuerpo y Arma de Ingenieros y que el general Sequera, gran conocedor de la música militar, incluye en su trabajo sobre los Himnos y Marchas de Ingenieros. El compositor y del Cuerpo de Directores de Música Militar, Abel Moreno Gómez, le dedicó una marcha con su nombre. Relacionaremos algunas de las más importantes.

San Fernando, patrón del Arma de Ingenieros.

[42] Luis de Aramayona Ibañez, nació en Lanciego, Álava en 1900. Dirigió las Músicas de los Regimientos de Infantería Asia n.º 55, Andalucía n.º 22 y Sicilia n.º 1, así como la de la ya citada Academia de Ingenieros en Burgos. Es autor de la famosa Marcha Comandante Farias y también de *Canto del toque de Oración de las Milicias Aéreas Universitarias* (M.A.U). (El comandante podría ser José Farias Márquez del Cuerpo de Ingenieros de la promoción 107B (1925), si bien es una teoría sin confirmar).

[43] Fernando Moraleda Bellver fue un célebre compositor de comedias musicales y pasodobles, nació en Orgaz, Toledo en 1911 y falleció en Madrid en 1985.

— *Marcha de los Ingenieros* de Dieter Leemans[44].
— *Los Ingenieros*, pasodoble compuesto en 1861, de Federico Sierra.
— *Ingenieros Militares*, marcha compuesta en 1866 por Ferrer y dedicada al músico mayor Maymó.
— *Los Zapadores*, pasodoble, compuesto para piano en 1879 por Antonio de la Cruz Quesada[45].
— *Marcha de los Ingenieros Españoles*, pasodoble compuesto en 1883 por Eduardo López Juarranz.
— *El Ingeniero*, de 1885 y cuyo autor fue Ramón Roig.
— *El segundo de Zapadores*, compuesto por Pascual Marquina en 1922.
— *Pico y pala*, marcha dedicada a los zapadores, compuesta por José Pérez Ballester en 1939[46].
— *Diana de los cadetes de San Fernando*, de Federico Romero y Francisco Serrano.
— ***«Canción (himno) del Batallón de Zapadores de Asalto 250»,*** compuesta por el soldado Antonio Granero Zaldíbar en 1941-42 y que posiblemente solamente se cantara en los frentes de Rusia.
— *Marcha dedicada al Coronel Santos Miñón*, como jefe del Regimiento de Ingenieros n.º 2 de Sevilla, compuesta por el teniente coronel músico Abel Moreno Gómez[47].
— *Desfilan los Ingenieros*, marcha del año 1960 y cuyo autor fue el sargento músico Marcial Guareño Manzano.

El actual *Himno de Ingenieros* data del año 1969 y la partitura del mismo fue compuesta por el capitán músico *Antonio Lozano Alfaro*, comandante músico y director de la Banda del Regimiento Mixto de Ingenieros n.º 1 en 1971, autor de numerosas piezas militares, entre ellas las *glosas o floreos de diversos toques de Ordenanza* que hoy se interpretan en los tres Ejércitos. Lozano tardó mucho tiempo en obtener el reconocimiento oficial de su obra como Himno, que se tituló, inicialmente, «*Canción-marcha a los Ingenieros*»[48]. Se trata de una partitura muy expresiva, de gran inspiración, como todas las que ha producido este autor. De la letra es autor, *Carlos Samaniego Ripoll,* que en 1964 mandaba el anteriormente citado Regimiento y que alcanzó el empleo de general de Brigada en 1970, siendo destinado a la VI R.M. como jefe de Ingenieros. En 1970 ascendió a general de División.

---

[44] Músico de nacionalidad Belga, nacido en 1897. Compuso música coral y varias marchas militares, como la «Marche des parachutistes».

[45] Compositor y pianista nace el 16 de mayo de 1825 en Granada. Compuso muchas de sus obras para piano. La música de Antonio de la Cruz fue muy aceptada por los músicos mayores del Ejército, que solían adaptar para banda militar algunas de sus piezas. Dedicó varios himnos y marchas a Alfonso XII.

[46] José Pérez Ballester nace en Novelé, Valencia, en 1905. Fue director de varias bandas en diferentes ciudades de Valencia, donde le sorprendió la Guerra Civil, pasando como miembro de una banda militar en Valencia. Fue autor de muchas marchas procesionales.

[47] Abel Moreno Gómez, nació en Encinasola, Huelva en 1944. En 1975 accede al Cuerpo de Directores del Ejército, dirigiendo varias Músicas, entre ellas las de la DIMZ Guzmán el Bueno n.º 2 y la del Regimiento Inmemorial del Rey n.º 1(CGE). Es autor de pasodobles para toreros, marchas militares y marchas procesionales, como «La Madrugá».

[48] En 1972 figura como autor de los arreglos para Banda y Coro de la canción-marcha «Margarita» que había compuesto don Julio Salgado Alegre, alumno de Infantería en el Campamento de El Robledo, La Granja, Madrid.

Carátula del disco COLUMBIA con la grabación del Himno "oficial" de Ingenieros, por el Orfeón Donostiarra

Su profundo conocimiento del Arma le ha permitido resumir en pocas estrofas la historia del Cuerpo de Ingenieros y confieso que nunca, hasta ahora, me he dado cuenta que entre sus estrofas está contenida la Historia y las Especialidades de Arma de Ingenieros. Por ello voy a intentar entrar en su pensamiento para glosar estas estrofas a la luz de nuestra Historia. El estribillo dice,

Soldados valerosos del Arma de Ingenieros
Cantemos a la Patria con recia fe y amor
Arriba nuestro lema
Lealtad y Valor
El Santo Rey Fernando nos guía y nos protege
Castillos con trofeos de roble y de laurel
Nos da su fuerza y gloria triunfaremos con él
Con fortaleza, lealtad y valor
Gloria a España, al Ejército y al Arma
Los Ingenieros daremos con ardor.

SOLDADOS VALEROSOS DEL ARMA DE INGENIEROS. No podía comenzar de mejor manera. El VALOR, es característico en el soldado español y por ende del «ingeniero». Lo demuestra la larga lista de Laureados, que, desde general a soldado, incluso un civil, Serafín Concha Ballesteros, podemos encontrar en la obra «Caballeros de la Real y Militar Orden de San Fernando» del coronel Juan Carrillo de Albornoz[49]. Por citar algunos de ellos, recordemos al capitán Arenas Gaspar en Monte Arruit, 1921, al del mismo empleo Sevillano Cousillas en Kudia Tahar, 1925.

[49] Hasta un total de 304 se citan en dicha obra.

Continúa el himno alentando a CANTAR A LA PATRIA CON RECIA VOZ Y HONOR y continuando ARRIBA NUESTRA LEMA, LEALTAD Y VALOR. El 24 de mayo de 1808, la Academia y el Regimiento Real de Zapadores-Minadores salen, con Bandera desplegada y a tambor batiente, de sus acuartelamientos en Alcalá de Henares y en duras jornadas llegan a Valencia el 7 de junio, protagonizando lo que ha venido a llamarse hasta la fecha la *Fuga de Zapadores,* para defender la legitimidad del trono frente a la invasión napoleónica. Se acuña una medalla en conmemoración de esta gesta y en su anverso figura desde ese momento el lema del Arma; LEALTAD Y VALOR.

Félix Arenas Gaspar.

El segundo verso recoge su patronazgo y su emblema, EL SANTO REY FERNANDO NOS GUÍA Y NOS PROTEGE. San Fernando, elevado a los altares en 1671 es declarado Patrono del Cuerpo de Ingenieros por R.O. de 2 de mayo de 1805, y parece ser que fue el mismo Príncipe de la Paz, Godoy, el que señaló a San Fernando como Santo Patrono del Regimiento Real de Zapadores-Minadores. El director-subinspector, D. Antonio Samper Samper, propuso la extensión del Patronazgo.

(…) las Direcciones y Comandancias del Cuerpo de España e Indias (…) y ha merecido la aprobación de S.M. (…).

Misa de San Fernando, en la capilla del Santo de la Catedral de Sevilla (Cortesía coronel Cabello Medina)

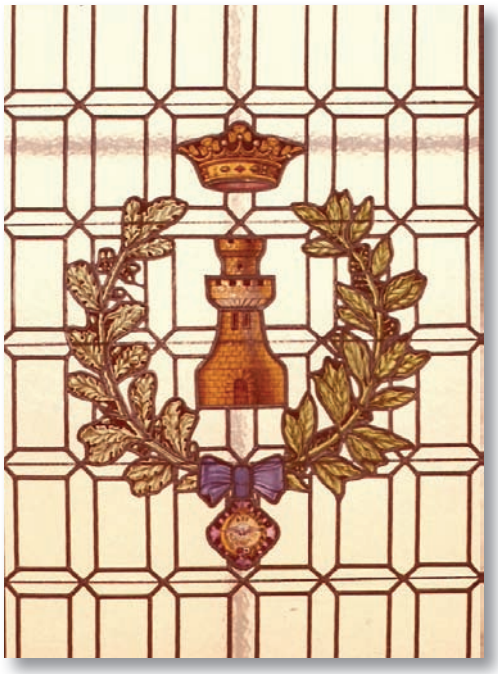
Desde ese día todos los Ingenieros veneramos el 30 de mayo la insigne figura de San Fernando y tenemos el privilegio de que una Unidad del Arma entre en la Catedral de Sevilla a tambor batiente, honra que se continúa cumplimentando en esa fecha.

CASTILLOS CON TROFEOS DE ROBLE Y DE LAUREL. Esta estrofa nos habla del emblema que se concedió a los Ingenieros por la Ordenanza de 1803. En un principio, siglo XVIII, no gozaron los primeros ingenieros de emblema alguno sobre su uniforme. Cuando se crea el Regimiento Real de Zapadores-Minadores y se define su uniformidad, aparecen tanto el emblema, un Castillo de plata, *(…) por ser dado a quienes los construyen y los defienden (...).* Más adelante se añadieron a su escudo, al igual que en los emblemas de otros Cuerpos, unas ramas de roble y otras de laurel, así como la corona real. Alfonso XII, añadió la Gran Cruz de la Orden de Civil de Alfonso XII, en el segundo Centenario de la creación del Cuerpo.

Escuchando las siguientes estrofas, el letrista nos va decir cómo actúan los Ingenieros y de ello deduciremos sus especialidades.

Preparando el terreno, dando paso y enlace
O asaltando la brecha, disciplina y unión
Con ingenio y destreza cumplamos la misión

PREPARANDO EL TERRENO DANDO PASO Y ENLACE. La primera misión general que se asignó a los Ingenieros fue la de *Fortificación*, tanto en la defensa como en el ataque. Derivada de ella tenemos las primeras especialidades, ZAPADORES y MINADORES que vemos aparecer en el Regimiento Real de Zapadores-Minadores. La primera se encargará de las misiones anteriormente indicadas, principalmente en campaña y la segunda vino a confirmar el uso de la pólvora entonces, para las minas y que, en aquellos años, asumía principalmente la Artillería.



Escudo del Arma de Ingenieros en una vidriera de la Academia de Ingenieros.

Además los primeros Zapadores facilitarán el paso de la artillería por los caminos y veredas y en 1815, surgen los PONTONEROS, que lo harían en los ríos y cortaduras, confirmando aquella frase, *(…) muchos son los caminos que conducen a la victoria, pero todos los abren los ingenieros*. También en esta bella estrofa, podemos incluir a las Unidades de FERROCARRILES, que han permitido el desplazamiento rápido de nuestras tropas y han estado presentes en Cuba y Marruecos, e incluso a las de AUTOMOVILISMO, cuando pertenecían al Cuerpo de Ingenieros, por idénticas razones.

Siempre ha sido necesario que el soldado se encuentre de alguna forma en contacto con su jefe. Primero fueron los escudos y cimeras, luego las banderas, completados con los toques de cuerno tambores y cornetas los que proporcionaron este contacto, pero luego fueron los Ingenieros con su

especialidad de TRANSMISIONES, los que van a garantizar de forma efectiva el «enlace». Su progreso, desde su aparición en 1860 como *Telegrafía Óptica*, lo vemos día a día, hasta llegar a las unidades de Transmisiones, que cuentan con los medios más sofisticados de comunicaciones y que permiten el éxito en las operaciones internacionales que estos últimos años se mantienen fuera de nuestras fronteras.

Continúa el Himno (…) O ASALTANDO LA BRECHA, (…). Estrofa que confirma la especialidad de MINADORES y la antigua de las tropas de zapadores, cuando protegidos con cestones y fajinas, realizaban las «zapas» que permitían acercarse a las cortinas y baluartes para derribarlos. Incluyamos también en esta estrofa a los actuales *Zapadores de Asalto* y *Zapadores Anfibios*, ampliamente utilizados en las últimas contiendas.

Transmisiones.

(…) DISCIPLINA Y UNIÓN (…). Que la *Disciplina* es una virtud que siempre ha adornado a nuestras tropas puede testificarse con el siguiente hecho histórico. En noviembre de 1873, a poco de proclamarse la 1.ª República, la indisciplina se fue extendiendo por todas las Unidades del Ejército en Cataluña. La tropa de un Batallón de Cazadores, alojada en un mismo acuartelamiento de Barcelona con dos compañías del Regimiento de Zapadores n.º 1, se rebeló ante sus oficiales, mientras que las de Ingenieros permanecieron leales bajo el mando de sus oficiales, hasta el punto de que eran saludadas militarmente, en señal de respeto, por las compañías amotinadas. Este comportamiento fue premiado con una distinción bordada en sus uniformes.

Zapadores anfibios.

Distintivo distinción.

CON INGENIO Y DESTREZA, CUMPLAMOS LA MISIÓN.

Según la Doctrina del Ejército, la forma de acción de los Ingenieros es el *trabajo técnico y*, precisamente por esa especial preparación técnica que supone *Ingenio y destreza*, es por lo que a través de la puerta abierta de INGENIEROS, todos los avances de la Ciencia y los grandes inventos de la Humanidad han tenido su entrada para su aplicación militar. Ferrocarriles, Telegrafía y Telefonía, Radiotelegrafía, Alumbrado, Automovilismo, Aerostación, Aviación y Guerra Electrónica, son buen ejemplo de ello.

Que los Ingenieros se caracterizan por su *ingenio y destreza* es de sobra conocido. En sus filas podemos encontrar a grandes hombres a los que el Cuerpo debe su organización y grandeza, como *José de Urrutia*, a quién debemos la creación de la primera unidad, el Regimiento Real de Zapadores-Minadores y *Antonio Remón Zarco del Valle*, creador de los Zapadores Bomberos, los Zapadores Jóvenes, la Brigada Topográfica y la revista Técnica Memorial. Grandes arquitectos, como *Francisco Sabatini* y *José Hermosilla*, a quienes debemos la Puerta de Alcalá y el paseo del Prado, entre otras obras, inventores como *Julio Cervera*, que consiguió la primera transmisión de voz por radio y *Alejandro Goicoechea*, inventor del TALGO. No faltan científicos y Académicos de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, como *Carlos Ibañez de Ibero* a quién se debe la fundación del Instituto Geográfico y Catastral y *José Marvá y Mayer*, creador del Cuerpo de Inspectores de Trabajo y ministro de Trabajo. En sus filas se encuentran hombres de letras como *José Almirante*, que nos dejó su extraordinario Diccionario Militar y su Historia Militar de España. En Ingenieros tenemos de todo…, incluso famosos toreros: Joselito fue soldado de Ingenieros en Sevilla y no cabe duda que fue un verdadero…diestro.

La segunda estrofa nos va a decir cómo han trabajado y trabajan nuestros Ingenieros y escrito parte de su historia. Leámosla con detenimiento.

Antonio Remón Zarco del Valle.

En paz, guerra, día o noche, trabajemos tenaces
Y empuñando las armas, superando al mejor,
Abnegados, valientes, por tradición y honor.

EN PAZ, GUERRA DÍA O NOCHE, TRABAJEMOS TENACES… Este verso nos expone el *cuándo*, el *dónde* y el *cómo* de la actuación de los Ingenieros y expresa su forma de actuar ahora y siempre, desde que algún zapador colocó la primera piedra en una fortaleza hasta el último mensaje transmitido por un operador de radio.

No importa la situación, ya sea día o noche, verano o invierno, llueva, nieve o haga un calor sofocante, trabajando para dar apoyo a sus compañeros de otras Armas en la *batalla* o la *paz*, como han demostrado en cuantas Misiones Internacionales han participado y participan, llegando hasta ofrecer su propia vida, al servicio de los demás.

Pero también, el Arma de Ingenieros, siempre está dispuesta para ayudar a la población civil en el caso de desastres, como lo prueba la ayuda humanitaria en las anteriormente citadas misiones internacionales, sin olvidar las innumerables veces que han trabajado en nuestro suelo, como en la gran *Riada* que provocó el río Turia a su paso por Valencia el día 14 de octubre de 1957, el montaje de puentes en Vendrell, Monleón o San Juan de Plan o ayudando a los automovilistas en el Plan de Contingencia Tormenta Blanca.

Los ingenieros en misiones internacionales. Puente Bailey en Vistad.

Pero añadamos un antecedente. Ingenieros, fue también de los primeros que formaron parte en fuerzas destacadas en «misiones internacionales de paz». En 1849, el papa Pío IX, solicitó ayuda a España a través del embajador D. Francisco Martínez de la Rosa, ante la actuación de las masas revolucionarias italianas. En el contingente enviado al mando del general Fernández de Córdoba, figuraba una Compañía del Regimiento de Ingenieros y sus servicios fueron tan agradecidos por Su Santidad que le fue concedida a la Bandera del Regimiento la Corbata de la Orden Piana.

Tal vez este servicio continuo a sus compañeros de Armas y a la población civil sea la razón por la cual, Alfonso XII le concedió la Orden Civil que lleva su nombre y el derecho a incorporarla a su escudo y tal vez haya sido la razón para que S.M. el Rey Juan Carlos I, pendiera del asta de la Bandera de la Academia de Ingenieros la corbata del Orden de Isabel la Católica el día 18 de mayo de 2011, día en que el Arma celebró su 3.er centenario.

O EMPUÑANDO LAS ARMAS, SUPERANDO AL MEJOR…

Que la forma de acción sea su trabajo, no quiere decir que Ingenieros no sea un Arma combatiente. Prueba de ello han dado sus Unidades a lo largo de sus 300 años de vida. No olvidemos que en la Doctrina se contempla que las tropas de Ingenieros pueden ser utilizadas como Infantería si las circunstancias del combate así lo exigen. Y cuando lo han exigido, ahí están los soldados de transmisiones defendiendo el Puerto de Los Leones o los zapadores del 250 batallón en Krasny-Bor, por poner un ejemplo de los muchos que podemos encontrar en su historia más reciente o la participación en la Batalla de Bailén de una compañía del Real Regimiento de Zapadores-Minadores

Este espíritu combatiente es el que ha supuesto que la lista de Caballeros Laureados sea larga e imposible de transcribir a un artículo como el presente.

Finalmente, el general Samaniego nos regala un verso que para todos los que portamos en la solapa un Castillo, hoy Torre Donjonada, nos emociona al declamarla, ya que define nuestra condición de INGENIERO

ABNEGADOS, VALIENTES POR TRADICIÓN Y HONOR.

BIBLIOGRAFÍA

Bandas militares en la España de la restauración 1874-1931. Frederic Oriola Velló.

Historia de la Música Militar de España. Ricardo Fernández de Latorre.

Músicos y Música de Ingenieros. Ricardo Fernández de Latorre. Revista Ejército.

Los himnos y marchas del Cuerpo-Arma de Ingenieros Militares. Luis de Sequera González. Memorial Arma de Ingenieros n.º 72 (2004.)

La música militar española en el siglo XVIII. Antonio Mena Calvo. Revista de Historia Militar (1999).

Las bandas de Música del Ejército del Aire. Jaime Aguilar Hornos. Revista de Aeronáutica y Astronáutica. Mayo 1985.

Compendio histórico. Centro Electrotécnico y de Comunicaciones 1904-1929. Benigno Pereda del Río.

Documentación facilitada por Isabel Lozano Martínez y Elsa Calero Carramolino de la Biblioteca Nacional de España.

Documentación facilitada por Eva María Folch Martínez, comandante del Cuerpo de Directores de Músicas Militares, directora de la Escuela de Músicas Militares.

Centro documental de la Memoria Histórica. Salamanca.

Archivo Vasco de la Música. (ERESBIL).

PROTOTIPO DE COGENERADOR DE 50 Kva

Juan José Calero Díaz
Stte. Especialista

BREVE BIOGRÁFICA DEL AUTOR

Ingresa en la ABGS en 1982, obteniendo el diploma de Sgto. Especialista en electricidad en 1985.

Es destinado al PCMMI Unidad en la que permanece destinado en la actualidad.

Licenciado en CC Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, esp. Cálculo automático.

Curso de programación de autómatas en la UNED.

Especialista Universitario en sistemas de diseño asistido y producción.

Cursos de doctorado y DEA 2009.

Actualmente, participa en el programa FRONTERA AVANZADA del MALE. Y forma parte del equipo de trabajo del RETOS ENERGYSIS, en el INTA.

Ha participado en las misiones de Bosnia_Herzegobina, Macedonia, Kosovo, Afganistán, Irak y Líbano.

Ha participado en cuatro campañas antárticas (2001-02, 2008-09, 2011-12 y 2016-17).

De todos es sabido, tanto la necesidad, como la dificultad, que supone el suministro de energía eléctrica, en cualquier campamento militar, en Territorio Nacional (TN) o en el exterior. Se pueden tomar como ejemplo, tres de las Misiones que en este momento España mantiene abiertas:

- Operación L/H (Líbano) en la Base de Marjayoun «Miguel de Cervantes».
- Operación A/I (Irak) Besmayha Base «Gran Capitán».
- Base Antártica Española Gabriel de Castilla (BAEGdC). Isla Decepción, Archipiélago Shetland del Sur (solo en el verano austral).

La huella de carbono que en nuestra atmósfera, provoca la combustión de ese gasóleo, (que tanto cuesta conseguir en muchas ocasiones) en el interior de los motores de los generadores, supone un reto para los ingenieros, que tratan de optimizar el rendimiento de las máquinas, utilizando diferentes técnicas, en muchos casos, innovadoras.

En este artículo, se presenta otra de esas nuevas tecnologías, que supone un ahorro importante en combustible, una mejora en la vida de los equipos y una disminución en la emisión de gases nocivos a la atmósfera.

En todas las misiones nombradas, se dispone del sistema de Telecontrol para Grupos Electrógenos (GE) y todos los datos que aquí aparecen, han sido extraídos mediante dicha vía.

Valga este apunte, como una muestra de lo dicho anteriormente.

Consumo de combustible de las plantas:

- Operación L/H. El gasto de combustible diario, está en torno a **4.500-5.000 l** dependiendo de la época del año.
- Operación A/I. El gasto de combustible, está en torno a **2.000 l** diarios, cifra que se puede ver incluso duplicada en verano.
- BAE GdC. El consumo de combustible, es de aproximadamente **450 l** diarios.
- Un pequeño análisis de los datos anteriores, conduce a las siguientes conclusiones:
- La necesidad de combustible en grandes cantidades, colocado en lugares de muy difícil acceso, con el riesgo implícito de la logística y por tanto, el incremento del precio del mismo, llegando a 10 veces el precio en TN.
- Los consumibles para el mantenimiento de los equipos, fundamental para el correcto funcionamiento de los mismos, que se encuentra con problemas logísticos similares al del combustible.
- Y además, el impacto medioambiental provocado por la emisión de gases efecto invernadero.

Añadido a los problemas logísticos y medioambientales mencionados, está el hecho de que la carga en los generadores, en cada momento, no es la misma, evidentemente, y esta, es función de la actividad y la zona en la Base que estemos considerando, es decir, en la zona de los talleres y almacenes, en cualquiera de las grandes Bases, salvo caso necesario, por la noche, el consumo de energía será mínimo, no así, en las zonas de vida.

Sin embargo, deben permanecer en marcha los grandes GE aunque su carga de trabajo sea del orden del 10 % de su potencia nominal, lo cual es antieconómico, por el gasto de combustible, malfuncionamiento del motor y como consecuencia de ello, una disminución de su vida útil, así como un aumento en las emisiones de . De hecho, se recomienda, que para un trabajo adecuado de los generadores, estos estén sometidos a cargas entre el 65 % y 85 %, de manera permanente, de su potencia nominal.

Para detallar más gráficamente la situación, se muestra el siguiente ejemplo:

Disponemos de un grupo electrógeno, de 50 kVA, que consta de un motor diésel y un alternador síncrono de 4 polos. ¿Qué velocidad de giro debe mantener el motor para asegurar una frecuencia de 50 Hz?

Teniendo en cuenta que:

$$n = \frac{f \;\; 60}{p}$$

Con:

- n: Velocidad de rotación del alternador, en revoluciones por minuto (rpm).
- f: Frecuencia en Hercios (50 Hz.)
- p: n.º de pares de polos del alternador (2 pares)

Por lo tanto:

$$n = \frac{50x60}{2} = \mathbf{1500rpm}$$

Es esta, la velocidad de giro constante del motor, en todo momento, en vacío (sin carga), o a plena carga del generador.

Sin embargo:

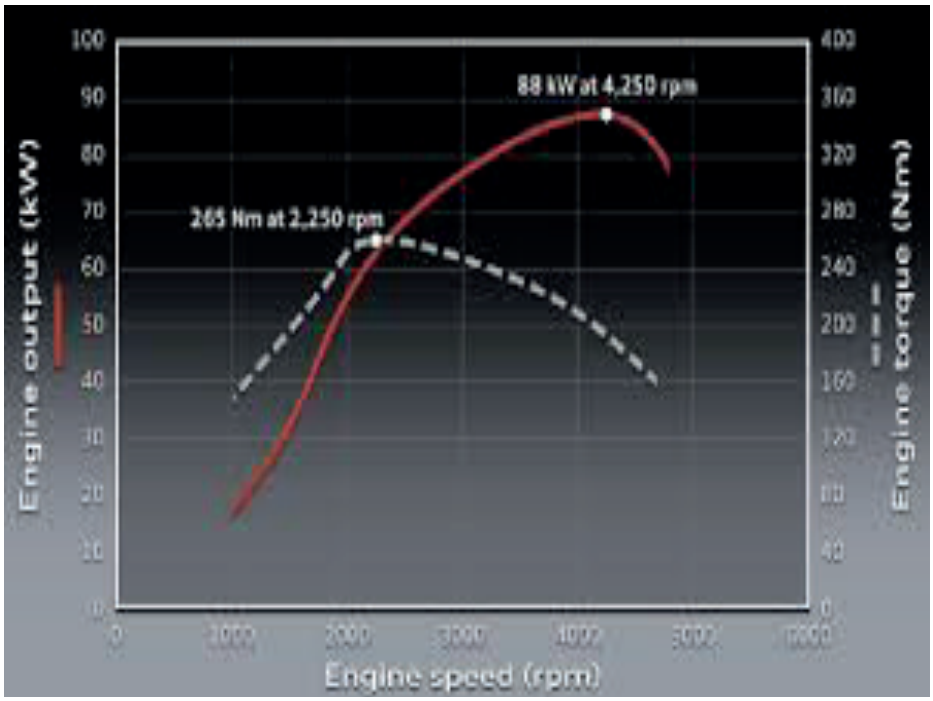


Fig.1.- Curva de par y potencia de motor de térmico.

A la vista de la Fig.1, en vacío, no sería necesario que el motor girase a 1.500 rpm, ya que como se puede ver en dicha curva, la potencia que proporciona el motor, es aproximadamente proporcional a su velocidad de giro, con lo que:

a) Para 1.500 rpm, el motor no suministra la máxima potencia.

b) Para potencias inferiores a la suministrada por el motor a 1.500 rpm, no sería necesario el giro del motor a dicho régimen.

De a), se deduce que si al motor diésel del generador del ejemplo de 50 kVA, le acoplásemos un generador de mayor potencia y el motor pudiera girar 2.000 rpm, conseguiríamos una potencia pico de 70 kVA, si no fuera por la imposición de giro constante, debido a la necesidad de mantener constante la frecuencia de la tensión de salida.

Además, de b), se infiere, que no sería necesario el funcionamiento del motor del GE a 1.500 rpm para cargas inferiores a las que proporciona el motor a este régimen, ya que el motor, entrega esa potencia referida a una velocidad de giro inferior, si no fuera, por

la imposición de la velocidad fija, impuesta, de nuevo, por la necesidad de mantener fijo el valor de la frecuencia de la tensión.

Por lo tanto en las condiciones actuales, la potencia del generador de 50 kVA es la que el motor puede dar a 1.500 rpm y es claro que si se consigue solucionar el problema de la frecuencia, o sea, la velocidad de giro constante, para esa misma potencia de 50 kVA, sería suficiente con un motor más pequeño, pero girando a una velocidad mayor.

Lo que aquí se está planteando, es una máquina, cuya velocidad de giro, sea proporcional, a la potencia demandada a la misma. Por tanto, la pregunta que se puede plantear a continuación, es: ¿qué ventaja o ventajas supondría esta nueva tecnología?

Para poder contestar a esta pregunta, se ha de pensar en lo dicho con anterioridad. La carga a la que se ve sometido un grupo electrógeno no es constante, en general, y suele tener determinada periodicidad, coincidiendo con las actividades diarias realizadas.

Con lo que, y contestando a la pregunta, se aprovecha toda la curva de potencia del motor, y el régimen del mismo, depende de la demanda de carga en cada momento. Por ese motivo y basándose en la idea anterior, se podría construir un generador de las mismas características que el del ejemplo, pero con un motor de menor cilindrada, ya que su máxima potencia, (50 kVA) la suministrará a la máxima velocidad y no a 1.500 rpm, pero además, el consumo de combustible deberá ser menor, ya que el motor será más pequeño, a lo que se añade, que rara vez los GE funcionan a plena carga.

Sumado al ahorro de combustible con respecto a un generador de velocidad fija, los periodos de mantenimiento se alargarán, pues el motor, estará **siempre** funcionando a la velocidad ideal, a la potencia requerida, lo que contribuirá a alargar la vida útil del motor y disminuirá las emisiones a la atmósfera de .

En los párrafos anteriores, se han tratado dos de las tres dificultades principales, con que cuenta el suministro eléctrico en cualquier Base o campamento provisto de GE:

- Ciclos de carga variable y adaptación de las máquinas a estos ciclos.
- Obtención del combustible y consumibles de mantenimiento.

En cuanto a los ciclos de carga variable, poco se puede hacer, ya que, las actividades son las que son y los ciclos de carga, como se ha comentado con anterioridad, dependen directamente de estas.

Sin embargo, con una máquina que se adapte en cada momento a la carga solicitada, optimizando el funcionamiento de la misma, en lo posible, se minimizará el hecho de tener ciclos de carga variable, pero además y resumiendo:

- La máquina tendrá un peso menor (Menor relación peso/potencia).
- El consumo de combustible, será menor.
- Los ciclos de mantenimiento se alargarán.
- La vida del motor, se prolongará.

Fig. 2.- Prototipo cogenerador de 50 kVA.

El reto es importante y plantea diversas dificultades técnicas:

a) Control de la velocidad del motor, adaptándola a la carga solicitada en cada momento.

b) Conseguir una salida de tensión de la máquina con valores eficaces constantes en tensión y frecuencia.

c) El contenido en armónicos sea adecuado para su funcionamiento con cualquier equipo.

Para poder resolver la cuestión planteada en el apartado a), es necesario que el motor diésel pueda ser controlado electrónicamente desde el exterior, por lo que son ideales para ello los motores cuya aplicación es la automoción, ya que el control de su régimen es a través del pedal del acelerador, un dispositivo exterior al mismo. Solamente es necesario conseguir que esa señal, sea la adecuada en cada momento.

La principal dificultad en el desarrollo de una máquina que funcione a velocidad variable, es sin duda, tener una tensión y frecuencia fijas. Este es un trabajo que corresponde a la **Electrónica de Potencia**, rama de la electrónica que se ocupa de «gestionar» las grandes cargas.

De hecho, esta idea, no hubiera sido posible implementarse, 20 años atrás. Un ejemplo de funcionamiento de máquina generadora a velocidad variable, se puede obtener en los grandes aerogeneradores conectados a red. Estas máquinas disponen de los equipos necesarios para poder ceder la energía que generan con unas condiciones de

tensión y frecuencia fijas, aunque la máquina gira a una velocidad, que depende de la intensidad del viento en cada momento.

Por tanto, para la resolución del problema de mantener constante el valor de la tensión y la frecuencia a la salida de la máquina, se ha aprovechado una tecnología que hoy está suficientemente madura y empleada en aerogeneradores, pero no empleada en grupos electrógenos, por lo que, no se trata de un desarrollo novedoso, sino que es un traslado de tecnología, a un campo, no empleada hasta ahora, adaptándola a la nueva necesidad.

Con respecto a la supresión de los armónicos a la salida, es decir, conseguir una señal lo más «limpia» posible, se debe emplear la técnica de filtrado, desarrollada a día de hoy suficientemente, para cumplir con las exigencias en esta materia, de todos los equipos susceptibles de ser conectados en la máquina.

Como puede inferirse de todo lo expuesto, el concepto de la máquina, es completamente diferente a lo que se «acostumbra» a ver en GE, y esto, hace que la dificultad en su implementación sea importante, por no tener experiencia en la integración de las diferentes ramas tecnológicas y científicas confluyentes en la máquina.

Las desventajas, que por su puesto, existen, se pueden enumerar:

- Mayor complejidad tecnológica.
- Mayor precio de mercado.
- Formación del personal.

Por fin, como resultado de los años dedicados a la investigación en el funcionamiento y diseño de GE, así como el avance tecnológico en las diferentes ramas involucradas en la máquina, se ha desarrollado un prototipo de cogenerador, de 50 kVA, a velocidad variable, con un sistema de aprovechamiento del calor residual, dotado de un interacumulador cuya capacidad es de 500 l, para Agua Caliente Sanitaria (ACS) que se calienta a 75º C, con la posibilidad de un doble circuito para instalar un sistema de calefacción, o un segundo sistema de recuperación.

El desarrollo e implementación de este prototipo ha sido en colaboración con:

- **ITM.**
- **Empresa GRUMADISA.**
- **PCMMI.**

El prototipo se ha desarrollado en dos fases:

- En la primera, que se inició en 2010, se diseñó y fabricó el generador a velocidad variable. Se establece un protocolo de pruebas, y se realizan estas, concluyendo con los resultados que se mostrarán a continuación.
- La segunda fase, constituyó el desarrollo e implementación del módulo de aprovechamiento térmico, integrado en el GE de velocidad variable. Se diseña un calendario de pruebas y valoraciones. En 2013 se finaliza el proyecto.

A continuación, se va a exponer brevemente la composición y funcionamiento de cada uno de los conjuntos, por orden cronológico.

Generador a velocidad variable

Sus características técnicas son:

- Potencia 50 kVA.
- Factor de potencia 0,8.
- Tipo de tensión: Trifásica con neutro 400 V, 50/60Hz.
- Modos de funcionamiento: Isla, Vigilante de tensión y Paralelo (cogeneración).

El **motor**:

Fig. 3.- Motor Deutz modelo: TD 2011 L04W

El **alternador**, también en su diseño y concepción es novedoso.

Fig. 4.- Alternador Stanford de Imán Permanente y Flujo Axial.

Por tener una idea del tamaño del alternador comparado con los alternadores estándar, se muestra a continuación una fotografía comparando este alternador, con un alternador estándar de la misma potencia.

La característica de este alternador, es que no tiene ninguna parte que experimente rozamiento, es decir, carece de rodamientos, su montaje es sustituyendo al volante motor, la rueda polar del alternador y el estator, fijado a la carcasa motor mediante tornillería. Como el alternador es de imán permanente, no dispone de regulador de tensión, lo que facilita el control del mismo.

Como puede observarse, la apreciable diferencia en tamaño, hace también que el equipo, pese menos que un GE estándar de la misma potencia.

Seguidamente, se muestra el bloque de electrónica de potencia para acondicionamiento del valor de la tensión y frecuencia.

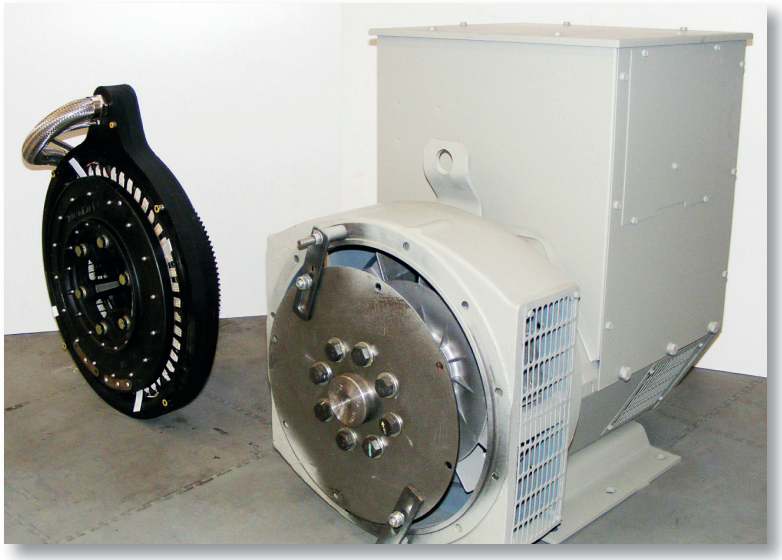


Fig.5.- Comparativa en tamaño de alternadores de la misma potencia.

Para poder realizar su función, el acondicionador de potencia (PCS de las siglas en inglés), primero rectifica la tensión generada en el alternador, de frecuencia y amplitud variable, para luego después, volverla a ondular en un inversor, a una frecuencia y amplitud constante, siendo por tanto, la frecuencia de salida completamente independiente de la velocidad de giro del motor, y teniendo la posibilidad, de elegir entre 60 Hz o 50 Hz, con solamente programarlo en el equipo de control.

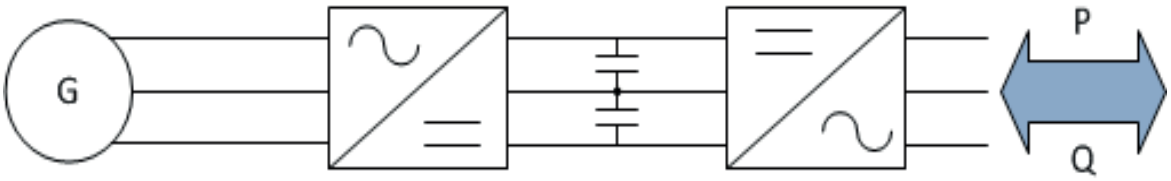


Fig. 6.- Diagrama de Bloques de la Electrónica de Potencia.

En la figura 6, se puede ver un diagrama de bloques de los componentes más importantes de que consta el PCS y a la vista de dicho esquema, se justifica la independencia de la frecuencia con respecto a la velocidad de giro del motor.

A todo ello, se le añade su cuadro eléctrico de control, con un equipo de la marca DEIF – EC1, que mediante can-bus, se comunica con el motor, y con la electrónica de potencia para coordinar el funcionamiento del equipo.

A continuación, se muestran algunas fotografías de este equipo,

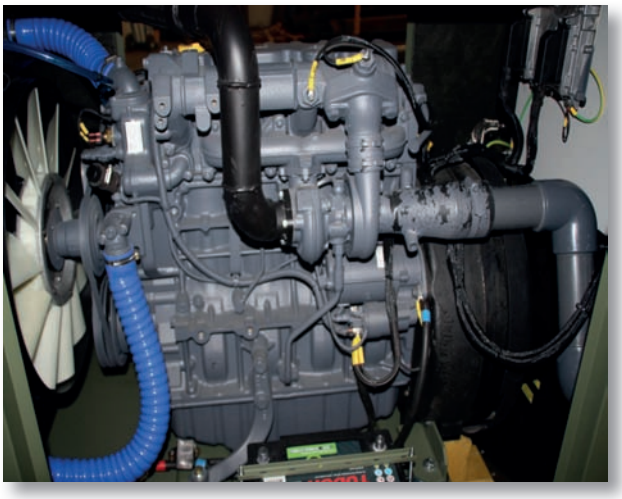


Fig. 7.- Detalle de acoplamiento motor – alternador

Después de describir el generador, se mostrará el sistema de aprovechamiento de calor, integrado en el mismo chasis y aprovechando para su funcionamiento, tanto los gases de escape del motor, como el líquido refrigerante del mismo.

Fig. 8.- Detalle del cuadro eléctrico.

Fig. 9.- Generador terminado.

Recuperador de calor

Las características técnicas del mismo son:

Intercambiador agua caliente motor:

- Potencia calorífica: 50.000 kCal.
- Salto térmico: 8º C.
- Caudal: 6.25 /h.

Intercambiador gases de escape motor:

- Potencia calorífica: 100.000 kCal.
- Salto térmico: 200º C.
- Superficie recuperación: 14
- Caudal 2 /h.

Acumulador:

- Capacidad: 500 l.
- Temperatura máxima de salida de agua: 75º C.

Seguidamente, se muestra un diagrama de flujo, que indica un esquema su funcionamiento.

Como puede observarse en el plano, hay instaladas dos electroválvulas, señaladas con los n.º 1 y n.º 2, que en función de las temperatura y el modo de funcionamiento, dirigen el líquido refrigerante del motor hacia el radiador o hacia el acumulador de agua, señalado con el n.º 3.

Así mismo, en el circuito de salida de gases, existe una válvula, accionada con un servomotor, que encamina los gases, directamente hacia el escape, o por el contrario, le hace pasar por el intercambiador de calor, para que este caliente el agua del segundo circuito de calentamiento.

Este circuito puede aprovecharse para calentar el agua del acumulador, o puede usarse como portador remoto de calor en un circuito de calefacción.

El equipo dispone de 8 puntos de toma de temperatura, las cuales, son enviadas a un dispositivo programable, que decide la posición de las electroválvulas y del servomotor en función de los valores de las mismas.

Posteriormente, se decidió eliminar la toma de temperatura de entrada de agua fría y la toma de temperatura de entrada de agua caliente del motor, con lo que quedaron 6 tomas de temperatura como se muestra a continuación.

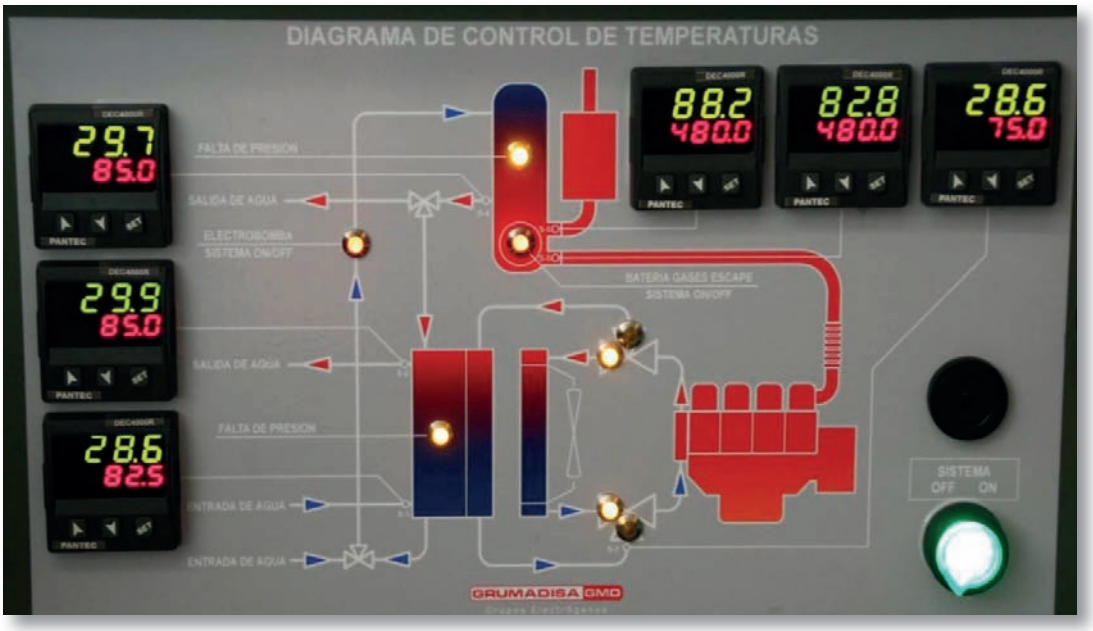


Fig. 10.- Cuadro control recuperador de calor

Seguidamente, se muestran algunas fotografías, que detallan la fabricación e integración del módulo de recuperación térmica, en el generador inicial.

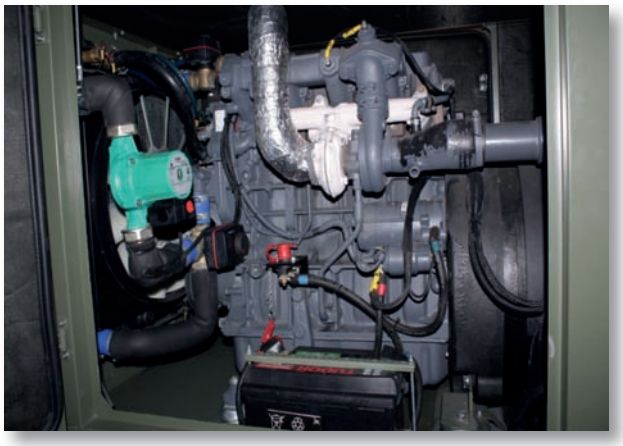


Fig. 11.- Detalle de electroválvulas y bomba de apoyo (Color verde).

Fig 12.- Acumulador e intercambiador de gases.

Fig. 13.- Cogenerador completamente terminado.

Por último, se exponen los resultados de las pruebas realizadas al prototipo, comparándolo con un generador estándar de las mismas características.

Para diseñar el protocolo de pruebas, así como el nivel de las cargas para cada instante, se ha empleado como modelo, la actividad diaria, de una unidad militar tipo compañía, desplegada en zona de operaciones (ZO) con un total de 90 hombres, entre personal de tropa, oficiales y suboficiales. Se elige una época del año, en que las temperaturas son medias, 23º-24º C, durante el día, pero durante la noche y la madrugada, las temperaturas pueden bajar a niveles cercanos a 0º C.

La composición de la unidad es como sigue:

- Capitán
- 3 oficiales
- 9 suboficiales.
- Auxiliar
- 60 Tropa.

La distribución del personal, en su alojamiento, está hecha de la siguiente, manera:

- Capitán. Un Contenedor
- 3 oficiales. Un contenedor
- Suboficiales alojados en contenedores de 3
- Tropa. Alojados en contenedores de 6 hombres.

Cada contenedor dispone de un equipo de frío-calor con una potencia estimada de 1,5 kW.

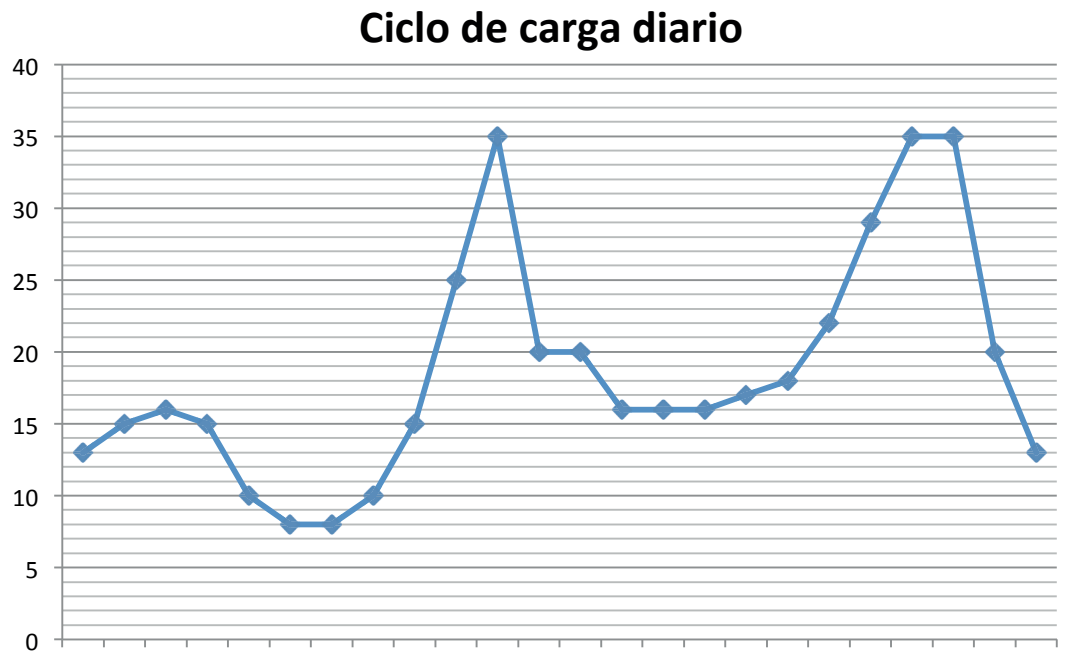


Fig. 14.- Ciclo de carga diario.

Conclusiones finales

Consumo medio generador velocidad variable: 6,10 l/h.

Consumo medio generador estándar (patrón): 7,21 l/h.

El ahorro medio de combustible se estima es un 14 % en un ciclo de carga de las características del aplicado en la prueba. No obstante se puede hacer un estudio de los ahorros parciales en cada cuarto de ciclo, y se puede concluir como es el ahorro en diferentes curvas de carga.

Primer cuarto de ciclo:

Grupo patrón: 9,91 l/h

Grupo prototipo: 8,68 l/h

Ahorro total 13 % (inferior al valor medio)

Segundo cuarto de ciclo:

Grupo patrón: 5,89 l/h.

Grupo prototipo: 4,36 l/h.

Ahorro total 26 % (aprox. El doble del valor medio)

Tercer cuarto de ciclo:

Grupo patrón: 6,91 l/h.

Grupo prototipo: 6 l/h.

Ahorro total aproximado 14 % (valor medio)

Último cuarto de ciclo:

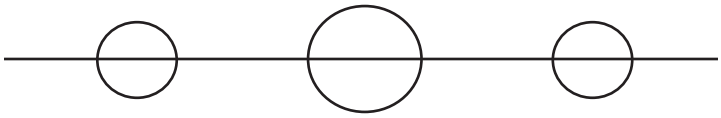
Grupo patrón: 6,15 l/h.

Grupo prototipo: 5,36 l /h.

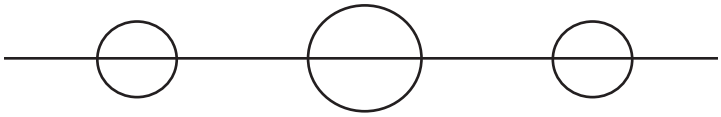
Ahorro aproximado 13 % (inferior al valor medio)

A la vista de los resultados, en el rango de cargas comprendido entre 0 y 15 kW (Nivel correspondiente al segundo cuarto de ciclo) el ahorro en combustible llega a ser el doble de la media para un ciclo de carga de estas características.

Como reseña, cabe destacar, que este diseño fue premiado con el premio a la innovación en el ámbito de la logística en 2016, y en este momento, la máquina se encuentra en la BAE Gabriel de Castilla, formando parte de un proyecto de I+D, a lo largo de dos campañas (2016-17 y 2017-18), para la evaluación del rendimiento del prototipo en ambientes extremos.



Novedades del Arma



Ascensos

A CORONEL

Rafael Moreno Farras
Jesús Martínez Soriano
Antonio Membrillo Bonilla
Jesús González Laso de la Vega
Francisco de Paula Manjón Blasco
Jesús Enrique Álvarez Zapatero

A TENIENTE CORONEL

Juan Antonio Puime Maroto
Miguel Alejandre Martínez
Fernando Almale Morales
Francisco Cañete Hidalgo
Miguel Ángel San Emeterio Outón
José Antonio Bueno Hernández
Juan Carlos de la Calle Velázquez
Jesús Reguera Sánchez
Ricardo Jesús Fuentes Mejías
Pedro Javier Andrada Márquez
Jorge Garris Mozota
Moises Salvador Acha Domínguez
Juan Arribas Molina
Samuel Bautista Gálvez García
Victoriano Morant Mahiques
Carlos Luis López Alonso

A COMANDANTE

Plácido Hernández Muñoz
Fernando Yepes Rodríguez
Santiago José Martín García
Beatriz Gámez Martínez
Gabriel Jesús Sanz Melian
Sara Miguel Urrez
Epifanio Prieto Yepes
Jorge Martínez Corbalán
Pedro Pablo Gómez Martín
Juan Pablo Laray Aguilera
José María García Muñoz

A TENIENTE

Juan José Mompo Marco
Andrés García Pérez
Abayuva Villot García
Beatriz García de Blas Caso
José Luis Perea Tejero
Álvaro Pérez Romero
Almudena Martínez García
Juan Antonio Pérez García
Sandra Pérez Pinos
Antonio Tejeda Velarde
Javier García Sánchez
Pablo David Chico Carracedo
Isaac Fontaneda Revuelta
Santiago Miguel Vázquez Fernández
Antonio Jiménez Moreno
Daniel Pando Luena
David Salas Andrés
Marcos Ramón Aparicio Pelaez
Alfonso Bogalo Chaparro
Carlos Barquín Portillo
Olalla Buenadicha Palma
Guillermo Arias González
Jaime Salcedo Gómez
Bartolomé Ainaro Boixareu
Adrián Simón Perrino
Gonzalo Saiz Hontangas
Luis De Felipe Ormeño
Martín Segado Pontón
Carlos Díez de la Fuente Díaz
Alejandro Pinto Camacho
Miguel García Montero

Jesús Heredero Lahoz
María Padilla Echevarría
Alejandro García Murga
Carlos Manuel Guerra Llamas
Ignacio Soler Coarasa
José Manuel Llorente Rubio
Sergio García Mena
Pablo Álvarez Balsa
Fernando Almansa Jiménez
José Ignacio Raya Contreras
Eduardo José Barrón Montojo
Juan José Trives Vivancos

A SUBOFICIAL MAYOR

Francisco José Rodríguez Díez
Carlos Augusto Huerta Seisdedos
Justiniano Santiago Durán

A SUBTENIENTE

Emilio César Álvarez Sánchez
Juan Carlos Pinilla Robledillo
Gonzalo Sánchez Gracia
Aurelio Salvador Luján
Eulogio Rubio García
Germán Blanco Rodríguez
Salvador Díez Sanz
Miguel Ángel Francisco Lara
Juan José Sánchez López
Ángel Moya Marín
Simeón Ruiz Muñoz
Pedro Manuel Paniagua Iglesias
Juan Álvaro Melero Martínez
Alberto Gan Bernad
Vicente Salvador Luján
Santiago Marín Gracia
Antonio Ruiz Serrano
José Luis López Toledo
Alfonso García Palomares
Juan Flores Gálvez
Fausto Antonio Martínez García
Enrique Fernández Romero
Francisco Javier Santos Gasulla
Luis Pedro Ariza Navarro
José Arjona García
Andrés Miguel Mínguez Cavia
Mariano García Rubio
Roberto Gómez García
Manuel Ponce Ortiz
José Antonio Gorrón Olalla
Antonio Olid Muñoz
Alberto Garrido García
Juan Roque Martínez Sánchez
Antonio Herrera López
Antonio Collado Fernández

A BRIGADA

Diego Núñez Macías
Ángel Luis Rodríguez Márquez
David Prieto Acevedo
Rafael Novoa García
David Caballero Gómez
Luis D. Muñoz Navascues
Antonio Mato Villamayor
Luis Javier González Fernández
Eduardo C Núñez Jiménez
Rubén Nájera Hernández
Óscar Chamizo García
Domingo Pacheco González
Javier Lafuente Yagüe
Juan A Revuelta Ponga
Javier Rina Alonso
Juan Hornero Royes
Fidel González Cao
Ángel Luis Souto Ferreiro
Fco. Manuel Mendoza López

Marcos Martínez Otero
Jacobo Marcial Sambade Lema
Dionisio Benjumea Pin
Antonio Marín León
Rafael García Lorente
Miguel Juan Ángel Zamorano
Raúl Orozco Carramolinos
José Ayllón Andújar
José Caravaca Tamayo
Óscar Rodríguez Ubreva
Pedro Miguel Guerrero Maurazos
Vicente Manzanares Álvarez
Francisco Huerta Estruga
Fco. José Dobón Bujeda
Fernando Fernández Barrio
Fernando Lucas Fernández
Manuel Cabezas Rodríguez
Alfredo Sánchez Alba
Ernesto R. Peñalver Ibáñez
Óscar Rodríguez Castellanos
Juan Sánchez Palomar
Jorge García Masuncos
Miguel Ángel Vela Martín
David Tablero Monseco
Roberto Saldaña Rey
Sergio Pérez Rincón
Enrique Sánchez Manglano
José Antonio Ortiz Jovellar
Mario García Ortiz
David Delgado Lozano
Daniel Salas Gálvez
Óscar López Pérez
Óscar Díaz Mañas
Vicente Navarrete Martínez
Juan Ives Bourgeon De Mora
Virginia Juez Nogales
Luis García Álvarez
Carlos Gamella Pérez
Carlos Grao López
Antonio García Romero
José Miguel Sánchez Cabrera
Manuel Sánchez Díaz
Carlos Sánchez Hernández
Raquel Moradillo Usabel
Raúl Hernández de Rueda
María Zobeida Acuña Hernández
Raúl Martínez Sierra
José Pardo Torres
Juan Manuel Moreno Vázquez
Antonio J Gómez Hocajada
Ángel David Álvarez Blanco
José Luis de Toro de la Rosa
Alberto Javier Palacios Núñez
José Monferrer Montoro
Abkalum Moktar Mohand
Ángel Luis Holgado Velasco
Ismael Chaves Montero

A CABO 1.º

Javier Pérez Muñoz
Jesús Guillermo Benajes González
Manuel Luque Ruiz
Concepción Fernández Pérez
Héctor Morán Navarro
Miguel Touriño Rouco
Alejandro Ruiz Hernández
Víctor Márquez Arribas Cristóbal
David Gregores Rodríguez
Virginia González Ceinos
Marco Antonio Jiménez Macias
José Bresso Verdu
Juan José Parraga Santander
Joaquín Jesús García Barrero
Álvaro Fuster Lluch
Juan José Espinosa Sánchez
Milagros Ramos Fernández
Noemí Garro Tarango
Marina del Pilar Calderón Peorazo
José Alberto Parreño Méndez

Jorge Armando Chávez Livia
Marta Teresa Villar Aranega
Virginia Alonso Benavent
Germán Burgos González
Antonio Gago Santos
Ángel Pirt Polo
Emilio José Hernández Bretones
Paz Marcos López
Ramón Quiroga Baquera
Damián Pérez Vera
Juan Carlos Muñoz Gutiérrez
Antonio Pintor Ortega
Inmaculada Raya Polonio
Yago Burgaz Esteban
Francisco Mateu Herrada
José Ramón Gómez García
Fernando Dueso Campos
José María Sánchez Luque
Gustavo Lambas Maroto
José Jorge González Melian
Víctor Manuel Blanco Miguelez
Ángela Yagüe Álvarez
Cristina Muñoz Torres
Rubén Torres García
María Gema González Molina
Diego Vázquez Porras
Vanesa López Ortega
Francisco Serrano Ortega
Isabel Rodríguez De Blas
Ester García Donas Morales
María José Pichardo Ramos

DÍA DE LA UNIDAD RT 22

La antigüedad del Regimiento de Transmisiones 22 se remonta al 2 de noviembre de 1904, fecha de creación del Centro Electrotécnico y de Comunicaciones (CEYC) del Ejército, origen de la Unidad y precursor de sus actuales cometidos en todo el territorio nacional y Zonas de Operaciones. Desde 1904, la identidad del Regimiento se ha asociado de forma continuada con la Red Radio Militar Permanente y con la labor de sus Escuelas (desde la Escuela General Central de Telegrafía, la de Automóviles, Radiotelegrafía, Central de Trasmisiones y Estudios Tácticos de Ingenieros, hasta las actuales Escuelas Técnicas). A partir de 1939, también sentó las bases de la moderna Guerra Electrónica, con los Servicios de Escucha, Radiogoniometría e Interferencia Radiada.

El Regimiento de Transmisiones 22 ha prestado sus servicios al Ejército durante más de un siglo, a través de cuatro Redes Permanentes:

- Red Radiotelegráfica Militar Permanente (RRMP) de 1907 a 1980, incluida la Guerra Civil, en la que las 23 Estaciones se repartieron entre los dos bandos.
- Red Territorial de Mando (RTM) entre 1978 y 1997.
- Red Conjunta de Telecomunicaciones (RCT) entre 1992 y 2002.
- Red Global de Telecomunicaciones (RGT) del Ministerio de Defensa desde 2002.

El Regimiento ha sido la cuna de la radio y del automovilismo militar en España. Ha participado en las campañas de Marruecos, Guerra Civil, Rusia e Ifni-Sahara, además de las recientes operaciones humanitarias y de mantenimiento de paz. Varios componentes del Regimiento fueron condecorados con la Cruz Laureada de San Fernando, seis Medallas Militares individuales y múltiples Cruces al Mérito Militar con distintivo Rojo, que unidos a los fallecidos en combate o en acto de servicio dan testimonio del permanente servicio realizado por esta Unidad al Ejército y a España.

En la actualidad, el Regimiento sigue prestando sus servicios a través de sus 70 Centros de comunicaciones, CECOM (incluidos los de Zona de Operaciones), en informática, apoyo al usuario de los sistemas, apoyo logístico y medios audiovisuales, respondiendo a la necesidades del Ejército de Tierra y atendiendo los compromisos asumidos en el ámbito conjunto en relación a las redes de telecomunicaciones.

El 2 de noviembre se conmemora su aniversario, se realiza un austero, pero emotivo acto Militar, este año presidido por el general jefe de la JCISAT, Excmo. Sr. D. Joaquín Salas Alcalde, en el que se recuerda la historia del Regimiento se imponen condecoraciones y se efectúa un Acto a los caídos y además desde hace unos años, se nombra un soldado honorífico del Regimiento de Transmisiones 22 teniendo en cuenta los valores de la persona y su relación con las FAS, o lo que ellas representan. En los últimos años cabe destacar el nombramiento de:

- Matías Prats Luque (Periodista)
- M.ª Teresa Perales Fdez. (Campeona natación Paraolímpica)
- Pedro Duque Duque (astronauta)

Este año, ha sido nombrado soldado honorífico del RT 22 el Sr. D. Augusto Ferrer Dalmau, en atención a su dilatada trayectoria profesional, tesón, vocación por la milicia y el prestigio que para España y sus FAS, supone que haya sido el primer pintor español que acude a una misión en el exterior, permaneciendo en Zona de Operaciones de un conflicto como Afganistán o Líbano y conviviendo con nuestras tropas además de dibujar y tomar apuntes, como colaboración con el Ministerio de Defensa.

Foto 01: JCISAT con Ferrer Dalmau (Foto: RT 22)

Además de estos Actos realizados en la sede del RT 22 en el Acuartelamiento Capitán Sevillano, en Pozuelo, en los diferentes acuartelamientos, y en la medida de las posibilidades de cada uno de ellos y las dimensiones en cuanto a personal del mismo, se realizan pequeños actos conmemorativos, que van desde la lectura en la orden de la base de la efemérides de la creación del Regimiento hasta sencillos actos como el representado en la COMGEBAL, que además fue presidido por el propio general comandante Militar de Baleares GD Excmo. Sr. D. Juan Cifuentes Álvarez, en el que se configuró una sencilla formación en el patio del Palacio de la Almudaina y se cantó el himno del Regimiento.

Foto 02: Unidad RT 22 Baleares con COMGEBAL (Foto: Bt Iv/22)

Foto 03: Ferrer Dalmau a recoger Nombramiento (Foto: Rt 22)

SAN FERNANDO Y LA LAUREADA AL REGIMIENTO DE INGENIEROS

Ángel Sevillano Queipo de Llano
Coronel jefe del Regimiento de Ingenieros 7

El próximo 30 de mayo los Ingenieros celebrarán San Fernando. En Ceuta son varias las unidades militares que le honran como patrón: El Regimiento de Ingenieros 7, la Compañía de Transmisiones 17 del Batallón de Cuartel General, el Centro de Comunicaciones del Regimiento de Transmisiones 22 y el Destacamento de la Comandancia de Obras.

Escudos de las unidades de Ingenieros y Transmisiones de Ceuta

Pero este año, además de honrar a nuestro santo patrón, celebramos algo muy poco frecuente y que nos llena de orgullo a todos los Ingenieros Militares. Tras los informes recabados por el Instituto de Historia y Cultura Militar se ha reconocido al regimiento el derecho al uso en su estandarte de la corbata de la laureada colectiva de la Real y Militar Orden de San Fernando que le fue concedida al Regimiento Real de Ingenieros por Real Orden de 27 de agosto de 1856, por los sucesos de los días 14, 15 y 16 de julio de 1856, como heredero directo de este. La colocación de esta laureada colectiva es un motivo de enorme satisfacción al tratarse de la más alta condecoración militar que existe en España. El Regimiento de Ingenieros, tras varios cambios de ubicación en diferentes ciudades de España, en 1910 con motivo de los acontecimientos ocurridos en el Rif, es destinado a Ceuta, ciudad en la que permanece ininterrumpidamente desde entonces.

Un corto relato de la acción, escrito según las crónicas de la época, en el marco de la inestabilidad política y social de la España del siglo XIX, nos puede dar una idea de los motivos de la concesión de la tan prestigiosa condecoración: «El 16 de julio de 1856 aparecieron barricadas en Madrid. El Ejército, mandado por los generales Leopoldo O'Donnell, Francisco Serrano y Manuel de la Concha, asaltó las calles de Madrid y acabó con los pocos núcleos de milicianos que aún quedaban. El 16 de julio, Madrid estaba dominada militarmente por estos tres generales. También hubo sublevaciones en Valencia, Málaga, Zaragoza, Barcelona, Huesca, Teruel. Todas fueron reprimidas. La

Milicia Nacional estaba acabada definitivamente, quedó desorganizada y desarmada porque el Gobierno de Espartero así lo había querido desde 1854 para evitar el peligro de sublevaciones».

«El Regimiento de Ingenieros tomó parte en los ataques. Dos compañías de zapadores, provistas de herramientas, abrían el paso por el interior de las casas de ambas aceras de la calle de Alcalá a fuerzas de los regimientos de la Reina y Príncipe, que sucesivamente las iban ocupando y coronando sus balcones. Una compañía de zapadores se lanzó entonces, en medio del horroroso fuego que se hacía por ambas partes, tratando de abrir un boquete en la tapia del jardín de Villahermosa a fin de facilitar por él la entrada a las tropas. Este nuevo acto de valor costó también bastantes víctimas. Al mismo tiempo que esto tenía lugar, otra compañía de zapadores que ocupaba el edificio del Banco de España avanzó hasta ocupar la casa contigua hostilizando al enemigo por aquel lado…».

Corbata original de la Laureada Colectiva de la R.M.O. de San Fernando impuesta por la reina Isabel II en 1850 que se conserva en la Sala Histórica del Regimiento en el acuartelamiento «El Jaral»

Corbata de la Laureada Colectiva de la R.M.O. de San Fernando que será impuesta el próximo martes 30 de mayo por el comandante general de Ceuta al estandarte del Regimiento de Ingenieros 7 en la parada militar que tendrá lugar en «El Jaral»

Fernando III, que cuenta con una hermosa estatua en nuestra ciudad, fue una de las más grandes figuras de la Edad Media:

— Como rey supo mantener íntegra su autoridad y reducir a la nobleza; fue: firme, sin violencia; bondadoso, sin debilidad; generoso con los vencidos, humilde y con elevado sentido de la justicia. Impulsó las ciencias, las artes y las letras, la ingeniería y la arquitectura e impulsó el uso del castellano como idioma oficial de sus reinos en sustitución del latín.

— Como militar conquistó para la Corona de Castilla entre otras las plazas de Córdoba, Murcia, Jaén, Sevilla y Cádiz, quedando solamente sin reconquistar el reino de Granada.

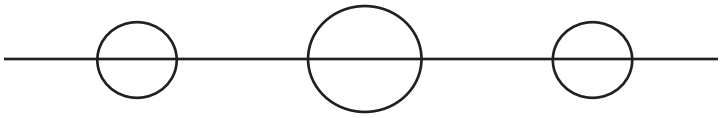
— Como santo fue elevado a los altares por sus virtudes cristianas.

Murió en Sevilla, el 30 de mayo de 1252, fecha en la que los Ingenieros le honran como Patrón desde que, por Real Orden de 2 de mayo de 1805, se pusieron bajo su protección.

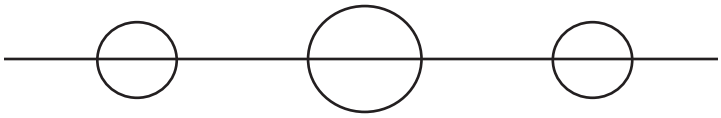
Estatuas de San Fernando y San Hermenegildo en la Plaza de los Reyes

Detalle de la estatua de San Fernando

De ahí el Patronazgo de San Fernando, ejemplo de hombre, el más grande su época, a él, como siempre desde 1805, los Ingenieros le imploramos que nos siga protegiendo, que vele por nosotros y por nuestras familias, por el bien de nuestro Ejército y, en definitiva, por el bien de Ceuta y de España.



Noticias de la Academia



ASCENSO JEMAD

El Consejo de Ministros celebrado el 24 de marzo ha promovido a general de Ejército y nombrado jefe de Estado Mayor de la Defensa (JEMAD) a Fernando Alejandre Martínez, a propuesta del presidente del Gobierno. El nuevo JEMAD, que nació en Madrid en 1956 y procede del Arma de Ingenieros, cuenta con una notable y dilatada experiencia operativa en el ámbito internacional. A lo largo de sus 38 años en las Fuerzas Armadas, el teniente general ha destacado por su plena entrega, dedicación y excelentes resultados en cada una de las responsabilidades que ha asumido.

Recibió el despacho de teniente de Ingenieros en la Academia General Militar de Zaragoza en 1979. Como teniente fue destinado al batallón de Ingenieros Paracaidistas, en el que, como capitán, mandó la compañía de Zapadores Paracaidistas. Tras diplomarse en la Escuela de Estado Mayor del Ejército, regresó a la Brigada Paracaidista durante un año, antes de ser destinado a la Escuela de Estado Mayor del Ejército de Tierra como profesor de táctica.

Al ascender a teniente coronel fue el jefe de Estado Mayor del Mando de Ingenieros y tres años después estuvo en el Estado Mayor en el Centro de Operaciones Terrestres de la División de Operaciones del Estado Mayor del Ejército de Tierra. En 2003 pasó destinado al Cuartel General de la Fuerza de Acción Rápida como jefe de la Sección de Operaciones. Como coronel, mandó el Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros N.º 12 de Zaragoza, antes de ser seleccionado para incorporarse como asesor militar del ministro de Asuntos Exteriores.

Al ascender a general de brigada en 2010, asumió el mando de la División de Operaciones del Estado Mayor del Ejército de Tierra. Promovido a general de división fue destinado como segundo jefe de Estado Mayor para Recursos del *Supreme Headquarters Allied Powers Europe* (*SHAPE*) en 2012. Como teniente general asumió en octubre de 2015 las funciones de segundo jefe del Mando de la Fuerza Conjunta de la OTAN en Brunssum, una responsabilidad que ha ejercido hasta ahora.

Sus misiones en el exterior incluyen un despliegue en Irak en 1991, otro como jefe de Ingenieros de la Agrupación Táctica española en Bosnia en 1994 y, en el año 2003, fue director del Centro de Operaciones Conjuntas de KFOR en Pristina. Ha sido alumno del Colegio de Defensa de la OTAN y anteriormente de la Academia de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Además, cuenta con varias condecoraciones españolas y de la OTAN y la Medalla del Servicio Meritorio del Ejército de los EE.UU.

Acto de clausura del XXXVIII Curso para la Obtención del Diploma de Informática Militar para Personal de varios Ejércitos y Guardia Civil

El día 2 de diciembre de 2016 tuvo lugar en el Salón Noble de la Academia de Ingenieros el Acto de clausura del XXXVIII Curso para la Obtención del Diploma de Informática Militar para Personal de varios Ejércitos y Guardia Civil.

El curso se inició en febrero de 2015 y ha tenido una duración de veintidós meses, distribuidos en fase a distancia, de presente y de prácticas. Durante la fase de presente, las materias y contenidos han sido impartidas por profesores del Departamento de Informática de la ACING y de la ETSII de la URJC.

Colaboración bilateral Jordania/ España. Cooperación en el campo de los ingenieros militares en desminado, EOD y C-IED

Dentro de las actividades de colaboración bilateral entre Jordania y España, una delegación del Centro Internacional de Desminado (CID) de la Academia de Ingenieros, visitó del 10 al 14 de octubre varias Unidades de Ingenieros de Jordania, con objeto de explorar vías de cooperación en el campo de Ingenieros Militares en el área de desminado y EOD/C-IED.

El día 10 de octubre dicha delegación visita el Real Cuerpo de Ingenieros (Amman) donde fue recibida por su general director. También se visitó la Unidad de Ingenieros 17 encargada de la seguridad (reconocimiento y misiones EOD del Palacio Real) y la Real Escuela de Ingenieros donde se les hizo una presentación de su organización y visitaron sus instalaciones.

El día 11 se visitó una zona minada próxima a la frontera con Siria donde el Real Cuerpo de Ingenieros está llevando a cabo trabajos de desminado.

El día 12 se visitaron las instalaciones de la Unidad EOD, donde se les hizo una presentación de la Unidad por parte de teniente coronel jefe de la Unidad, se llevó a cabo varios ejercicios prácticos de neutralización de IED, finalizando con una exposición estática de Equipo y material EOD, siendo despedida la delegación española por el general director de la Escuela.

Jornadas de Recuperación en Ambiente Hostil

El día 20 de febrero, se realizaron las Jornadas de Recuperación en Ambiente Hostil para 35 mandos pertenecientes a la AALOG 11 dentro de su programa de actividades y actualización de conocimientos sobre IED del personal que conforma dichos equipos de recuperación.

En dichas Jornadas los participantes realizaron las siguientes actividades dirigidas por el personal del Centro Internacional de Desminado:

— Conferencias de sensibilización de minas y restos explosivos de guerra.

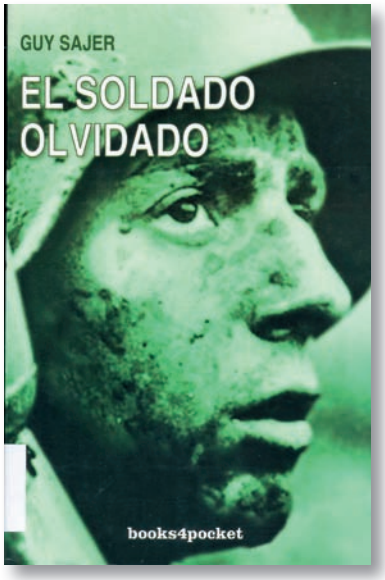
— Conferencias de sensibilización de IED.

— Actualización de inteligencia en zona de operaciones.

— Recorrido por los pasillos de indicios de minas e IED.

RESEÑA BIBLIOGRÁFICA

EL SOLDADO OLVIDADO



• ISBN: 978-84-95829-28-2

Sobre el autor:

Guy Sajer nació en Alsacia el 13 de enero de 1927 (seudónimo de Guy Mouminoux, dibujante conocido también como Dimitri). De padre francés y madre alemana, se enroló en el Ejército alemán en 1942 a la edad de 16 años y luchó durante la Segunda Guerra Mundial en el frente Ruso. Inicialmente fue asignado a una unidad de transporte, posteriormente ingresó en las filas de la división Großdeutschland donde terminaría la guerra en 1945 siendo capturado por los ingleses.

Sobre la obra:

Es un relato autobiográfico. El libro narra la terrible lucha contra el Ejército Rojo, los partisanos, el frío intenso y las enfermedades con gran realismo.

Existe un debate sobre el grado de autenticidad del relato. Algunos historiadores han identificado errores principalmente en fechas y nombres e insignias de unidades militares, mientras que otros han declarado el relato globalmente verídico. El propio autor intervino finalmente en el debate declarando que «nunca tuve la intención de componer un libro histórico de referencia sino que escribí sobre mis experiencias emocionales íntimas durante aquellos acontecimientos. Este libro no debe usarse bajo ninguna circunstancia como un manual de estrategia o como referencia cronológica». Aclara también que en Rusia los soldados rasos casi nunca sabían dónde se encontraban exactamente. Las Fuerzas Armadas de Estados Unidos incluyen *El soldado olvidado* en su lista de lecturas recomendadas, por ser un testimonio de primera mano de las vivencias y emociones de un combatiente de Infantería.

LOS MUCHACHOS DE ZINC

• ISBN: 978-84-9992-629-2

Sobre la autora:

Svetlana Alexievich nace en Ucrania el 31 de mayo de 1948, pero se crió en la república soviética de Bielorrusia. Estudió periodismo en la Universidad de Minsk desde 1967. Una vez graduada trabaja tanto de profesora como de periodista. Le fue concedido el Premio Nobel de Literatura en 2015.

Sobre la obra:

Entre 1978 y 1992 se libró la guerra civil afgana en la que el Ejército soviético apoyó durante nueve años a la República Democrática de Afganistán en su enfrentamiento contra insurgentes muyahidines, quienes fueron apoyados a su vez por China, Pakistán, Irán y Estados

Unidos. La obra compila un mosaico de testimonios de madres de soldados soviéticos que participaron en la guerra. Los soldados volvían a casa en ataúdes de zinc sellados, mientras el Estado no reconocía el conflicto. Svetlana Alexievich habló con las madres de los soldados muertos y de los vivos, habló con los hijos y con las esposas, habló con los hombres de la guerra y grabó esos testimonios. El resultado es una historia turbadora que expone la verdad sobre la lucha armada. Generó una inmensa polémica cuando se publicó en la Unión Soviética. Le acusaron de haber escrito «un texto fantasioso lleno de injurias».

FELIPE II Y EL ÉXITO DE SAN QUINTÍN

• ISBN: 978-84-16405-24-4

Sobre el autor:

José A. Rebullida nació en Saelices (Cuenca) en 1972 pero pronto se traslada a Madrid. A los 17 años entra en la vida castrense, formando parte de la Guardia Real. Estudia Magisterio en la UCM y Geografía e Historia en la UNED. En la actualidad está concluyendo el doctorado en Historia, Historia del Arte y Territorio. Un interesante estudio que le traslada a cinco de los más importantes archivos europeos en 4 diferentes países.

Sobre la obra:

La Batalla de San Quintín es uno de los acontecimientos más afamados como victoria militar del siglo XVI, en las que el Ejército francés fue derrotado por las tropas de Felipe II. En esta obra —seleccionada por el «Premio Humanidades del Ejército 2015»— se revela el diario entre el rey y el duque de Saboya. Comunicados entre ambos que ayuda al conocimiento más profundo y desconocido de la biografía de Felipe II, recurriendo a gran cantidad de documentos y fuentes iconográficas.

FRANCISCO VILLAMARTÍN: pensamiento estratégico del pasado para la sociedad del futuro

• ISBN: 978-84945066-8-0

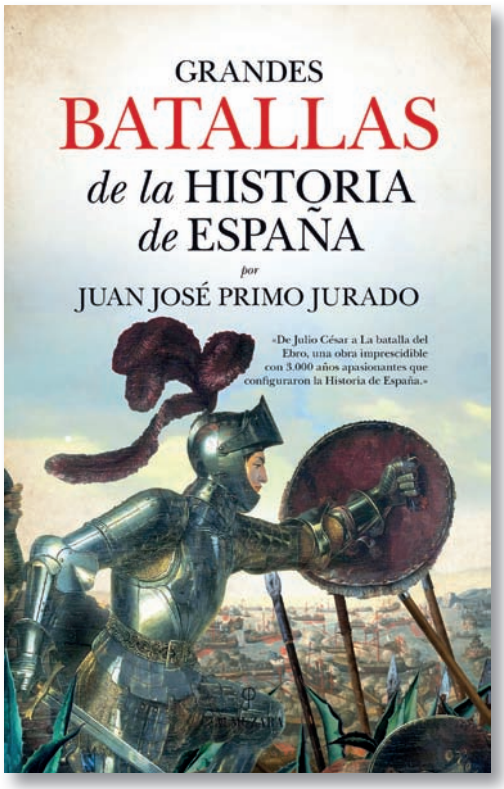
Sobre los autores:

Coordina la obra María-Julia Bordonado Bermejo, doctora en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad CEU - San Pablo de Madrid. Investigadora y estudiosas de figuras militares decisivas no solo en la vida militar también para la vida civil, sobre todo del Arma de Ingenieros. Generales Enrique Vidal de Loño, experto militar en liderazgo, José Luis Goberna Caride, defensor de la inclusión de la ciencia militar en la Academia de Ciencias y estudioso de la inteligencia militar, general Miguel Alonso Baquer, historiador y académico. Todos ellos han sido colaboradores necesarios para la consecución de la obra.

Sobre la Obra:

Estudio sobre la figura de un oficial de Infantería ignorada en España y sin embargo clarividente, que escribió su obra más importante con tan solo 29 años «Nociones del Arte Militar». Se encuadra entre los pensadores militares más influyente de todos los tiempos. Esta obra, colaboración entre la Universidad y milicia aborda el estudio del pensador y gran conocedor sobre estrategia militar para que sea conocido y puesto en valor en la sociedad actual. Julia Bordonado hace una introducción y una biografía de Francisco Villamartín, su pensamiento en las «Nociones del Arte Militar» y su proyección al ámbito empresarial. El general Vidal hace unas reflexiones sobre el mando y el liderazgo a través de la obra de Villamartín. El general Goberna: sobre Francisco Villamartín y la Academia de Ciencias Militares y el general Alonso Baquer: Villamartín en la estela de José Cadalso, del duque de Rivas y de Antonio Ros de Olano.

GRANDES BATALLAS de la HISTORIA de ESPAÑA



• ISBN: 978-84-16776-28-3

Sobre el autor:

Juan José Primo Jurado nace en Córdoba en 1961. Doctor en Historia, profesor y escritor. Catalogó el fondo documental del valioso Archivo Histórico del Palacio de Viana. Es miembro de la Real Academia de Córdoba y Cruz al Mérito Militar por su labor como comisario en la exposición sobre El Gran Capitán.

Sobre la obra:

En la obra se expone de forma divulgativa y con rigor las más famosas batallas de nuestra historia. Analizando su contexto, sus causas, su desarrollo, sus consecuencias y las lecciones a aprender; estudiando los porqués de las victorias y de las derrotas. También rescatamos leyendas y personajes anónimos o de segunda línea, cuyas historias merecen recordarse.

Nueva **App** Revistas de Defensa

Nuestro fondo editorial ahora en formato electrónico para dispositivos Apple y Android

Disponible en el App Store

Disponible en Google play

La aplicación, REVISTAS DEFENSA, es una herramienta pensada para proporcionar un fácil acceso a la información de las publicaciones periódicas editadas por el Ministerio de Defensa, de una manera dinámica y amena. Los contenidos se pueden visualizar "on line" o en PDF, así mismo se pueden descargar los distintos números: Todo ello de una forma ágil, sencilla e intuitiva.

La app REVISTAS DEFENSA es gratuita y ya está disponible en las tiendas Google Play y en App Store.

Nueva **WEB**

Catálogo de Publicaciones de Defensa

Nuestro Catálogo de Publicaciones de Defensa, ahora a su disposición con más de mil títulos

http://publicaciones.defensa.gob.es/

La nueva página web del **Catálogo de Publicaciones de Defensa** pone a disposición de los usuarios la información acerca del amplio catálogo que compone el fondo editorial del Ministerio de Defensa. Publicaciones en diversos formatos y soportes, y difusión de toda la información y actividad que se genera en el Departamento.

LIBROS

Incluye un fondo editorial de libros con más de mil títulos, agrupados en varias colecciones, que abarcan la gran variedad de materias: disciplinas científicas, técnicas, históricas o aquellas referidas al patrimonio mueble e inmueble custodiado por el Ministerio de Defensa.

REVISTAS

El Ministerio de Defensa edita una serie de publicaciones periódicas. Se dirigen tanto al conjunto de la sociedad, como a los propios integrantes de las Fuerzas Armadas. Asimismo se publican otro grupo de revistas con una larga trayectoria y calidad: como la historia, el derecho o la medicina.

CARTOGRAFÍA Y LÁMINAS

Una gran variedad de productos de información geográfica en papel y nuevos soportes informáticos, que están también a disposición de todo aquel que desee adquirirlos. Así mismo existe un atractivo fondo compuesto por más de trescientas reproducciones de láminas y de cartografía histórica.

Impresión Bajo Demanda

Procedimiento

El procedimiento para solicitar una obra en impresión bajo demanda será el siguiente: Enviar un correo electrónico a **publicaciones.venta@oc.mde.es** especificando los siguientes datos:

Nombre y apellidos
NIF
Teléfono de contacto

Dirección postal donde desea recibir los ejemplares impresos

Dirección de facturación
(si diferente a la dirección de envío)

Título y autor de la obra que desea en impresión bajo demanda

Número de ejemplares que desea

Recibirá en su correo electrónico un presupuesto detallado del pedido solicitado, así como, instrucciones para realizar el pago del mismo.

Si acepta el presupuesto, deberá realizar el abono y enviar por correo electrónico a: **publicaciones.venta@oc.mde.es** el justificante de pago.

En breve plazo recibirá en la dirección especificada el pedido, así como la factura definitiva.

Centro de Publicaciones

Solicitud de impresión bajo demanda de Publicaciones

Título:

ISBN (si se conoce):

N.º de ejemplares:

Apellidos y nombre:

N.I.F.:

Teléfono

Dirección

Población:

Código Postal:

Provincia:

E-mail:

Dirección de envío:
(sólo si es distinta a la anterior)

Apellidos y nombre:

N.I.F.:

Dirección

Población:

Código Postal:

Provincia:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL

Publicaciones de Defensa
Camino de los Ingenieros, 6 • 28047 Madrid
Teléfono: 91 364 74 27 (Pedidos)
publicaciones.venta@oc.mde.es

IV CENTENARIO
CERVANTES

Cervantes
soldado de la Infantería Española

El 22 de abril de 1616 fallecía en Madrid D. Miguel de Cervantes Saavedra, siendo enterrado al día siguiente en el Convento de las Trinitarias Descalzas de San Ildefonso.

Soldado, novelista, poeta y dramaturgo español, Cervantes es, sin lugar a duda, el escritor español más sobresaliente de los Siglos de Oro.

Mundialmente conocido por su obra maestra, *el Ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha*, es aún hoy, cuatro siglos después, una de las novelas más editadas, traducidas y conocidas de la literatura mundial.

Pero el genio de las letras tuvo otra intención vital: quiso ser y fue soldado. Sirvió primero en el tercio de Moncada, con el que combatió en Lepanto. Tras recuperarse de sus heridas, que le apodaron como «El manco de Lepanto», pasó al tercio de Lope de Figueroa, o de Granada. Ambos tercios se habían levantado para luchar en las Alpujarras, tras lo cual se embarcaron los dos hacia Lepanto, donde también combatió el tercio de Sicilia, junto con otros tercios de Infantería española, aparte de numerosas tropas de los dominios de Felipe II, o de los coaligados en la Santa Liga. En el año 1573 pasó con su capitán al tercio de Sicilia y tras un breve periodo en Nápoles se embarcó hacia España, con cartas de recomendación de Juan de Austria, para pretender una compañía. Los combates de estos años quedaron reflejados en sus obras, así como su cautiverio en Argel, durante cinco años, tras haber sido apresado en el trayecto de regreso a España.

Por cierto, el tercio de Lope es el origen del Regimiento «Córdoba» nº 10, de guarnición en Córdoba y el tercio de Sicilia lo es del Regimiento «Tercio Viejo de Sicilia» nº 67, de guarnición en San Sebastián.

La experiencia militar de Cervantes está presente en la mayor parte de sus obras, denotando su lealtad a los valores de la época: Cristiandad, España y Rey, así como a valores caballerescos anteriores, en los que seguía creyendo, como la Justicia, la Caridad, la protección al débil, etc., tal como refleja en su obra principal, *el Quijote* y en la mayor parte de sus obras, donde aparecen habitualmente referencias a la milicia.

El Ejército de Tierra, durante este año, homenajeará al insigne Genio de las Letras, que fue definido en la «Aprobación» de la segunda parte del Quijote como «Viejo, soldado, hidalgo y pobre».

EJÉRCITO DE TIERRA

MINISTERIO DE DEFENSA

Cervantes, soldado de la Infantería Española

Gabinete de Fortificación

Academia de Ingenieros, Guadalajara mediados del XIX

PUBLICACIONES DE DEFENSA

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL