BOLETÍN TÉCNICO DE INGENIERÍA DE LA ARMADA

Noviembre 2012
Número 3

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE ARMAS NAVALES

A NUESTROS COLABORADORES

El acuse de recibo de los artículos enviados por nuestros estimados colaboradores no supone, por parte del BOLETÍN, compromiso de publicación. Normalmente no se devolverán los originales ni se sostendrá correspondencia sobre ellos hasta transcurridos seis meses de la fecha de su recibo, en cuyo momento el colaborador que los desee podrá reclamar la devolución.

Los originales habrán de ser inéditos, escritos en *Word* y se entregarán por vía informática (*Internet*, *Lotus Notes*) o grabados en CD. La extensión del texto no sobrepasarán las seis páginas y se presentará escrito a un espacio. La Redacción se reserva la aplicación de las correcciones ortográficas o de estilo que considere necesarias.

Las siglas y acrónimos se aclararán con su significado completo la primera vez que se utilicen (excepto las muy conocidas: ONU, OTAN, etc.) y deben corresponder a su versión en español cuando la haya (OTAN en lugar de NATO, Marina de los Estados Unidos en vez de *US Navy*, etcétera).

Las fotografías, gráficos e ilustraciones se acompañarán con un pie o título y tendrán una resolución de 300 dpi como mínimo, preferiblemente en formato JPG. Si no son del propio autor, se citará su procedencia y el autor realizará los trámites precisos para que se autorice su publicación. El BOLETÍN no se responsabilizará del incumplimiento de este requisito. Las ilustraciones enviadas en papel pasarán a formar parte del archivo del BOLETÍN y sólo se devolverán en casos excepcionales.

Se citará la bibliografía consultada.

Al final del artículo se incluirá el nombre y apellidos del autor, su categoría o profesión, el NIF, la dirección completa, con distrito postal, el número de teléfono y su dirección de correo electrónico.

ÍNDICE

EDITORIAL Pág. 1

VIEJA FOTO Pág. 2

HACE CASI 40 AÑOS. Pág. 3
PRESENTE Y FUTURO DE LA ETSIAN
CA (R) Carmelo Sánchez Valdés

INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA MÓVIL DE 4ª GENERACIÓN. UN ITINERARIO A TRAVÉS DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS. APLICACIONES EN DEFENSA. Pág. 9
CF Manuel Martínez Ruíz

FUNDAMENTOS DE COMPUTACIÓN CUÁNTICA Pág. 18
CF Antonio González García

MAL DE MAR Pág. 23
CF José Mª. Riola Rodríguez

PRIMOS LEJANOS. PRIMOS GEMELOS Pág. 26
CF Agustín González Morales

SUDOKU para ingenieros Pág. 28

HUMOR Pág. 29

SABÍAS QUE… Pág. 29

¿SE PUEDE EVITAR LA CORROSIÓN? Pág. 30
FALSAS CREENCIAS ACERCA DE LA CORROSIÓN
DR Manuel Laguna Iglesias

¿EL INGENIERO MILITAR O EL MILITAR INGENIERO? Pág. 34
CF Agustín González Morales

SECCIÓN DE ENTREVISTAS Pág. 40
Por «Albert», el físico preguntón

JORNADA TÉCNICA DE AERONÁUTICA Y DEFENSA EN LA ETSIAN Pág. 48

INGENIEROS EN LA HISTORIA Pág. 49
JOSÉ MARÍA OTERO NAVASCUÉS

EDITORIAL

Un saludo y algunas reflexiones

Estimados compañeros del Cuerpo de ingenieros de la Armada (CIA), en esta mi primera participación en nuestro Boletín como Comandante-Director de la ETSIAN os envío un afectuoso saludo y me pongo a disposición de todos. Ésta es vuestra Escuela y todo lo que hacemos aquí es por y para el Cuerpo de Ingenieros, es decir por y para nuestra Armada.

El capitán de navío ingeniero Comandante director de la ETSIAN Pedro Ramón Saura Iniesta

Permitidme una reflexión sobre la situación que nos toca vivir: Sería absurdo, si no irresponsable, pensar que la actual crisis no va a afectar a nuestra política de defensa, en concreto a los capítulos de armamento y material.

La realidad económica, unida al hecho de que la opinión pública no percibe una amenaza exterior, nos va a conducir a una reducción tanto del personal como del material a disposición de la Armada.

Esta situación no va a ser breve. Posiblemente tengamos que dejar de hablar de «crisis» y afrontar que estamos ante un «nuevo ciclo económico», con grandes restricciones, que se alargará, por lo menos, durante el primer cuarto de siglo y que nos obligará a dar lo mejor de nosotros mismos, a poner en valor nuestra preparación técnica y militar y a desarrollar estrategias acordes con un entorno cambiante con muchos menos recursos que los que hemos tenido en las últimas décadas.

Sólo queda, pues, iniciar de inmediato una optimización enérgica de los recursos a disposición de la Armada. Está optimización no puede ser exclusivamente restrictiva en lo referente a los medios humanos y materiales y a la aplicación de políticas de «*pooling and sharing*», sino que también debe orientarse a obtener plataformas y sistemas de armas adecuados a nuestras futuras posibilidades económicas, desarrollando tecnologías que puedan ser soportadas en el ámbito nacional. El CIA debe ser protagonista indiscutible de este proceso.

Creo firmemente, desde mi experiencia en la formación de los oficiales del CIA, que disponemos de un capital humano inmejorable que, dirigido con determinación y encuadrado en la estructura adecuada, podría obtener resultados óptimos para esta larga y dura etapa que debemos encarar de forma «proactiva»; como una gran oportunidad para dar un salto de calidad en beneficio de la Armada. La ETSIAN, como casa madre del CIA, tiene que colaborar en la formación de una nueva mentalidad más volcada a la «innovación», es decir, a la obtención de nuevas tecnologías de utilidad para la Armada, compatibles con la realidad económica.

La ETSIAN debe actuar no sólo en el área docente (grado, máster y doctorado), adecuando sus planes de estudio a las nuevas necesidades, sino promoviendo foros donde se debatan, dentro de los límites de la Institución a la que pertenecemos, alternativas que la Ingeniería actual podría ofrecer; foros en los que oficiales de la Armada, las empresas privadas, la Universidad, etc. puedan intercambiar ideas, crear sinergias y estructurar un correcto «*comprehensive approach*» para generar las líneas de trabajo más adecuadas, efectivas y sostenibles.

De lo que hagamos en el presente dependerá nuestra eficacia futura.

Vieja foto

Ilmo. Sr. D. Ramón Albarrán y García Márquez

Ingresa en la Academia de Estado Mayor de Artillería de la Armada en 22 de diciembre de 1.863.

En 1.877 se le nombra capitán de infantería de marina por sus relevantes servicios tanto militares, en los sucesos cantonales de 1.873, como en la Comisión de Torpedos. Escribe el libro «Los Torpedos en la Guerra Marítima».

Se le concede el empleo de comandante de infantería de marina por el invento de un aparato de estación para el servicio de torpedos.

En 1.878 se le nombra Secretario de la Junta Central de Torpedos. Desarrolla un proyecto de Escuela de Torpedos, así como un estudio sobre las defensas submarinas del puerto de Mahón. Por estos trabajos se le concede la cruz del mérito naval de segunda clase.

Escribe el libro «Manual del Oficial de Artillería». Presenta un proyecto de cañón de acero de 14 cm por el que se le concede la cruz del mérito naval de segunda clase.

Asciende a teniente coronel en 1.889 y solicita la situación de supernumerario para prestar sus servicios profesionales a los Astilleros del Nervión en la construcción de la artillería de los tres cruceros de 7.000 toneladas, contratados por la Marina.

HACE CASI 40 AÑOS

Artículo publicado por el vicealmirante ingeniero (R) Carmelo Sánchez Valdés en el número de enero de 1974 de la Revista General de Marina. En aquellas fechas tenía el empleo de capitán de corbeta.

Nota de la redacción del BTIA:
Se incorpora este artículo a nuestro Boletín Técnico de Ingeniería de la Armada porque sorprende como, tras casi cuatro décadas, siguen vigentes la mayoría de las ideas plasmadas por el firmante. Por otro lado, conviene destacar que las fotografías que ilustran el artículo son las mismas que figuran en la Revista General de Marina de enero de 1974.

Presente y futuro de la ETSIAN

CC Carmelo Sánchez Valdés

La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales, dependiente de la Dirección de Enseñanza Naval, es el Centro de la Marina de Guerra española sobre el que recae de manera inmediata la responsabilidad de la formación de los ingenieros de la rama correspondiente. También, interviene en los estudios previos a la concesión del título de doctor ingeniero de Armas Navales, según las normas contenidas en una orden ministerial de 2 de junio de 1968. En consecuencia, orienta una preparación técnico industrial e incluso científica hacia problemas de carácter eminentemente militar y naval, en lo que al armamento se refiere.

Situada en la avenida madrileña de Arturo Soria, fue creada en 1943, cuando era ministro de Marina don Salvador Moreno. El edificio principal es una construcción noble y sobria, con fachadas de ladrillo visto y columnata central de acceso, rodeado de un amplio espacio parcialmente ajardinado en cuya parte posterior se levanta otra edificación menor que alberga el cuartelillo de marinería, las cocinas y el garaje. En el cuerpo principal de la Escuela se encuentran ubicados los talleres de Armas Submarinas y Mecánico; los laboratorios de Química, Metalurgia y Electrónica; la biblioteca y aulas de diversas especialidades, así como despachos y oficinas propios de toda dependencia. Un piso de una de las alas del edificio sirve de alojamiento al Centro de Ayudas a la Enseñanza.

Esta breve descripción centra en tiempo y lugar, al menos en principio, la que va a ser figura principal de una artículo que pretende dar a conocer a nuestro lectores y compañeros una perspectiva global de la ETSIAN, según un punto de vista absolutamente personal y desde luego afectivo, como corresponde a un antiguo alumno, y más tarde profesor durante seis años del Centro. Pero, en cierta forma, tal propósito obliga a hacer referencia a las causas primeras que en definitiva motivaron la creación de una Escuela de Armas Navales y hablar de sus antecedentes más o menos remotos, para enlazar seguidamente con el presente y posteriormente intentar inducir su posible proyección futura. Pero siendo toda Escuela un centro dedicado a la formación humana, y ésta, concretamente, a la de oficiales, será preciso presentar también el marco en que éstos han de desarrollar sus actividades profesionales.

Un poco de historia

Todos los miembros de los Cuerpos de oficiales de nuestra Marina saben que los actuales ingenieros de Armas Navales son los sucesores, en última instancia, de los miembros del antiguo Cuerpo de Artillería de la Armada. Sin embargo, muy pocos conocen algo más concreto sobre un tema que está vinculado a la historia de uno de nuestros institutos más antiguo. A deshacer esa nebulosa va encaminado este primer apartado del presente artículo, que recoge los datos más destacados de una evolución corporativa. Y esto, con el convencimiento de que una mirada al pasado permite siempre una mejor comprensión de las realidades presentes, pues nada surge por generación espontánea. Los orígenes de casi todo están ya en embrión en el pretérito, y es en él donde puede hallarse muchas veces la relación entre causa y efecto.

Al terminar en 1713 la guerra de Sucesión con la firma del Tratado de Utrecht, las Marinas del Océano y del Mediterráneo están casi aniquiladas y es preciso abordar la reorganización de las mismas. Felipe V y sus ministros dan en ese momento a la Armada un nuevo concepto de unidad, al reunir en una sola las que durante los siglos XVI y XVII habían formado escuadras totalmente independientes con los nombres de Armada del Océano, de la Carrera de Indias, de la Avería y Barlovento, etc. Únicamente mantienen en el Mediterráneo, como unidad aparte, una reducida escuadra de galeras; seguramente para hacer frente a las incursiones de los piratas berberiscos.

La reforma no sólo afectó a las unidades navales, sino también a las fueras militares que las guarnecían, a cuya reorganización atiende la real orden de 10 de febrero de 1717 al disponer la creación de las dos primeras brigadas de Artillería de Marina, remoto y discutible primer antecedente de los actuales ingenieros de Armas Navales. Estas brigadas variaron en número y sufrieron diversas modificaciones menores en años sucesivos, interviniendo en destacados hechos de armas, tales como la defensa del Castillo del Moro y La Habana frente a los ingleses, batalla de Trafalgar, reconquista de Buenos Aires, los dos sitios de Zaragoza, etc.

La primera reorganización importante tuvo lugar el 20 de enero de 1826, cuando la Junta General de la Real Armada decide reunir en un solo Cuerpo las brigadas de Artillería y los batallones de Infantería de Marina, bajo el nombre de Brigada Real, que siete años más tarde pasa a ser el Real Cuerpo de Artillería de Marina.

José González Hontoria

Esta reforma trataba de simplificar el servicio, concentrar las fuerzas y conseguir así un ahorro importante en los gastos. Por desgracia, la experiencia demostró claramente que la duplicidad de funciones no resultaba aconsejable y que era preciso diferenciar las atenciones facultativas de las puramente militares. En consecuencia, el 22 de marzo de 1848 el Cuerpo de Artillería de Marina se divide en dos armas especiales diferentes: Artillería e Infantería de Marina, que continúan formalmente unidas hasta que el 6 de mayo de 1857 se lleva a cabo su separación definitiva y pasan a constituir dos Cuerpos distintos. El real decreto que con tal objeto firma la reina Isabel II a propuesta del ministro de Marina, don Francisco Lersundi, contempla la creación de un nuevo Cuerpo de jefes y oficiales que, con el nombre de Estado Mayor de Artillería de la Armada, desempeñará un servicio de carácter facultativo.

Meses después, el 7 de octubre del mismo año, otro real decreto crea y reglamenta la Academia de Estado Mayor de Artillería de Marina, que tendrá su sede en el Departamento de Cádiz. Esta Academia, lo mismo que el Cuerpo que nutre, tiene ya un carácter marcadamente técnico-industrial, análogo al de nuestra actual Escuela de Armas Navales, de la que es antecedente indiscutible y cierto.

Su primera promoción sale en 1860 y está integrada por los tenientes don José González Hontoria, don Enrique Guillén Esteven, don Augusto Gallardo Caballero y don Miguel Bellón Arcos.

El Cuerpo de Estado Mayor de la Armada vivió doce años como tal, hasta que el 16 de julio de 1869 sufrió una nueva reorganización que lo transformó en el de Artillería de la Armada.

Esta época de mediados del siglo XIX coincide con una política gubernamental de fomento de la Marina y, por tanto, de puesta al día de sus armas. Ello repercute en la preparación y realizaciones de nuestros artilleros, entre los que destacaremos las figuras del general Ribera Truels, el coronel Cándido Barrios y el teniente coronel González Hontoria, que proyectan varios cañones y proyectiles cuya ejecución supone un notorio avance en la técnica artillera española de la época.

Pero, como bajo el influjo de un hado inexorable, apenas transcurridos dieciséis años de la última reorganización, reaparece el problema de los Cuerpos Facultativos, y siendo ministro de Marina don José Pezuela, un real decreto de 7 de agosto de 1885 dispone que la Escuela Naval y la Academia de Ampliación sean en lo sucesivo centros de instrucción para el personal de aquéllos. También fija las especialidades propias de la Academia, en la que cursarán estudios los ingenieros constructores de buques y mecánicos, los artilleros, los astrónomos y los hidrógrafos; y, en consecuencia, son clausuradas las Escuelas especiales de Artillería e Ingenieros. Ambos Cuerpos sufren una drástica reorganización.

Tras el desastre de Cuba y Filipinas, que pone fin a nuestros dominios ultramarinos, un real decreto de 28 de marzo de 1901, firmado por la reina María Cristina a propuesta del ministro de Marina, don

Cristóbal Colón de la Cerda, suspende los ingresos en las Escuelas y Academias de la Marina y clausura la de Ampliación, la que durante los años que estuvo abierta no llegó a preparar ningún oficial especialista en Artillería, según señala el coronel retirado de Armas Navales don Manuel Acedo, en su libro *Real Cuerpo de Artillería de la Armada* del que hemos extractado esta reseña histórica.

Pocos años después de la medida anterior, dadas las necesidades creadas por los programas de construcción naval y mejora de sus bases, un real decreto de 15 de febrero de 1908 vuelve a reconstituir el Cuerpo de Artillería de la Armada, que en 1929 cambia esta denominación por la de Ingenieros Artilleros de la Armada y adquiere un carácter político-militar. Pero poco dura esta reorganización, pues al advenimiento de la República, un decreto que más tarde adquirirá rango de ley declara a extinguir el Cuerpo y lo sustituye por los denominados Servicios Técnicos Industriales de Artillería Naval.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales

En este momento, el lector curioso puede comprobar que desde la creación de las Brigadas de Artillería en 1717 se llevaron a cabo once reorganizaciones que afectan a la línea sucesoria directa.

Durante el Movimiento, la actuación de los miembros del disuelto Cuerpo de Artillería es muy brillante y realizan una eficaz misión, tanto en tierra como embarcados. Entre otros ejemplos, citaremos el del entonces capitán don Juan Sainz de Bustamante, que embarcó en el crucero *Canarias* para atender al mantenimiento de su artillería y que proyectó y dirigió el recalibrado de los cañones de 152,4 del crucero *Cervera* al 158 para compensar su desgaste.

Pero con esto hemos llegado ya a nuestro divagar histórico a una época más reciente y, por tanto, mejor conocida. Casi podríamos decir que es el presente. Y éste merece capítulo aparte. Terminaremos este resumen del pasado indicando que en plena guerra, el 30 de octubre de 1938, una ley de la Jefatura del Estado anula la extinción republicana de la Artillería, Ingenieros e Infantería de Marina, con mención expresa de sus brillantes servicios.

Fundación de una nueva Escuela.

Pasan los años, estalla la segunda guerra mundial y con ella evoluciona de forma impresionante el arte militar y progresa vertiginosamente el desarrollo y fabricación de armamentos. También experimentan grandes cambios numerosas ramas de la ciencia, como la Electrónica o la Física. Es preciso ponerse al día y, en consecuencia, una ley de 6 de febrero de 1943 aborda el problema de la reorganización del Cuerpo de Artillería para adaptarlo a las nuevas necesidades de la técnica y a los nuevos conceptos orgánicos de la Marina de Guerra. Aparece así el Cuerpo Facultativo de Armas Navales, que recibe la misión de realizar toda la labor técnico-industrial relacionada con las armas, pólvoras y explosivos, óptica y direcciones de tiro, química y blindajes.

Esta misma ley del 43 dispone la creación en Madrid de una Escuela Especial encargada de formar el nuevo personal de Armas Navales. Nace así, con personalidad propia y un programa todavía no muy bien definido, el Centro que desde entonces, con pequeñas variaciones en su denominación, ha servido para formar XXII promociones de Armas Navales, con un total de 97 oficiales españoles y otros 13 más de naciones iberoamericanas.

El primer director de la Escuela fue don Amador Villar Marín, recientemente fallecido. La promoción número 1 salió el año 1947 y estaba integrada por los capitanes Beardo Morgado, Villegas González, Canga Rodríguez, Cabello Gómez y Guijarro Huidrobo.

Como inciso conviene señalar que situar en Madrid la nueva Escuela de Armas Navales fue, en nuestra opinión, una decisión acertadísima, no siempre valorada con objetividad, pues gracias a ello el Centro ha podido dispones a lo largo de estos treinta años, para la formación técnica y científica de sus alumnos, de la colaboración de organismos e institutos tan destacados como el INTA, el CETME, la JEN, el Conse-

jo Superior de Investigaciones Científicas, etc., así como disfrutar del especial apoyo y colaboración del Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada. De esta forma, la ETSIAN ha contado, las más de las veces sin gasto presupuestario alguno, de un material y un personal de la más alta calificación, imposible de reunir en otro lugar geográfico.

Pero de nuevo con el hilo del ovillo histórico en las manos, vemos como la revolución sufrida por las armas de combate y la experiencia adquirida en la enseñanza durante los primeros seis años de existencia de la Escuela aconsejan de nuevo una reorganización del Cuerpo abordada por la ley de 22 de diciembre de 1949, que le confiere la denominación de Ingenieros de Armas Navales.

Vista parcial de los talleres de la Escuela

Diecisiete años más tarde, un decreto de la Jefatura de Estado de 28 de septiembre de 1964 constituye como Escuelas Técnicas Superiores a la Politécnica del Ejército y a la de Armas Navales, y da al mismo tiempo normas de carácter general para la concesión por las mismas del título de doctor a los ingenieros que de ellas proceden.

En este *devenir* incesante acontece al fin un cambio radical derivado de la ley de 22 de julio de 1967, por la que desaparece como Cuerpo independiente el de Ingenieros de Armas Navales y pasa a formar el de Ingenieros de la Armada, en unión de los Ingenieros Navales y de Electricidad. Sin embargo, esta misma ley conserva de forma expresa la existencia de la ETSIAN como encargada de la formación de los ingenieros de la Rama.

Momento actual

Según lo dispuesto en la ley de unificación citada en el párrafo anterior, Armas Navales constituye una de las tres Ramas del Cuerpo de Ingenieros de la Armada, en el que cabe distinguir una escala única y tres transitorias. Éstas engloban a los componentes de los antiguos Cuerpos ahora refundidos y desaparecerán con el tiempo. La otra está integrada por ingenieros de las tres Ramas de reciente formación y se nutre mediante convocatorias de concursos de méritos entre oficiales de los Cuerpos General y de Máquinas; y caso que las necesidades del servicio lo aconsejen, mediante concurso-oposición entre oficiales de las Escalas de Complemento de los Cuerpo General, de Máquinas e Ingenieros.

Por lo que respecta a Armas Navales, los oficiales admitidos en el concurso previo deben superar los estudios señalados por los planes vigentes en la ETSIAN, que actualmente tienen una duración de cuatro años y medio, divididos en cursos de seis meses. De ellos, el primero es un preparatorio que la experiencia muestra hasta hora imprescindible para proporcionar a los oficiales-alumnos una base adecuada y readaptarlos al hábito del estudio académico.

Siguen este preparatorio cuatro cursos comunes, en los que, a lo largo de dos años, los alumnos entran en contacto con las asignaturas básicas propias de toda ingeniería y con aquéllas de carácter específicamente militar que deben formar parte del acervo común de todo ingeniero de Armas Navales, como pueden ser las balísticas interior y exterior, el cálculo y trazado de material de artillería, las armas submarinas, etc.

Los dos últimos años están dedicados al estudio de una orientación concreta, algo así como una especialización; los oficiales-alumnos profundizan en un aspecto más concreto de la técnica militar según las siguientes opciones: misiles, artillería, armas submarinas, direcciones de tiro, química y óptica.

Estas orientaciones se realizan en muchos casos en colaboración con centros especializados de carácter estatal, como la Universidad, el Instituto de Óptica, el INTA, etc., o empresas de tradicional relación con la Marina, como la Unión de Explosivos Río Tinto, Experiencias Industriales o Bresel. En cualquier caso, siempre hay un período final de seis meses de prácticas para que los futuros ingenieros vivan en lo posible la realidad de la aplicación de unos conocimientos más o menos teóricos recién adquiridos.

Terminados satisfactoriamente estos estudios, y escalafonados en el Cuerpo de Ingenieros de la Armada según las previsiones del decreto de 28 de diciembre de 1967, que desarrolla la ley de unificación,

los nuevos técnicos de Armas Navales pasan a ocupar un destino activo como tenientes de navío ingenieros donde les reclamen las necesidades del servicio.

La larga duración de la formación aquí expuesta está en consonancia con el variadísimo campo de conocimientos que exige el desempeño de una ingeniería de armas que no quede limitada a simples problemas de un primer escalón de mantenimiento. En tal sentido conviene recordar que la ley de 22 de julio del 67, en su artículo segundo, dice que el Cuerpo de Ingenieros de la Armada tendrá como misiones características, dentro de los organismos apropiados para desarrollarlas, todas las que en sí encierre la función general técnica industrial, naval y militar, estudios, experimentos, proyectos, etc., encaminados al normal desarrollo de los planes de la Marina de Guerra y a garantizar la debida aportación a la eficacia de la Fuerza Naval o de los servicios que la apoyan.

En todo caso, resulta muy probable que el decreto de la Presidencia del Gobierno de 9 de marzo de 1973, sobre reforma de la Enseñanza Superior Militar haga necesaria una revisión de los planes de estudios de la ETSIAN, y en consecuencia, se revise la duración de la carrera de Armas Navales. En dicha circunstancia creemos, a título personal, que cualquier medida en este sentido debe adoptarse con gran cautela y ponderación al objeto de que la Marina no pierda en ningún caso la única Escuela Técnica Superior que oficialmente posee, y de la que puede sacar indudables ventajas en sus relaciones con el Ministerio de Educación y Ciencia a la hora de establecer convalidaciones y analogías.

Vista parcial del laboratorio de química de la Escuela

Pero volvamos de nuevo a nuestro tema y sigamos con el presente de la ETSIAN, cuya misión no creamos que sólo consiste en la preparación de los nuevos ingenieros de la Rama, pues también deberá intervenir lógicamente en la formación de las diversas especialidades de la misma que señalan las órdenes ministeriales de 26 de mayo del 69 y de 10 de septiembre del 70, consecuencias ambas de un decreto de 1969 sobre *Preparaciones profesionales y técnicas en la Armada*. También está prevista su intervención en la concesión del título de doctor ingeniero, para cuya obtención la orden ministerial de 2 de junio de 1968 señala la necesidad a los nuevos ingenieros de Armas Navales de cursar dos años de estudios en la ETSIAN, de los que parte podrán ser realizados en centros de enseñanza o investigación nacionales o extranjeros.

Cara al futuro

Levantar el velo que cubre el futuro, conocer el porvenir ha sido siempre una aspiración humana en todas las épocas de la Historia. Desde la más remota antigüedad, y en cualquier civilización, nos han llegado noticias de la existencia de brujos, augures y profetas especializados en anunciar a pueblos e individuos lo que el hado les tenía reservado. Pero incluso en este momento histórico, década de los setenta, a pesar de toda su carga de materialismo y escepticismo científico, los más cartesianos creen con fe viva en el omnímodo poder lógico de los grandes cerebros electrónicos al programar nuestro futuro más lejano. Y si los hombres de ciencia llegan a tomar como ley fatal las predicciones de una calculadora, muchos ignorantes siguen a vueltas con la mandrágora y otras sutilezas.

Por no ser menos, aunque sin ocultismos y calculadoras, vamos a intentar en estos párrafos finales sondear un poco en el posible futuro de la Escuela de Armas Navales, a partir de unas consideraciones previas de carácter general.

Si nos atenemos exclusivamente al aspecto técnico de las armas, no cabe la menor duda de que su complejidad va en continuo aumento y que su estudio a fondo exigirá cada vez una mayor preparación y especialización del personal que a ellas se dedique.

También parece evidente que cualquier nación que desee disfrutar de cierta autonomía y personalidad propia en el concierto mundial, no puede aceptar como doctrina permanente la adquisición de todo

su material de guerra en el extranjero y depender en muy alto grado de uno o varios aliados circunstanciales.

En estas condiciones resulta razonable suponer que convendrá mantener al menos un mínimo de nuestras posibilidades de fabricación de armamento e incluso fomentar los centros o industrias que a ello se dediquen. Pero aunque se renuncie a toda política activa de construcción de armamento naval, la Marina tendrá siempre problemas de reparación y mantenimiento de un material cada vez más complejo. Afrontar cualquiera de las dos posibilidades aquí planteadas exige, desde luego, la existencia de un personal muy especializado y competente en armas y problemas industriales.

Para la preparación de estos super-especialistas o ingenieros cabría adopta dos soluciones extremas. La primera sería formarlos en Escuelas extranjeras de reconocida fama y solvencia, como la ENSTA en Francia, o Monterrey en Estados Unidos. Sin embrago, esta forma de resolver el problema, si es permanente, crea una grave dependencia intelectual y técnica, de tipo casi colonialista, al quedar supeditada la formación de nuestros oficiales a las conveniencias y reservas de otra nación. Pero, además, ensayos semejantes hubo ya en el pasado en otras ingenierías, y siempre se ha vuelto con el tiempo a la preparación en centros o escuelas nacionales.

Otra solución posible es formar los ingenieros de Armas en España, misión que hoy día cumple la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales, de la que han salido relevantes figuras de la industria y de la investigación nacional, así como jefes y oficiales capaces de cumplir satisfactoriamente las misiones a ellos encomendadas por la Marina. Esta solución no excluye la posibilidad de enviar alumnos o ingenieros al extranjero para efectuar los estudios propios de una técnica o un arma que el mando considere necesarios.

Con estas premisas en la imaginación, se puede ver de cara al futuro una escuela potenciada al máximo, tanto en los cursos de formación de ingenieros como en los de concesión del doctorado; y que también interviene en la especialización de los ingenieros de la Rama.

Y puestos a imaginar, podría correr a cargo de la ETSIAN la organización de cursillo de corta duración, en los que los ingenieros de la Rama pusieran al día sus conocimientos en aspectos concretos o recibieran información de carácter general sobre alguna nueva arma. E incluso cabría la posibilidad de que la ETSIAN sirviera para formar técnicos de grado medio capaces de colaborar con los ingenieros superiores en el desarrollo de proyectos, fabricación o reparaciones; como existen en otras ramas de la ingeniería civil y militar.

Para terminar este apartado, nada más a propósito que el siguiente párrafo tomado de las *Directrices de la gestión ministerial* del presente año: «La evolución técnica que entraña el Programa Naval agrava los problemas de personal con unas exigencias cualitativas crecientes sobre las actuales limitaciones cuantitativas. Hay que ampliar y mejorar la formación del personal de todos los niveles».

Conclusión.

Al escribir este artículo, el autor sólo ha pretendido recoger en unas páginas, de la forma más breve y clara de que ha sido capaz, el pasado, el presente y también ciertos aspectos previsibles del futuro de la Escuela de Armas Navales.

Quien haya buscado aquí un tratado exhaustivo de realizaciones y posibilidades estará, sin duda alguna, defraudado. Pero considere que el fin perseguido era simple y fundamentalmente divulgar el conocimiento del Centro en el ámbito de los lectores de la REVISTA, a los que esperamos no haber aburrido en exceso con nuestra exposición.

INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA MÓVIL DE 4ª GENERACIÓN. UN ITINERARIO A TRAVÉS DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS. APLICACIONES EN DEFENSA

CF (CIA) doctor ingeniero de telecomunicación
Manuel Martínez Ruíz

PARTE I (de II): DE LOS SISTEMAS GSM A LA 3ª GENERACIÓN DE MÓVILES

Introducción

El camino hacia la 4ª generación de telefonía móvil (4G) ha sido objeto de interés desde que el mercado de aplicaciones móviles impuso unas necesidades que no podían ser asumidas por los sistemas 3G. Se demuestra, en este caso, que dicho mercado ha sido una fuerza dinamizadora para la tecnología, ya que ha posibilitado avances impensables hace tan solo 10 años. La irrupción de las redes sociales y la necesidad de la transmisión de información multimedia son, en buena parte, las culpables de esta dinamización. En este artículo se presenta el itinerario que ha llevado hasta la telefonía móvil 4G, basada en tecnología LTE-A[1], a través de las generaciones 2.0, 3.0, 3.5, 3.75 y 3.9 G.

Teléfono móvil de 1ª generación (analógico). Tablet 4G

El trabajo consta de dos partes (ésta es la primera. La segunda se publicará en el siguiente BTIA). Primero se presentan las diversas tecnologías y los grupos impulsores, entre los que se encuentra especialmente el 3GPP[2]. Después se analizan los aspectos más significativos del estándar UMTS[3], que es la base de 3G. A continuación se hace un recorrido por las tecnologías 3.5. y 3.9 G, en las que se fundamenta LTE-A; es decir, 4G. Finalmente, en el siguiente BTIA se presentará la tecnología LTE-A y las posibles aplicaciones en el ámbito de la Defensa.

Un poco de historia: de los sistemas 2G a los 3.5G

La telefonía móvil es quizás la disciplina que más ha evolucionado en los últimos tiempos. Desde los antiguos terminales analógicos, con grandes baterías y componentes, hasta las *tablets* de última generación con acceso 4G, solo han pasado algo más de 20 años, pero han irrumpido de tal forma en nuestras vidas y nuestra forma de trabajar que ahora nos parecería imposible salir de casa sin uno de estos artilugios. No obstante el camino no ha sido fácil, ya que ha habido, a la par que grandes éxitos, algunas apuestas es-

[1] LTE-A: *Long Term Extension Advance*
[2] 3GPP: *3G Partnership Project*
[3] UMTS: *Universal Mobile Telecommunications System* (3G)

tratégicas fallidas. En la tabla 1 se muestra un resumen de los diferentes estándares. Hagamos un repaso rápido por este apasionante escenario.

Generación	Organismo /Grupo	Estándar
2G	GSM/3GPP	GSM/CSD
2.5-2.75G (Transición)	GSM/3GPP	GPRS/EDGE
	3GPP2	CDMA2000
3G (IMT2000)	3GPP	UMTS (UTRAN)/WCDMA
	3GPP2	CDMA2000-1XEV
3.5/3.75/3.9G (Transición)	3GPP	HSPA / HSPA + LTE (E-UTRA)
	3GPP2	CDMA2000 EV DO RevA
	IEEE	WiMAX (IEEE802.16e)/Flash OFDM
4G (IMT-Advanced)	3GPP	LTE-Advanced (E-UTRA)
	IEEE	WiMAX –Advanced (IEEE 802.16m)

Tabla 1. Generaciones de telefonía móvil

En los sistemas GSM[4], 2ª generación de telefonía móvil, la arquitectura se basa en conmutación de circuitos, lo que significa que los circuitos se establecen entre los dos extremos de la comunicación. Tanto la voz como los mensajes SMS[5] utilizan las redes de conmutación de circuitos de las operadoras telefónicas.

En GPRS[6] se añade a la conmutación de circuitos la de paquetes. Es decir, los datos se transmiten en paquetes sin necesidad de establecer circuitos dedicados. No obstante, la voz y los SMS siguen utilizando los circuitos.

El siguiente salto es UMTS donde esta dualidad se mantiene en cierto grado dentro del núcleo de red. Algunos de los elementos de red han evolucionado de 2.75G, pero el concepto básico es el mismo. La evolución se consigue con la migración a tecnologías 4G. Esto se debe a que la comunidad 3GPP decide dar el salto IP[7] a través de los protocolos de *Internet*, como método para el transporte de todos los servicios. O sea, la voz, que hasta ese momento seguía utilizando conmutación de circuitos, pasa a considerarse un servicio IP más (VoIP), lo que ha llevado a desarrollar el EPC[8] en los sistemas LTE (*Release 8*) y LTE-A (*Release 10*), que esencialmente es una arquitectura plana basada en IP con dos partes diferencias: el plano de usuario, para el transporte de tráfico, y el plano de control, para la señalización.

Como se aprecia, las únicas tecnologías que pueden definirse como 4G son LTE-A (familia de normas 3GPP) y *WiMAX-Advanced* (familia normas IEEE[9]). El resto se encuentra en las tecnologías de transición de 2.5G a 3.9G.

Tecnología 3G: UMTS

Una red UMTS se compone de un núcleo de red (*Core Network*), la red de acceso radio (UTRAN[10]) y los terminales de usuario UE. La fig. 1 muestra su arquitectura general.

El sistema UMTS se estructura también en dos niveles (fig. 2): el ligado al acceso y el no ligado. El nivel ligado incorpora todos los protocolos que requieren la intervención de la red de acceso físico

[4] GSM: *Global System Mobile* (2G)
[5] SMS: *Short Message Service*
[6] GPRS: *General Packet Radio Service* (2.5G)
[7] IP: *Internet Protocol*
[8] EPC: *Evolved Packet Core*
[9] IEEE: *Institute of Electrical and Electronic Engineers*, es una organización dedicada a la divulgación y normalización de tecnologías.
[10] UTRAN: *UMTS Terrestrial Radio Access Network,* o componente de acceso radio de la tecnología UMTS

(UTRAN), mientras que el no ligado incluye solo los que afectan al núcleo de red (Core Network) y al terminal de usuario UE.

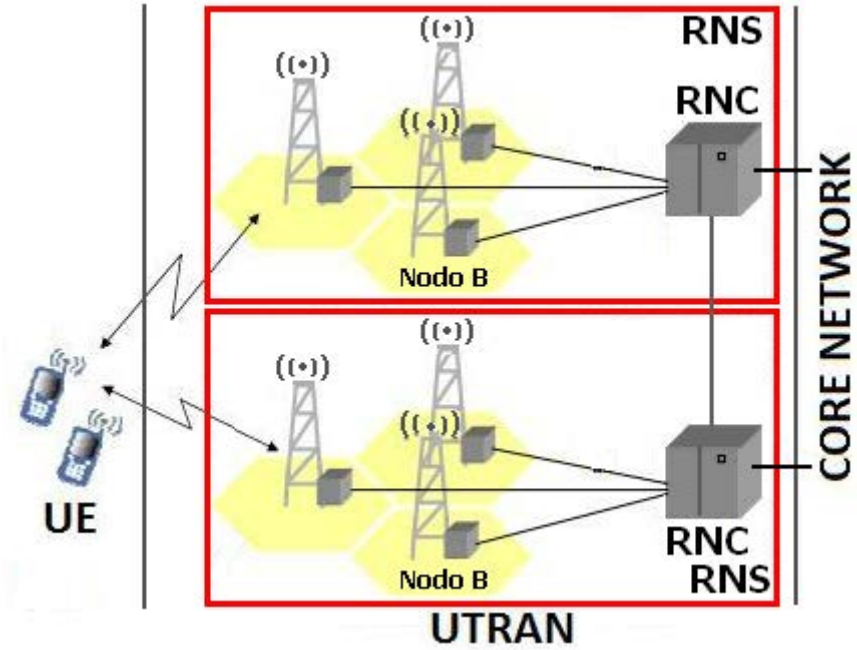


Figura 1. Arquitectura UMTS

La interfaz entre ambos niveles se establece mediante los puntos de acceso al servicio SAP[11] siguientes:

- Control General (GC. *General Control*): permite el acceso a servicios de radiodifusión a todos los terminales móviles presentes en un área geográfica determinada.
- Notificación (Nt): permite el acceso a servicios de avisos y la notificación de terminales móviles.
- Control Dedicado (DC, *Dedicated Control*): permite el acceso a servicios de establecimiento o liberación de una conexión radio y la transferencia de información bajo dicha conexión.

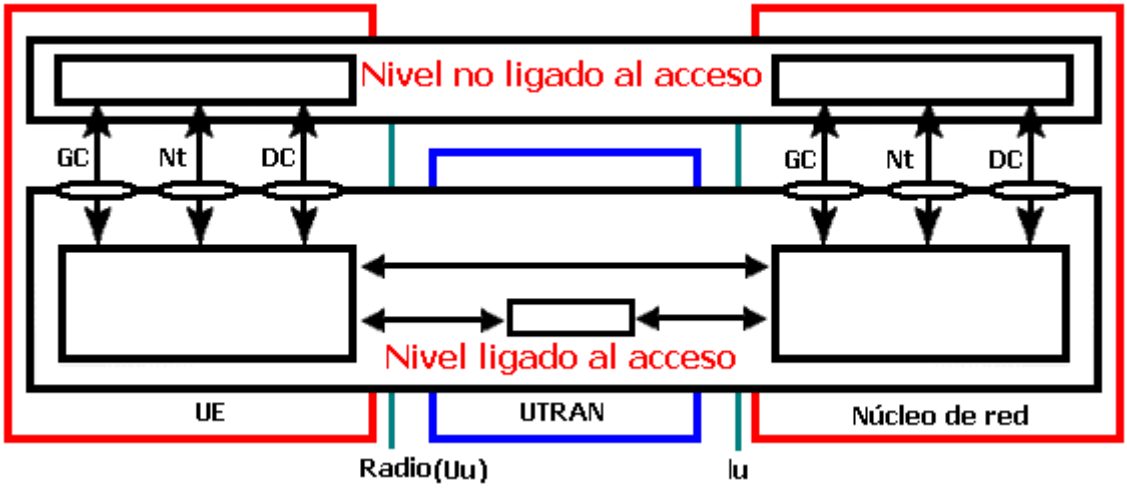


Figura 2. Niveles de acceso al servicio

[11] SAP: *Service Access Point*

Núcleo de red

El núcleo de red, basado en arquitecturas «todo IP», incorpora las funciones de transporte e inteligencia. Las primeras soportan el transporte de información de tráfico y señalización; las segundas incluyen el encaminamiento y la gestión de movilidad. A través del núcleo de red, el sistema UMTS se conecta con otras redes para permitir la comunicación entre sus usuarios y los de otras redes.

Red de Acceso Radio o UTRAN

La UTRAN conecta los terminales móviles y el núcleo de red. Se compone del RNS[12], de los sistemas de control radio RNC[13] y una serie de nodos B, cada uno de los cuales depende de un RNC. Merece destacar la tecnología utilizada en la interfaz radio, basada en tecnologías de espectro ensanchado DS-CDMA[14], en vez del acceso tradicional por división del tiempo TDMA[15] de los sistemas 2G.

Fundamentos de DS-CDMA

Se trata de una técnica de acceso basada en el principio de espectro ensanchado. A partir de la señal en banda base, se genera una moduladora de un ancho de banda mucho mayor, utilizando para ello un código de expansión espectral que permite la separación entre diferentes comunicaciones que comparten la misma portadora. El acceso múltiple se basa en que las secuencias presentan unas buenas propiedades de autocorrelación; es decir, el producto de una secuencia consigo misma es un valor mucho mayor que el de dicha secuencia con otra diferente o con su réplica desplazada en el tiempo.

Las secuencias pueden ser pseudoaleatorias u ortogonales. Las primeras, aunque no tienen un periodo de repetición infinito, presentan buenas características de correlación; mientras que en las segundas, el producto de dos secuencias ortogonales es cero, pero a costa de mayores requisitos de sincronización. En UMTS se utilizan secuencias ortogonales de factor de ensanchamiento variable OVSF[16] cuyo periodo se adapta a la duración del símbolo empleado en cada momento, consiguiendo que la correlación se efectué siempre sobre el periodo de la secuencia.

En el enlace descendente de los sistemas UMTS (DS-CDMA) la multiplicación de la banda base por la secuencia se realiza en dos pasos: primero se multiplica por una secuencia de canalización, para obtener la banda ensanchada y separar transmisiones entre usuarios de la misma célula; a continuación, se multiplica por una secuencia aleatoria cuya función es separar las transmisiones entre células. Esta secuencia es la misma para todos los usuarios de una célula y diferente respecto a los usuarios de otra célula, adyacente o no.

Estructura del protocolo UMTS

La interfaz radio UMTS se estructura conforme al protocolo de capas OSI[17]. Las capas que intervienen son: la capa Física L1, la de Enlace de Datos L2 y la de Red L3. También tiene un plano de usuario U para todo lo relacionado con la transferencia de información de tráfico entre usuarios, y un plano de control C que trata los aspectos de señalización del sistema (fig. 3).

[12] RNS: *Radio Network System*
[13] RNC: *Radio Network Controller*
[14] DS-CDMA: *Direct Sequence-Code Division Multiple Access*
[15] TDMA: *Time Division Multiple Access*
[16] OVSF: *Orthogonal Variable Spreading Factor*
[17] OSI: *Open System Interconexion*

En el plano U existen dos subcapas pertenecientes al nivel L2: la BMCP[18], encargada de regular la transmisión de información general en el modo de trabajo transparente o sin acuse de recibo, y la PDCP[19], cuya misión es comprimir los paquetes de la capa superior para mejorar la eficiencia espectral.

Por encima de la capa L2 está la L3, cuyo cometido es conseguir que los paquetes de información alcancen su destino. Se divide en tres subcapas: Gestión de Recursos Radio RRM[20], Control de Llamadas y Gestión de la movilidad. De las tres subcapas solo la RRM es la que maneja elementos de la red UTRAN (RNC, nodo B), siendo las otras transparentes a ella. La RRM también mantiene la configuración de capas inferiores mediante los siguientes procesos de gran importancia en UMTS:

- Control de admisión. Aprobación o rechazo de una nueva conexión: se evalúa el impacto de la nueva conexión sobre la carga del sistema; también se analiza la potencia requerida por el terminal móvil y su efecto en el nivel de interferencia de la célula.
- Planificación de la ejecución de los paquetes: se gestiona el tráfico de paquetes no sometidos al requisito de tiempo real, para optimizar la carga del sistema.
- Control de congestión: se emplean algoritmos para reducir la congestión, como la disminución de la tasa, el traspaso a otras portadoras o incluso la liberación de la conexión.

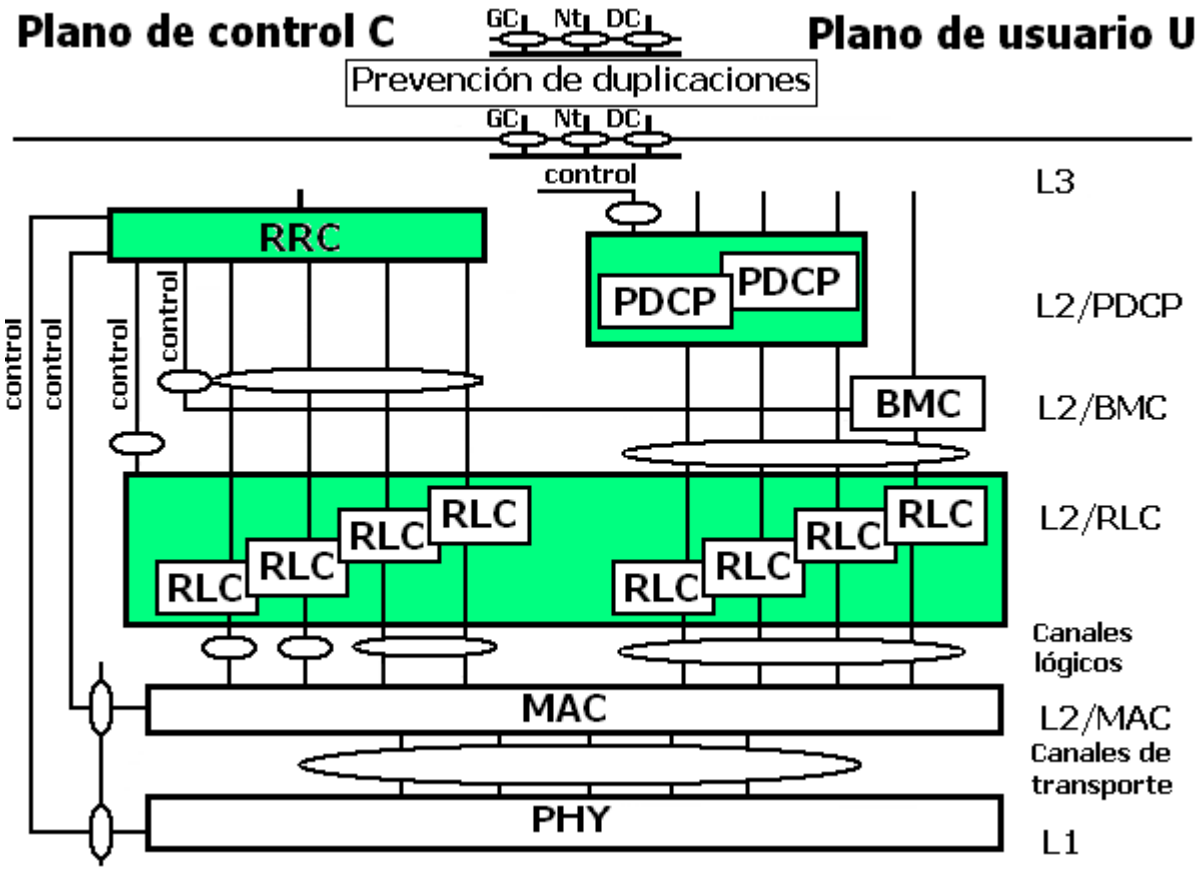


Figura 3. Estructura del protocolo interfaz radio

[18] BMCP: *Broadcast Multicast Control Protocol*
[19] PDCP: *Packet Data Convert Protocol*
[20] RRM: *Radio Resource Management*

Canales del sistema UMTS

Las interfaces entre capas están definidas por los canales. En las subcapas de acceso al medio, la MAC[21] y la RLC[22], los canales se denominan lógicos, mientras que entre la capas física (PHY) y la MAC están los canales físicos. Finalmente, las capas superiores a RLC emplean los canales de transporte como interfaz.

Los canales lógicos son canales de control y de tráfico; es decir, se definen por lo que se transmite sin considerar el modo de transmisión, cuya responsabilidad es de los canales de transporte.

El formato de transmisión se le indica a la capa L1 por medio de los canales de físicos. En UMTS existe una correspondencia entre los canales de transporte y los físicos, lo que permite dos modos de operación: FDD[23] y TDD[24], que se verán más adelante.

Otro aspecto de UMTS es la gran versatilidad que existe a la hora de elegir los parámetros que intervienen en la constitución de los canales de transporte. Algunas de las opciones son: a) Protección contra errores con Códigos de Redundancia Cíclicos de 8, 12, 16 o 24 bits o sin protección. b) Codificación del canal a base de códigos de convolución con tasas 1/2, 1/3 o turbo. c) Profundidad de entrelazado de 10, 20, 40 u 80 ms. d) Multiplexación o no de varios canales de transporte. Es decir, una de las características de UMTS es la gran flexibilidad que existe a la hora de utilizar todas las opciones que proporcionan las capas 1, 2 y 3. Considerando todas las posibilidades, hay del orden de 2 millones de combinaciones, lo que permite ajustar con gran precisión las portadoras a los servicios.

Bandas de funcionamiento y anchura de banda

Ya hemos dicho que UMTS se estructura en dos modos: FDD y TDD, a los cuales se les asigna unas bandas de frecuencia establecidas en el IMT-2000[25]. El criterio de asignación se basa en si las porciones del espectro están emparejadas o no. Una porción emparejada es la que utiliza una mitad para un sentido del enlace y la otra para el sentido opuesto. Las porciones desemparejadas son las que no están repartidas a partes iguales entre los dos sentidos.

El modo FDD se utiliza en las porciones emparejadas (1920-1980 MHz para el enlace ascendente y 2110-2170 MHz para el descendente). El modo TDD se emplea en las no emparejadas (2010 a 2015 MHz y de 1900 a 1920 MHz). Todo ello se traduce en la disponibilidad de 60 + 60 MHz para FDD (60 UL + 60 DL) y de 15 + 20 MHz = 35 MHz para TDD. En UMTS la anchura de banda de los canales es de 5 MHz por lo que se dispone de 12 portadoras FDD y 7 TDD. Además, la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2000 asignó bandas adicionales que están a disposición de las administraciones nacionales.

Organización y tasa de las transmisiones

Tanto en modo FDD como TDD las transmisiones se organizan de la misma forma: tramas de 10 ms de duración compuestas por 15 intervalos de transmisión. Las tramas se agrupan a su vez en supertramas de 72 tramas, o lo que es lo mismo, 720 ms de duración. Cada intervalo de transmisión contiene 2560 chips[26] por lo que la tasa de chip es 3,84 Mchip/s. No obstante, aunque la estructura de las transmisiones sea la misma para FDD y TDD el significado de los modos es muy diferente.

[21] MAC: *Medium Access Control*
[22] RLC: *Radio Link Control.* Es un protocolo que aísla la capa L2 de los errores de transmisión de capas superiores.
[23] FDD: *Frecuency Division Duplex*
[24] TDD: *Time Division Duplex*
[25] IMT-2000: *International Mobile Telecommunications 2000*.
[26] Chip: Bit que resulta de aplicar técnicas de espectro ensanchando a los bits de información.

Modos FDD y TDD

El modo FDD se denomina también WCDMA[27]. Es un sistema DS-CDMA donde cada transmisión se basa en una o más secuencias de manera que, para una misma portadora, los canales se separan mediante sus secuencias (de canalización y aleatoria) y a veces por la fase de la modulación en los enlaces ascendentes. Esta estructura *no* separa canales, solo establece una frecuencia de actualización de algunos de los parámetros de la transmisión.

El espectro ensanchado permite recuperar la señal en condiciones de interferencia y ruido severos. La fig. 4 muestra esquemáticamente el proceso.

El modo FDD utiliza una modulación digital de fase tipo QPSK[28] en ambos sentidos aunque con ligeras diferencias, y requiere una banda de frecuencias para el enlace ascendente y otra para el descendente. Es una modulación eficiente en el contexto de las comunicaciones móviles.

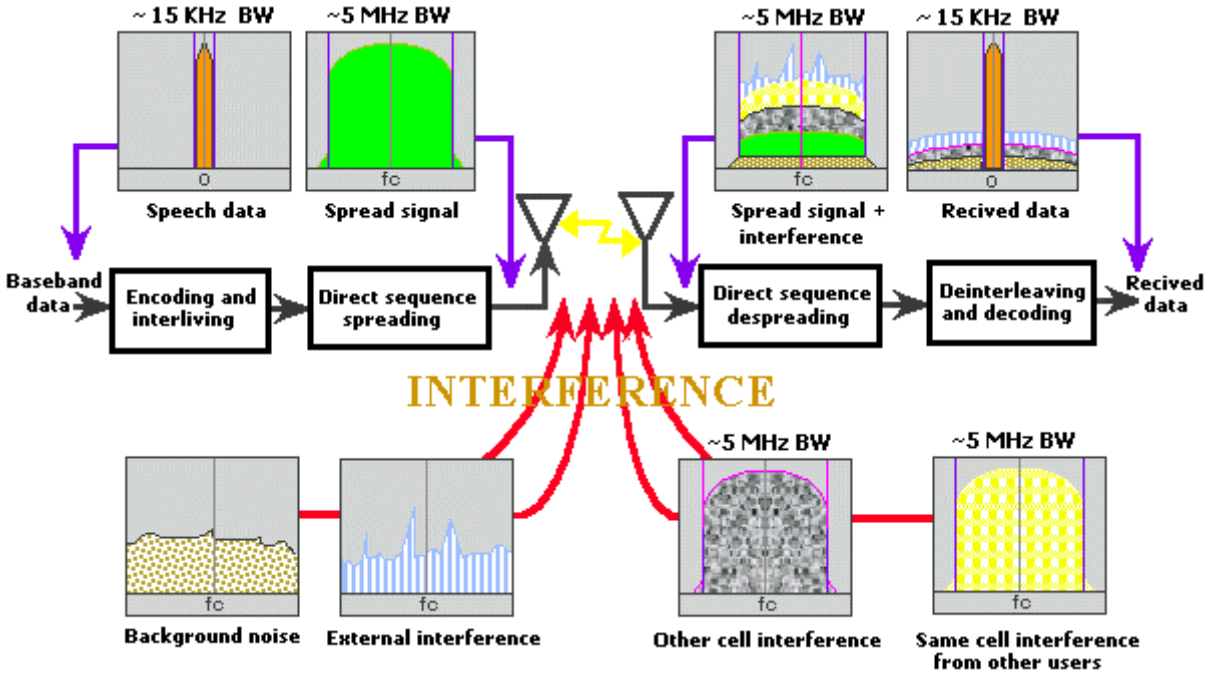


Figura 4. Efecto del espectro ensanchado en condiciones de ruido e interferencias

En el modo TDD, una transmisión se identifica por la frecuencia portadora, el código CDMA y el intervalo de tiempo. Es decir, la división de las transmisiones en intervalos de tiempo *sí* tiene un significado de separación de canales. Este hecho obliga a que este modo sea síncrono (con un reloj común a los nodos B de todas las estaciones), para que exista una base de tiempo única que permita implementar esta separación de canales de forma eficiente. La modulación es también QPSK en ambos sentidos, pero solo es necesaria una frecuencia portadora (mientras que FDD requiere dos portadoras, como dijimos). En TDD el reparto se hace asignando cada uno de los 15 intervalos de trama a uno u otro sentido. La asignación puede cambiar de trama a trama por lo que este modo es muy útil para manejar tráfico asimétrico que requiera gran flexibilidad en la asignación de recursos, como, por ejemplo, en *Internet*.

La correspondencia de canales lógicos, físicos y de transporte en los modos FDD y TDD, así como la especificación de las interfaces excede el alcance de este artículo.

[27] WCDMA: *Wideband Code Division Multiple Access*.
[28] QPSK: *Quadrature Phase Shift Keying:* método de modulación de fase en señales digitales.

Un paso más: de los sistemas 3.5G a los 3.9G

La telefonía móvil 4G ha sido objeto de interés desde que en 1997 la *International Telecommunications Union Radiocommunication Sector* (ITU-R) definió los sistemas 3G. Los requisitos iniciales los estableció la ITU-R en el proyecto IMT-2000 donde se especifica que la máxima tasa de datos de usuario es de 2048 Kbps para entornos cerrados (*indoor*), 384 Kbps para entornos mixtos urbanos y 144 Kbps para entornos móviles.

Para facilitar la colaboración entre asociaciones y empresas de telecomunicaciones, en 1998 se creó la Asociación de Proyectos de Sistemas 3GPP, que empezó a trabajar en la especificación de los principales elementos de la arquitectura. Los sistemas 3G (como el UMTS) no alcanzaron inmediatamente las tasas establecidas en los requisitos IMT-2000, por lo que se planteó la necesidad de evolucionar la tecnología. La combinación del HSDPA[29], 3GPP *Release 5*, así como la inclusión del canal HSUPA[30], introducido en el *Release 6*, desembocaron en la tecnología HSPA[31], también denominada 3.5G. La mayor parte de los sistemas UMTS se han actualizado a HSPA para aumentar la tasa de datos inicial y la eficiencia de los paquetes. HSPA ha evolucionado hacia HSPA+, que proporciona mayor eficiencia espectral, mayor tasa de datos, menor latencia y permite utilizar la potencialidad de WDCMA. Las características de HSPA+ son las siguientes:

- 3GPP *Release 7*. Técnicas MIMO[32] en enlaces descendentes, modulación 16 QAM[33] para enlaces ascendentes y 64 QAM para descendentes, mejora en los protocolos de la capa L2, y conectividad continua a nivel de paquete de datos. Es decir, se priman las características asociadas con una mayor tasa de datos y una mayor eficiencia de las capacidades ya disponibles.
- 3GPP *Releases 8, 9, 10*. Las mejoras están relacionadas con la capacidad multiportadora en enlaces ascendentes (2) y descendentes (4), la combinación de técnicas MIMO y la modulación 64 QAM.

El incremento en la demanda de accesos móviles de banda ancha con mayor tasa de datos y mejor calidad de servicio (QoS[34]), llevó al 3GPP a iniciar dos proyectos en paralelo: LTE[35] y SAE[36], los cuales definirían el acceso tanto a la componente radio como al núcleo de la red. Estas especificaciones están incluidas en el paquete 3GPP *Release 8* y se denomina EPS[37], aunque genéricamente se conocen como LTE. EPS es un paso adelante para conseguir una mayor eficiencia, una menor latencia y una optimización de los paquetes; también proporciona un servicio más seguro; atributos, todos ellos, deseables en los sistemas 4G.

El acceso a la interfaz radio se efectúa a través del diseño de formas de onda OFDM[38] en enlaces descendentes, que evitan las interferencias inter-símbolo que limitan el comportamiento a altas tasas binarias. En enlaces ascendentes se utiliza SC-FDMA[39]. También se emplean las técnicas MIMO para aumentar la tasa binaria. A nivel red se define una arquitectura IP plana que permite implementar técnicas QoS.

Por último, cabe mencionar que LTE, al igual que UMTS, incluye los dos modos FDD y TDD (también conocido como TD-LTE) que serán el germen de las redes basadas en TD-SCDMA.

Todas estas características no han permitido alcanzar los requisitos atribuibles a los sistemas 4G, por lo que esta tecnología se denomina 3.9G.

Antes de entrar en la definición de los sistemas 4G, la 3GPP introdujo pequeños cambios en las especificaciones de LTE, como la inclusión de las denominadas *femtocells* (estaciones base que dan cobertura a organizaciones o comunidades pequeñas) y los sistemas conformadores de haz de dos capas (*Release 9*).

[29] HSDPA: *High Speed Downlink Packet Access*
[30] HSUPA: *High Speed Uplink Packet Access*
[31] HSPA: *High Speed Packet Access*
[32] MIMO: *Multiple Input Multiple Output*
[33] QAM (16, 64) : *Quadrature Amplitude Modulation* de 16 o 64 estados.
[34] QoS: *Quality of Service*
[35] LTE: *Long Term Evolution*
[36] SAE: *System Architecture Evolution*
[37] EPS: *Evolve Packet System*
[38] OFDM: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*
[39] SC-FDMA: *Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*

Ambas tecnologías están incluidas en LTE-A. En otro artículo, que se publicará en el próximo BTIA, se presentarán los sistemas 3.9 G y 4G.

Los requisitos de los sistemas 4G fueron definidos por el ITU-R en el proyecto IMT-A[40], que sustituyó al IMT-2000. Entre las tecnologías propuestas estaban la ya citada LTE-A, especificada en el *Release 10* del 3GPP. Uno de los requisitos contemplados es la compatibilidad con LTE; es decir, se deberá poder desplegar un sistema LTE-A en lugares donde ya haya sistemas LTE en operación. Otra de las tecnologías candidatas es la IEEE 802.16m. El conjunto de requisitos IMT-A son los siguientes:

- Alto grado de comunalidad en la funcionalidad a nivel global.
- Compatibilidad de servicios dentro del contexto IMT y con redes fijas.
- Compatibilidad a efectos de interconexión de red con otros sistemas de acceso móviles.
- Terminales de alta capacidad y calidad.
- Sistemas de usuario susceptibles de utilización en un ámbito global.
- Aplicaciones, servicios y equipamiento con interfaces. Utilización ergonómica y amigable.
- Capacidad de «itinerancia» mundial (*worldwide roaming*)
- Tasas de datos capaces de soportar servicios y aplicaciones avanzadas (100 Mbps para sistemas de alta movilidad y 1 Gbps para los de baja movilidad).

Como se puede ver, todos son requisitos de alto nivel, excepto el último. No obstante, se han establecido criterios donde se prioriza, por ejemplo, el comportamiento en los bordes de las celdas o la eficiencia espectral sobre la tasa máxima y la capacidad VoIP. En la tabla 2 se comparan los requisitos LTE, LTE-A e IMT-A.

Elemento	Enlace	Conf. Antena	LTE R8	LTE-A	IMT-A
Tasa datos Max	DL	8x8	300 Mbps	1 Gbps	1 Gbps
	UL	4x4	75 Mbps	500 Mbps	-
Efic. Espec. Max	DL	8x8	15 Mbps	30	15
	UL	4x4	3.75 Mbps	15	6.75
Capacidad (bps/Hz/Celda)	DL	4X2	1.87 Mbps	2.6	2.2
	UL	2X4	-	2.0	1.4
Borde celda (bps/hz/celda/usr)	DL	4x4	0.08	0.12	-
	UL	2x4	-	0.07	0.03

Tabla 2. Generaciones de telefonía móvil

Es importante destacar la posibilidad de utilizar distintas zonas del espectro radioeléctrico en los despliegues LTE-A debido a que cada región o país tiene diferente legislación sobre el uso del espectro. También cabe señalar que la eficiencia espectral de los sistemas LTE-A, desde la perspectiva del enlace a nivel radio, ya alcanza tasas de datos muy próximos al límite de Shannon, por lo que estos sistemas deberán rediseñarse para mejorar la Relación Señal Interferencia y Ruido (SINR) y su comportamiento en porciones mayores de la celda.

[40]IMT-A: *International Mobile Telecommunications-Advance*

FUNDAMENTOS DE COMPUTACIÓN CUÁNTICA

Este artículo es un extracto del trabajo realizado para la asignatura «Procesamiento paralelo» del Curso de Doctorado 2011 de la ETSIAN.

CF ingeniero Antonio González García
JAL, Ramo Técnico de Sistemas

En la computación clásica el almacenamiento y procesamiento de información está basado en bits que tienen un valor discreto y determinista; sin embargo, la computación cuántica trata la información mediante *qubits*, capaces de mantener dos estados simultáneamente con una cierta probabilidad. En consecuencia, se pueden procesar ambos estados a la vez, reduciendo enormemente el tiempo de procesamiento.

La computación cuántica puede acelerar ciertos algoritmos, hasta el punto de influir sustancialmente sobre campos como la criptografía, basada hoy día en la *seguridad computacional*, esto es, la certeza de que el descifrado de un texto cifrado llevaría miles de años en un ordenador convencional, sin embargo podría realizarse en segundos utilizando la computación cuántica.

En este artículo se presentan los *qubits* y se explican los fundamentos de la computación cuántica y sus propiedades. También se describe el estado del arte de los ordenadores cuánticos.

Introducción

La computación cuántica está basada en las propiedades de la interacción cuántica entre partículas subatómicas, tales como la superposición simultánea de dos estados en una sola partícula subatómica.

La *superposición cuántica*, propiedad fundamental de la interacción cuántica, se aprovecha para el desarrollo teórico de los algoritmos cuánticos, logrando una capacidad de procesamiento exponencial, porque permite mantener múltiples estados en un bit cuántico, es decir un «0» y un «1» simultáneamente, a diferencia del bit convencional de la computación actual, que únicamente es capaz de permanecer en un solo estado discreto, bien sea el «0» o el «1» lógico.

Ciertos algoritmos matemáticos se han aplicado con éxito a problemas de computación tradicionales utilizando los fundamentos de la computación cuántica. Se pueden citar como ejemplos el cálculo de los factores primos de un número y los algoritmos de manejo de información (la búsqueda en bases de datos no ordenadas).

Cualquier interacción con el mundo subatómico produce un cambio en éste, es decir, toda medición o lectura conlleva indefectiblemente una modificación del estado de las partículas. Este fenómeno se aprovecha en la *teletransportación cuántica* para transmitir información, y asimismo puede utilizarse como mecanismo de seguridad en la criptografía cuántica.

El *qubit*

El elemento básico de la computación cuántica es el bit cuántico o *qubit* (del inglés, *quantum bit*). Un *qubit* representa ambos estados simultáneamente, un «0» y un «1» lógico, correspondientes, por ejemplo, a los dos estados ortogonales de una partícula subatómica. En definitiva, un *qubit* es un vector de dos dimensiones, cuyo módulo es la unidad, en un espacio vectorial complejo bidimensional. Utilizando la notación de Dirac, se designa como $|\psi\rangle$, de manera que, en general, un *qubit* es una combinación lineal de los dos estados básicos $|0\rangle$ y $|1\rangle$,

$$|\psi\rangle = \alpha\,|0\rangle + \beta\,|1\rangle$$

donde las amplitudes de probabilidad, α y β, son números complejos. Los cuadrados de estos coeficientes determinan, respectivamente, la probabilidad de obtener por término medio los resultados $|0\rangle$ y $|1\rangle$. Como la probabilidad total tiene que ser la unidad, entonces:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

Los posibles valores de un *qubit* $|\psi\rangle$ se pueden representar mediante los puntos de la esfera de radio unidad (ver fig. 1), donde los polos son los valores $|0\rangle$ y $|1\rangle$. Cuando se mide el estado del *qubit*, se puede obtener un $|0\rangle$ con probabilidad $|\alpha|^2$ y un $|1\rangle$ con probabilidad $|\beta|^2$. En el momento de efectuar la medición, el valor pasa a ser un $|0\rangle$ o un $|1\rangle$.

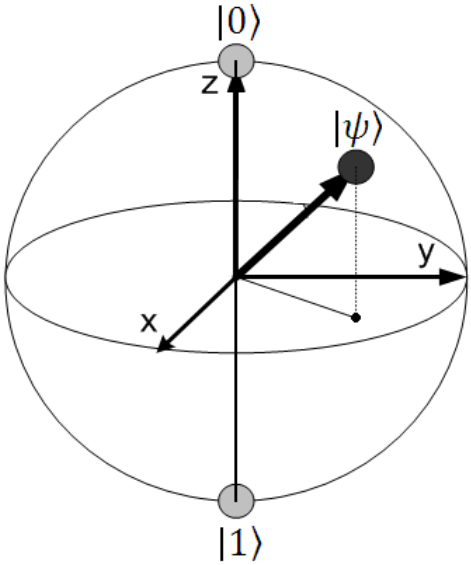


Figura 1. Espacio de los posibles valores de $|\psi\rangle$

Esto tiene una interpretación gráfica: la esfera de la izquierda de la fig. 2 representa varios estados superpuestos del *qubit* antes de medir, mientras que, después de la medida, el valor de $|\psi\rangle$ se particulariza para $|0\rangle$ o $|1\rangle$.

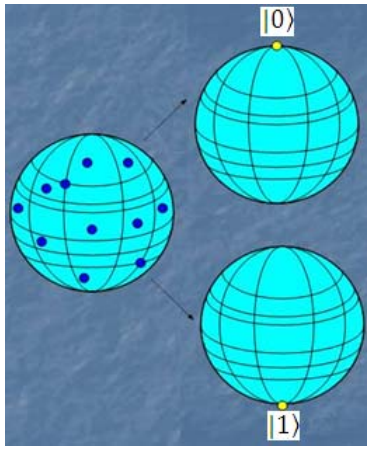


Figura 2. Particularización de un *qubit*

Superposición cuántica

La superposición cuántica es la propiedad de los *qubits* de tener simultáneamente n valores de una cantidad observable, que se particularizan precisamente cuando se observan. Esta propiedad permite operar matemáticamente con todos los valores del *qubit* simultáneamente. En definitiva, un vector de n *qubits* representa a la vez 2^n estados simultáneos.

Cualquier sistema cuántico con dos estados discretos distintos puede servir como *qubit*, como, por ejemplo, el espín de un electrón o el espín de un fotón con polarización horizontal o vertical. Además, un *qubit* no puede ser clonado ni copiado, y tampoco puede enviarse de un lugar a otro.

Entrelazamiento (*entanglement*)

Debido al fenómeno del *entrelazamiento*, dos partículas subatómicas permanecen indefectiblemente relacionadas entre sí siempre que hayan sido generadas en un mismo proceso (Ej. la desintegración de un neutrón en un positrón y un electrón).

Estas partículas forman subsistemas que no pueden describirse separadamente. Cuando una de las dos sufre un cambio de estado, repercute en la otra. Y eso ocurre de forma instantánea y con independencia de la distancia que las separe en ese momento. Esta característica se desencadena cuando se realiza una medición sobre una de ellas. Como consecuencia, una vez medido el primer *qubit*, el valor del segundo está determinado. Y esto se cumple aunque los dos *qubits* no estén localizados en el mismo lugar; por lo tanto, podemos conocer el valor del segundo *qubit* cuando sepamos el primero, y viceversa.

Teletransporte cuántico

El *teletransporte cuántico* se describe como la posibilidad de «*transmitir qubits sin enviar qubits*».

Para transmitir bits en la computación tradicional, se clonan o copian y luego se envían a través de diferentes medios como el cobre, la fibra óptica, las ondas de radio, etc. Pero, como dijimos, en la computación cuántica no es posible clonar ni copiar, y tampoco enviar *qubits* de un lugar a otro.

Si tenemos un *qubit* en un estado concreto, el receptor no podrá leerlo con certidumbre, pues cualquier intento de medirlo podría modificar dicho estado, perdiendo la información que dicho estado implica e imposibilitando su recuperación. El teletransporte cuántico resuelve este problema utilizando el entrelazado para poder transmitir un *qubit* sin necesidad de enviarlo, siempre que el emisor y el receptor posean un par de *qubits entrelazados*. Este fenómeno se conoce como «correlación de Einstein-Podolsky-Rosen (EPR)».

Paralelismo cuántico

La superposición cuántica consigue un paralelismo exponencial en el cálculo, usando puertas lógicas de *qubits*. En una puerta lógica de n *qubits* hay n *qubits* de entrada en superposición de estados $|0\rangle$ y $|1\rangle$ que juntos constituyen una superposición de 2^n estados, evaluados en paralelo. Por cada *qubit* adicional la cantidad de estados se duplica.

El paralelismo cuántico se puede aplicar a la resolución de problemas donde los ordenadores clásicos son muy poco eficientes. El espacio de los estados crece exponencialmente con el número de bits, mientras que lo hace linealmente con el número de *qubits*. Esto se debe a que si bien n bits pueden combinarse de 2^n maneras diferentes, la superposición provoca que una combinación de n *qubits* admita todas las combinaciones lineales posibles de vectores de estado, cada uno de los cuales genera a su vez las 2^n combinaciones.

Dicho de una manera abreviada, la ventaja de los ordenadores cuánticos es que resuelven con complejidad lineal problemas que muestran complejidad exponencial en los ordenadores clásicos. Pero, emplear ordenadores cuánticos no siempre es lo más adecuado; por ejemplo, no se aprecian ventajas en la evaluación de funciones. En cuanto a su aplicación a la simulación, no ha sido suficientemente estudiada todavía.

Ya existen actualmente algoritmos como el de Shor (para determinar el periodo de una función) o el de Grover (para descomponer números en sus factores primos) diseñados para ordenadores cuánticos.

Criptografía cuántica

Como se ha mencionado anteriormente, emplear ordenadores cuánticos en la criptografía cambiaría completamente los sistemas actuales, basados principalmente en la seguridad computacional proporcionada por la dificultad para factorizar números en los ordenadores tradicionales.

A modo de ejemplo, el tiempo que requiere la factorización de claves de 2048 bits es de unos $4 \cdot 10^{16}$ años en un ordenador convencional. En 1994, utilizando algoritmos distribuidos en red, se logró factorizar una clave de 512 bits en 8 meses. Sin embargo, se estima que los algoritmos cuánticos de factorización realizarían este cálculo en apenas unos segundos.

Además, la criptografía cuántica permite distribuir claves privadas a través de un canal cuántico, con la ventaja de que cualquier intento de medir la clave será detectado, debido a que es imposible observar un *qubit* sin dejar rastro. La distribución cuántica de claves ya es posible con la tecnología existente. En 1997 se logró distribuir cuánticamente una clave a través de 23 Km de fibra bajo el lago Génova.

Ordenadores cuánticos

Los ordenadores clásicos están llegando al límite de la miniaturización y la frecuencia de reloj. Al mismo tiempo los requisitos de disipación del calor son tan enormes que pronto no será posible cumplirlos. La computación cuántica puede ser la solución que permita diseñar ordenadores más rápidos. Sin embargo, las ventajas de la superposición cuántica para el procesamiento paralelo se ven oscurecidas por los problemas a la hora de leer la información sin influir en el sistema. Hay, además, ciertos obstáculos que impiden construir un ordenador cuántico que pueda rivalizar con los ordenadores actuales; los principales son la corrección de errores, la decoherencia y la arquitectura *hardware*.

La corrección de errores es necesaria para compensar la decoherencia o tendencia de un ordenador cuántico a variar su estado cuántico a causa de su interacción con el medio. Estas interacciones de los *qubits* con el medio son inevitables y pueden degradar la información almacenada en el ordenador. Por tanto, para lograr que un ordenador cuántico funcione se debe conseguir que la decoherencia se mantenga en un nivel aceptable. Gracias a la teoría de corrección de errores cuánticos, propuesta en 1995 y desarrollada desde entonces, ya se han construido ordenadores cuánticos a pequeña escala y están previstos otros de mayor capacidad. Probablemente la idea más importante en el campo de la corrección de errores es aplicar la coherencia de fase para extraer información sin efectuar una medida del sistema. La técnica de propagación de la información utiliza la propiedad del entrelazamiento para estudiar las interacciones entre estados como un medio indirecto para analizar la información cuántica; es decir, en lugar de efectuar una medida, se comparan los spines para ver si se ha generado alguna diferencia ente ellos. Con esta técnica se pueden detectar y corregir errores y mantener la coherencia en el sistema cuántico, convirtiéndose en el argumento contra escépticos y en la esperanza para los partidarios de la computación cuántica.

La arquitectura de un ordenador cuántico es muy similar a las arquitecturas actuales. Por lo que respecta al *hardware*, el principal desafío consiste en lograr dispositivos cuánticos en sólidos. En 1998, en *Los Alamos National Laboratory* y el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) consiguieron propagar un *qubit* de tres spines nucleares en una molécula de una solución líquida de moléculas de alanina o tricloroetileno, utilizando técnicas de resonancia magnética nuclear; de esta manera pudieron construir en 1999 un ordenador cuántico. Aun así, el *hardware* de los ordenadores cuánticos está todavía en los primeros estadios. Varios grupos de investigadores están trabajando en la tarea de combatir la decoherencia, logrando ya resultados aceptables mediante códigos de corrección de errores y algoritmos cuánticos basados en trampas de iones, electrodinámica cuántica de cavidades y resonancia magnética nuclear. Estos diseños están teniendo un éxito moderado debido a algunas limitaciones como la limitación en velocidad de la frecuencia de vibración de los modos de las trampas de iones, o la atenuación exponencial de la relación señal/ruido cuando aumenta el número de *qubits* en los dispositivos de resonancia magnética nuclear, mientras que con las cavidades cuánticas por el momento solo se han conseguido unos pocos *qubits*.

En el año 2000, IBM creó un ordenador cuántico de cinco *qubits* capaz de ejecutar un algoritmo de búsqueda basado en el algoritmo de Shor. Ese mismo año, *Los Alamos National Laboratory* anunciaron el desarrollo de un ordenador cuántico de siete *qubits*, utilizando resonancia magnética nuclear. Más tarde, con este ordenador se calcularon los factores primos del número 15 dando el resultado correcto (3 y 5) utilizando para ello 1018 moléculas, cada una con siete átomos. En 2005, la Universidad de Innsbruck anunció la creación del primer *qbyte* (una serie de ocho *qubits*) utilizando trampas de iones. En 2006, se desarrolló un sistema de doce *qubits*.

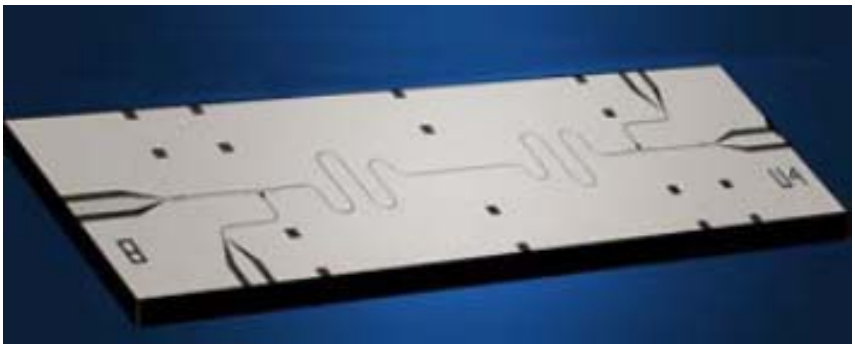


Figura 3. Primer procesador cuántico de estado sólido

En 2009, el equipo de investigadores de la Universidad de Yale, que ya en 2007 había desarrollado el bus cuántico, creó el primer procesador cuántico de estado sólido de dos *qubits*, que se asemeja y funciona de forma similar a un microprocesador convencional, aunque con la capacidad de realizar sólo unas pocas tareas muy simples, como operaciones aritméticas o búsquedas de datos. La comunicación dentro del dispositivo se realiza mediante fotones que se desplazan sobre el bus cuántico.

Figuera 4. *D-Wave One*

Por último, en 2011, la empresa D-Wave Systems, fundada en 1999, vendió el primer ordenador cuántico comercial, el *D-Wave One*, a Lockheed Martin por 10 millones de dólares. El ordenador está basado en el procesador Rainier de 128 *qubits*, de la misma empresa, que incorpora uniones Josephson con superconductores (ver «Materiales superconductores», BTIA números 1 y 2).

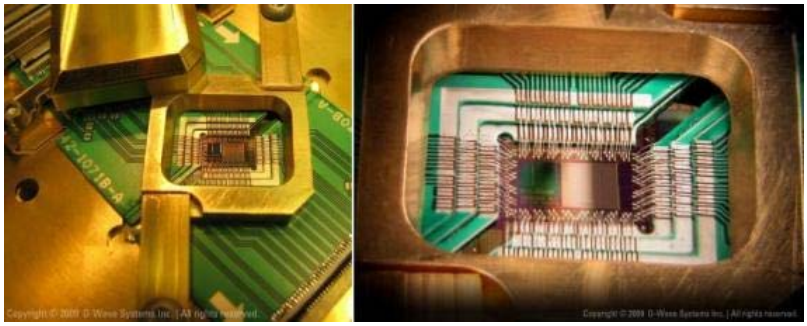


Figura 5. Procesador Rainer

El ordenador *D-Wave One* completo ocupa 9 m^2 debido al volumen de los equipos necesarios para su apantallamiento y la criogenia que precisa para mantener la temperatura de los superconductores.

MAL DE MAR

Los marineros son gente gentil, inurbana, que no saben otro leguaje que el que se usa en los navíos, en la bonanza son diligentes y en la borrasca, perezosos, en la tormenta mandan muchos y obedecen pocos, su Dios es su arca y su rancho, y su pasatiempo ver mareados a los pasajeros. (El Licenciado Vidriera. Cervantes)

CF doctor ingeniero naval
José María Riola Rodríguez
Profesor de la ETSIAN

Habitualmente se define el «mareo» como una desagradable sensación subjetiva de inestabilidad y desequilibrio, asociado generalmente a náuseas y a una impresión personal de absoluta incapacidad física. Sensación bien conocida por todos aquellos que en un momento u otro la hemos padecido, ya sea en barcos de gran porte o en barcos pequeños. La medicina reconoce dos tipos de mareo, el *fisiológico*, que es el que nos ocupa, y el patológico, cuyo principal representante es el vértigo.

El órgano responsable de la coordinación espacial es el oído interno, y concretamente los canales del llamado *caracol*. Este sistema vestibular, proporciona información relacionada con la orientación espacial debido a la existencia de partículas en suspensión en el líquido de los conductos semicirculares, denominados *otolitos*. La información recogida por el sistema vestibular se integra con la información visual a través del sistema nervioso central, y el sistema visual y locomotor informa de la dirección de la vertical del cuerpo en relación con las estructuras vecinas, y mediante los movimientos laterales de la cabeza pretende mantener la estabilidad postural. Por tanto, son distintos los puntos de posible anomalía funcional: vestibular, visual, integración de los mismos, mecanismos de respuesta muscular, etc., que pueden dar como consecuencia la aparición del mareo. Llamamos *cinetosis* al mareo que se asocia al movimiento, y tiene lugar fundamentalmente cuando recibimos información contradictoria entre dos órganos. Por ejemplo, un viajero en una cabina de un barco en movimiento recibe una información engañosa, puesto que sus ojos le dicen que su entorno físico más próximo, el camarote, no se mueve, mientras que su oído interno le dice justamente lo contrario.

Un buque en la mar es excitado por el oleaje y como respuesta se moverá alrededor de sus seis grados de libertad, así que oscilará y girará sobre cada uno de los tres ejes espaciales. Dichos movimientos dependerán del estado de la mar en esa zona, que vendrá determinado por las olas y el periodo entre ellas. Además influye la propia maniobra, la velocidad, el rumbo respecto de la mar, las características propias del barco, la forma, la masa, la inercia, etc. De los seis posibles movimientos, son el balance y la arfada o cabeceo los que más influyen en el mareo, pero la investigación concluye que son las aceleraciones verticales, tanto en frecuencia como en amplitud, sus principales causas. Si las frecuencias de las aceleraciones verticales de oscilación están cercanas a las frecuencias naturales del buque, se darán condiciones de resonancia que aumentará las amplitudes de las oscilaciones. Para complicar más este fenómeno, dos personas no tienen la misma respuesta ante un mismo movimiento, ni incluso las respuestas son las mismas para una misma persona en un momento u otro. Así que tenemos un fenómeno subjetivo muy difícil de tabular y valorar.

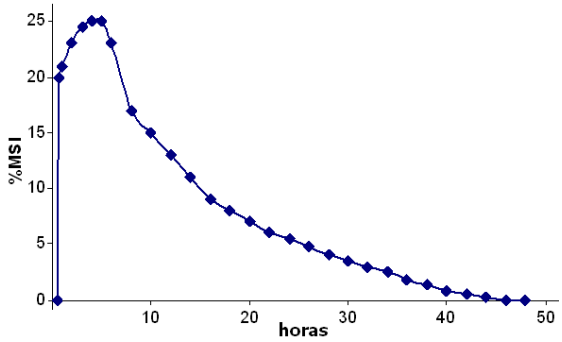
Como cualquier otro problema, necesitamos echar un poco de matemáticas para poder hablar de datos de incidencia del mareo y cuantificar la degradación de la efectividad. Para ello se define un criterio

operativo; el de *Incidencia del Mareo* MSI (*Motion Sickness Incidence*), pero existen otros como el de *Interrupción de Tarea*, el *Vomiting Incidence*, el *Illness Rating* o el *Subjective Motion* para vehículos de pequeño tamaño.

El criterio de incidencia al mareo MSI se basa en los resultados de pruebas con más de 300 voluntarios, llevados a cabo por O´Hanlon y McCauley [1] que sirvieron para elaborar la especificación MIL-STD-1472C. Definen el MSI como el porcentaje de sujetos que vomitan tras dos horas de movimiento y lo relacionan con las aceleraciones verticales sufridas mediante la relación:

$$MSI = 100\left[0.5 \pm erf\left(\frac{\pm log_{10}\frac{a_z}{g} \mp (-0.819 + 2.32(log_{10}\,\omega_e)^2)}{0.4}\right)\right]$$

donde erf es la función error, a_z es la aceleración vertical media y ω_e es la frecuencia dominante de encuentro con las olas. Así que para proyectar unas formas adecuadas que disminuyan en lo posible el problema de este estudio, se necesita conocer la fuente de excitación, en este caso el oleaje, la respuesta del buque a dicha excitación y los efectos de estos movimientos sobre el confort de las personas. Para profundizar en este proceso en los buques de guerra se recomienda la referencia [2].

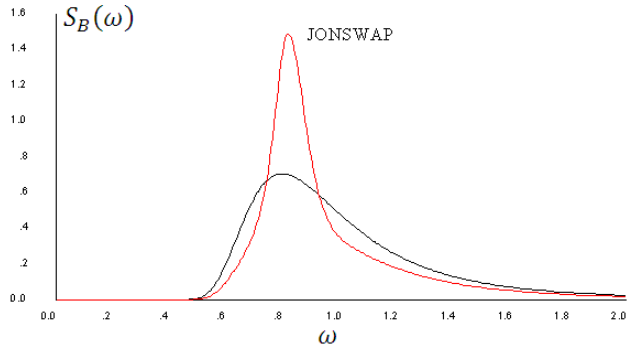


El viento genera el oleaje, desde unas primeras y minúsculas oscilaciones, conocidas como olas capilares, que irán desarrollando olas de mayor tamaño en la dirección que sople el viento. Como el proceso es continuo, seguirán formándose nuevas olas, presentándose una mezcla de olas de distinta altura y longitud. Dada la imposibilidad de conocer el futuro estado de la mar en una zona determinada, se basa su estudio en métodos estadísticos. Las ecuaciones que representan el mar parten de trabajos de Weinblum, Pierson y St. Denis que consiguen describir estocásticamente un mar irregular. A este último oceanógrafo se le atribuye la frase «*hay dos tipos de olas en el océano: las que estudian los matemáticos y las que se observan en la mar. Ellas dos no siempre se parecen*».

Los parámetros normalmente usados para medir la mar son la altura significativa de ola $H_{1/3}$ (la media del tercio de las olas de mayor tamaño) y la frecuencia ω o el periodo T más representativo (medio, máximo, aparente, etc.). Y se conoce como espectro de energía al que representa la energía de las olas en función de sus frecuencias. Al desconocerse el espectro del oleaje de cada lugar concreto, se usan estándares para su aplicación a la zona de operación. El más conocido es el Bretschneider que se emplea en condiciones de mar abierto y que responde a la siguiente expresión:

$$S_B(\omega) = \frac{4\pi^3 H_{1/3}^2}{\omega^5 T^4}\exp\left(\frac{-16\pi^3}{\omega^4 T^4}\right) \qquad \left(\frac{m^2}{rad/s}\right)$$

De él se deducen otros dos espectros muy usados en oceanografía y estudios de comportamiento en la mar, como son el espectro Pierson-Moskowitz para un mar totalmente desarrollado y el *Join North Sea Wave Project* (JONSWAP) para mares más costeros, menos desarrollados. El espectro cambia al variar el rumbo del buque y la velocidad de encuentro con las olas, obteniéndose las nuevas frecuencias de encuentro. Siendo m la relación longitud/altura de ola y dividiendo la densidad de probabilidad de las frecuencias por la energía asociada a cada frecuencia, se puede obtener la amplitud media de las olas:

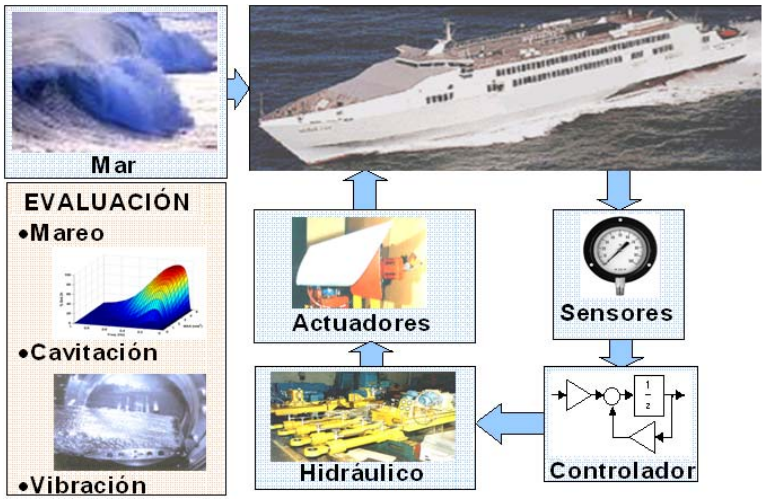


$$\bar{\zeta} = \int_0^\infty f(\omega)\cdot\zeta(\omega)\,d\omega = \frac{2m}{\pi g}\int_0^\infty S(\omega)\cdot\omega^2\,d\omega$$

Con esta expresión de la excitación, se obtienen los operadores de amplitud de respuesta del buque de ensayos realizados en canales con modelos a escala. Con los valores de las aceleraciones obtenidas, se calcula el criterio MSI en los locales más críticos del buque.

La principal carencia del índice MSI es que no contempla la habituación del personal. Aunque dependerá de las características meteorológicas de cada caso (¡buen huracán aquel «Hortensia» que pasamos en el viejo *Dédalo*!), parece que como norma sufre un máximo entre tres y cinco horas de exposición, reduciéndose progresivamente y anulándose a la casi totalidad de la tripulación entre un par y cinco días. La finalidad del criterio es obtener los valores MSI para cada estado de la mar, rumbo y velocidad. El MSI presenta un máximo en un rango de frecuencias cercano a $0.17\ Hz$, pero con la velocidad del buque y su encuentro con las olas, la zona de máximo mareo se desplazará, y con las gráficas MSI obtenidas se podrá maniobrar con rumbo y velocidad para reducir los movimientos, mejorando el confort a bordo. Las tareas que requieran un mínimo de destreza manual tendrán dificultades a partir de aceleraciones superiores a $1.75\ m/s^2$.

La optimización del comportamiento en la mar de un buque y la mejora del confort a bordo, pasa por realizar ensayos previos con modelos a escala en un canal con generación de oleaje y por aplicar un criterio operativo. Para lograrlo se deberán tener en cuenta factores como el diseño de las formas y de su interior. Existen unos criterios básicos de diseño como colocar los compartimentos más habitados lo más cerca posible del centro de gravedad, alinear los asientos con crujía mirando hacia la proa, dotar a las zonas con personal con la máxima luz y ventilación, y disminuir los olores fuertes, el calor, los ruidos y las vibraciones. Aunque no se puede generalizar, para buques rápidos se recomiendan las formas de proa en V (que producirán movimientos de menor amplitud), con alto coeficiente de flotación, popas de espejo, menor calado, mayor manga y altura metacéntrica que proporcione el conveniente periodo natural. Además hay que tener en cuenta el desplazamiento, ya que para una mar que provoque un 65% de mareados en un buque de 300 toneladas, descenderá a un 20% en uno con 30.000 («barco grande, ande o no ande»).



En el resultado final tiene una enorme influencia el diseño de elementos como quillas de balance, astillas, codillos, etc. El desarrollo del buque del futuro cercano basará la disminución de movimiento en un sistema centralizado e inteligente con un gran número de actuadores de forma hidrodinámica optimizada; timones, aletas, flaps, chorros, hélices, *t-foils*, etc. Y estarán controlados por sistemas predictivos y adaptativos que mediante sensores calculen en tiempo real el estado del mar y predigan las aceleraciones de las olas siguientes casi instantáneamente. Con la aplicación de los criterios operativos se puede obtener una presentación que facilite en el puente la posibilidad de reducir el mareo a bordo cambiando el rumbo y la velocidad.

Prefiero morir antes de sufrir de nuevo las torturas de la nausea maris *(Cicerón, Siglo I A.C.)*

REFERENCIAS: (no dejará de vomitar, pero lo hará más informado)

[1] O'halon, J.F. & McCauley, M.E., «*Motion sickness incidence as a function of frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion*», *Aerospace Medicine* nº 45, 1974.

[2] Riola J.M., Esteban S., Girón-Sierra J.M. y Aranda J., «*Motion and seasickness of fast warships*», RTO *Simposium on Habitability of Combat and Transport Vehicles: Noise, Vibration and Motion*, Praga, 2004.

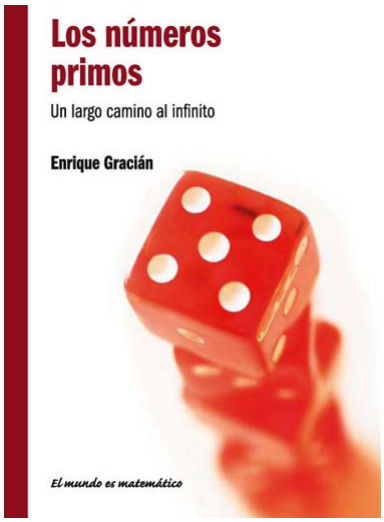
PRIMOS LEJANOS. PRIMOS GEMELOS

CF ingeniero de armas navales
Agustín E. González Morales
Jefe de Estudios de la ETSIAN

Ya Euclides, tres siglos antes de Cristo, demostró que existen infinitos números primos. Pero, ¿cuántos números no primos (o sea, compuestos) puede llegar a haber entre cada dos primos consecutivos? Si analizamos los existentes en los cien primeros números naturales (2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89 y 97), encontramos ocho entre los veinte primeros; pero, en cambio, sólo aparecen tres entre el 80 y el 100.

Series infinitas de números compuestos consecutivos

En realidad, existen enormes series de números seguidos que no son primos. Es más: «Dentro del conjunto infinito de números primos podríamos encontrar series tan grandes como quisiéramos –infinitas, por tanto– de números compuestos consecutivos».



Permítame, paciente lector, que exponga con mis palabras una demostración de lo dicho en el párrafo anterior, extraída del libro *Los números primos* (Enrique Gracián. Editorial RBA). Reconozco que cuando la leí por primera vez, me quedé boquiabierto:

Consideremos el producto de los cuatro primeros números naturales: 1·2·3·4. Es decir, 4! (factorial de 4). No cabe duda de que el número

$$1\cdot2\cdot3\cdot4 + 2 = 4! + 2 = 26$$

es divisible por 2; o sea, no es primo.
Análogamente, tampoco es primo

$$4! + 3 = 27$$

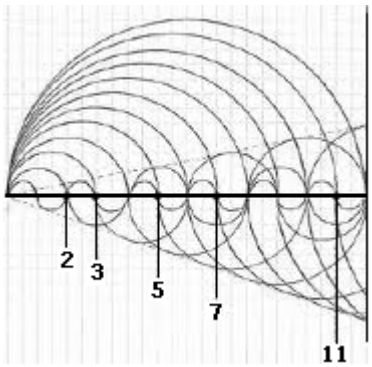
porque es divisible por 3; ni

$$4! + 4 = 28$$

por ser divisible por 4.

De la misma manera que acabamos de encontrar tres números compuestos consecutivos (26, 27 y 28), podemos realizar un razonamiento análogo con

$$5! + 2 = 122$$
$$5! + 3 = 123$$
$$5! +4 = 124$$
$$5! + 5 = 125$$



y obtener cuatro números compuestos consecutivos.

¿Queremos escribir cien números consecutivos de manera que ninguno sea primo?, no tenemos más que hacer lo siguiente:

$$101! +2$$
$$101! + 3$$
$$101! + 4$$
$$\ldots$$
$$101! + 99$$
$$101! + 100$$
$$101! + 101$$

¿Mil números compuestos consecutivos…?

1001! +2
1001! + 3
1001! + 4
…
1001! + 999
1001! + 1000
1001! + 1001

Y siguiendo el mismo método podríamos escribir series de números compuestos consecutivos tan largas como queramos. Todo ello induce a pensar que los primos escasean cada vez más conforme avanzamos en la sucesión de los números naturales, y que, a medida que nos fuésemos alejando hacia el infinito, llegaríamos a no encontrar más primos. Pero esta intuición es falsa, porque como dijimos al principio, ya Euclides demostró que la serie de los números primos no tiene final. Paradojas del infinito: existiendo series infinitas de números compuestos consecutivos, aun así seguirá habiendo infinitos primos.

Primos gemelos

En la serie de los números primos sólo son consecutivos el 2 y el 3. Y lo más cerca que pueden estar dos primos es separados dos unidades; así, entre los cien primeros números naturales encontramos ocho parejas que cumplen este requisito: (3,5); (5,7); (11,13); (17,19) (29,31); (41,43); (59,61) y (71,73). Se dice que estas parejas están formadas por *primos gemelos* o, sencillamente, *gemelos*.

Fragmento de los Elementos de Euclides

Si, como dijimos y demostramos al principio, los primos escasean conforme avanzamos en la serie natural, parece lógico que las parejas de gemelos sean todavía muchas menos. En efecto, en los trescientos números comprendidos entre 700 y 1000 sólo hay cinco gemelos: (809,811); (821,823) (827,829); (857,859) y (881,883).

Pues bien, se tiene constancia de la existencia de gemelos entre números enormes. Los más grandes conocidos hasta agosto de 2009 son:

$$65516468355 \cdot 2^{333333} - 1 \; y \; 65516468355 \cdot 2^{333333} + 1$$

lo que ha llevado a suponer que existen infinitos primos gemelos; hipótesis que nadie ha logrado demostrar. Es más, ya en 1849 el matemático francés Alphonse de Polignac estableció la siguiente conjetura que lleva su nombre: «para todo número natural *k* existen infinitos pares de primos cuya diferencia es 2·*k*. El caso *k* = 1 sería el de los gemelos».

Epílogo

Voy a llamar por teléfono a un primo lejano que tengo, no sea que con el tiempo se haya convertido en mi gemelo y, entonces, tal vez, no sea mi primo, sino mi hermano. Vaya lío.

Sudoku *para ingenieros*

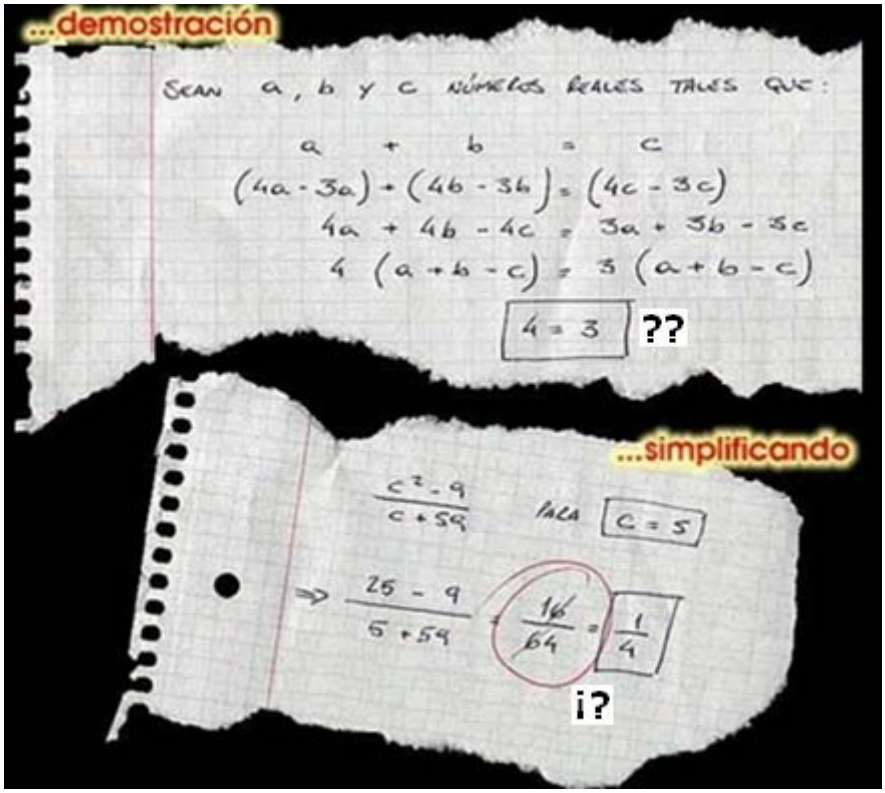
	∂		$\cup$	$=$				$\neq$
$\mp$					$\neq$	$\cong$	∂	
$\pm$		∞	$\mp$		∂			
	$\cap$		$\pm$	∞			$=$	
		$\mp$				$\neq$		$\pm$
		∂		$\cup$	$=$		$\cong$	$\cap$
			∞		$\cong$	$\cap$		
$\neq$						∂		$\cong$
$\cup$		$=$	∂		$\pm$	∞	$\neq$	

SOLUCIÓN AL ANTERIOR

▽	=	◇	◺	○	◿	△	—	□
—	○	◺	▽	△	□	◇	=	◿
△	□	◿	—	◇	=	○	▽	◺
◇	▽	□	△	◿	—	◺	○	=
○	◺	—	◇	=	▽	□	◿	△
◿	△	=	□	◺	○	—	◇	▽
=	—	△	◿	□	◇	▽	◺	○
□	◿	▽	○	—	◺	=	△	◇
◺	◇	○	=	▽	△	◿	□	—

HUMOR...

SE ESCRIBE «CON» HACHE DE HINGENIO:



SABÍAS que...

la Estación Espacial Internacional órbita alrededor de nuestro planeta a unos 400 km de altura, tiene aproximadamente las dimensiones de un campo de fútbol y pesa unas 400 toneladas. Con un volumen habitable de 388 m^3 puede llevar a bordo hasta siete astronautas. Se desplaza a 29.000 km/h y dispone de los paneles solares más grandes que jamás se hayan construido, con una potencia de 84 kilovatios.

¿Se puede evitar la corrosión?
Falsas creencias acerca de la corrosión

Doctor Manuel Laguna Iglesias
Director del Departamento
de Construcción y Materiales de la ETSIAN

Introducción

Los metales presentan distintas tendencias a reaccionar con el medio ambiente, pasando de su forma elemental a la forma combinada. La corrosión metálica se produce porque los metales poseen electrones de valencia con un relativo grado de libertad, lo que favorece su transferencia a otras sustancias que llegan a la superficie metálica con capacidad para captarlos y fijarlos.

Los metales, que se extraen de los minerales (metalurgia extractiva), espontáneamente pasan de su forma elemental a la forma combinada (corrosión).

La energía necesaria para separar un electrón de un átomo metálico, ionizándolo, determina la mayor o menor afinidad del metal por el electrón . Esta energía cambia de un metal a otro y también de una región a otra macro o microscópicamente diferenciada. Cuanto menor sea esa energía más activo es el metal. Cuanta mayor sea la capacidad del metal para retener sus electrones de valencia más noble es.

La magnitud que define la afinidad de los metales por sus electrones de valencia es el potencial electroquímico. Los metales o las regiones de un metal con potencial electroquímico más bajo tienen tendencia a actuar como ánodo y sobre ellos tiene lugar la reacción de deselectronización (oxidación), que es la reacción de corrosión propiamente dicha. Por el contrario, los metales o las regiones de un metal con potencial electroquímico alto tienden a actuar como cátodo y sobre ellos se produce la reacción de electronización (reducción) del oxidante más fuerte presente en el medio en contacto con el metal.

La corrosión electroquímica supone la presencia de zonas anódicas y catódicas, motivadas por las diferencias del potencial electroquímico existente entre distintas partes de una superficie metálica. En el establecimiento de tales diferencias tanto participa el metal como el electrolito en contacto con él [1].

Efectuando medidas del potencial sobre una superficie metálica de grandes dimensiones es fácil detectar potenciales muy dispares según el lugar de la medida. En el caso de pequeñas piezas o probetas metálicas tendríamos que recurrir a electrodos de referencia lo suficientemente pequeños (microelectrodos) para poner de manifiesto las diferencias de potencial responsables del funcionamiento de las micropilas de corrosión.

Se ha supuesto que si una superficie metálica fuera absolutamente homogénea no habría corrosión electroquímica. Esta idea, sostenida por algunos investigadores, no ha podido confirmarse experimentalmente. Además, desde un punto de vista termodinámico tiene que haber corrosión.

En los países industrializados las pérdidas anuales causadas por la corrosión se estiman en un 2,5% del producto nacional bruto. El informe Hoar [2] señala que la adecuada aplicación de los conocimientos ya

existentes, sin necesidad de nuevos avances o el desarrollo de nuevos materiales, permitiría reducir dichas pérdidas en un 23%.

¿Cuál es el problema?

Todos sabemos que en las piezas metálicas expuestas al fenómeno de la corrosión se llega a modificar su geometría, se reduce su resistencia mecánica, etc. Estos cambios pueden provocar que dichas piezas dejen de realizar la función para la que están diseñadas, generando problemas como:

- pérdidas de producción al tener que parar las plantas industriales donde se emplean;
- pérdidas por contaminación de los bienes creados;
- pérdidas de recursos naturales;
- deterioro en el bienestar;
- peligros para la salud y la vida;
- aumento de los costes.

La corrosión afecta a todos los metales, cualquiera que sea el tipo de actividad o sector que se considere.

Mitos o falsas creencias

El informe Hoar, ya citado, recomienda aumentar la motivación en la lucha contra la corrosión y ampliar la información y la educación sobre la corrosión y las formas de combatirla. Pues bien, aceptando que el enemigo existe y conociendo sus insidiosas actividades, señalemos, sin embargo, cinco mitos o falsas creencias [3] que no pocos asumen a pies juntillas:

Primera falsedad: el agua pura no es corrosiva

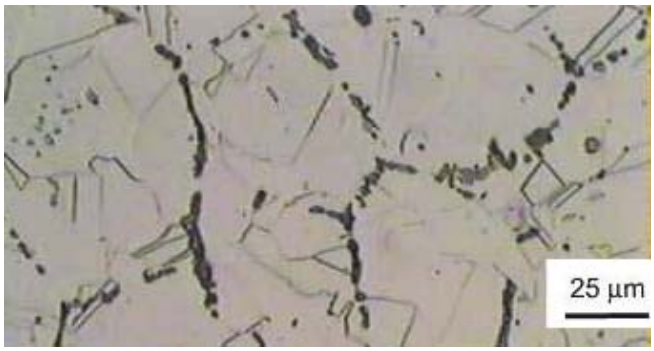
El agua de gran pureza (condensada, destilada, desmineralizada, desionizada) si contiene algo de oxígeno, si está aireada, es muy agresiva frente a un acero no revestido. Los técnicos estadounidenses la denominan *hungrywater*. Con la desaireación se consigue inhibir tal corrosión.

Los mejores materiales para este tipo de agua son el aluminio, los aceros inoxidables austeníticos y los aceros al carbono protegidos con una capa de espesor adecuado de resinas epoxi-fenólicas.

Segunda falsedad: el acero inoxidable resiste todos los ambientes

Lo primero que hay que decir es que no existe el acero totalmente inoxidable.

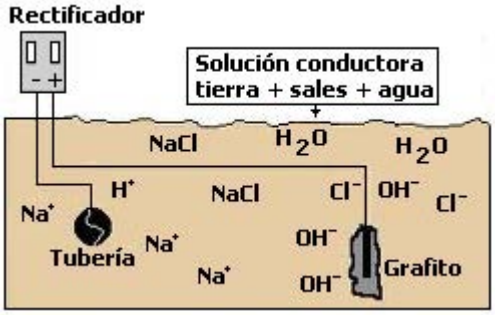
Hay muchos tipos de acero inoxidable (Stainless Steels) que, según las aplicaciones, resisten más o menos la corrosión. Deben ser usados con prudencia. Y no en todos los casos tiene que ser un acero inoxidable el mejor material para soportar una forma concreta de corrosión.



Acero AISI – 304 Precipitación de carburos en los límites de grano

Tercera falsedad: no es necesario instalar la protección catódica hasta pasados tres o cinco años, ya que en ese tiempo la corrosión casi nunca llega a ser lo suficientemente importante

Están documentados efectos corrosivos antes de los tres años que han dado lugar a contaminaciones, explosiones, daños a personas, etc.
La protección catódica hay que considerarla ya en las primeras etapas del proyecto y ponerla en funcionamiento desde los primeros momentos.



Sistema de protección catódica por corriente impresa

Cuarta falsedad: en la protección con pintura, lo más importante es la preparación de la superficie y el espesor del recubrimiento, y lo de menos es la calidad de la pintura

Del 85 y el 90 por ciento de las superficies metálicas protegidas contra la corrosión lo son mediante revestimientos de pinturas [4]. Si bien es cierto que el precio de la pintura puede suponer un 20% de los costes de pintado, en ambientes muy agresivos no es lógico ahorrar en la pintura en sí.

Macroagrietado con corrosión del substrato

Quinta falsedad: el material es homogéneo, isotrópico y sin defectos

Estas suposiciones constituyen la base del cálculo de estructuras según la teoría de la elasticidad. Pues bien, los hechos demuestran constantemente lo contrario: los materiales no son isótropos, ni homogéneos, y están llenos de defectos y fisuras. De ahí que exista otra ciencia que se dedica al cálculo de la mecánica de la fractura que analiza esta realidad. Considerarla permite diseñar estructuras más fiables. Además, es muy importante tener en cuenta la presencia de tales heterogeneidades y defectos cuando se estudia el comportamiento frente a la corrosión a escala atómica.

Corrosión por picaduras

Epílogo

Existen múltiples mecanismos por los que la corrosión ataca. Este ataque puede destruir instalaciones, ocasionar muchas pérdidas e incluso causar víctimas.

Si la información disponible se difunde y utiliza adecuadamente, ayudaría en gran medida a minimizar los daños ocasionados por la corrosión.

Además, aparecen continuamente en el mercado nuevos materiales expuestos a ambientes más o menos agresivos, que sufrirán el fenómeno de la corrosión, que necesariamente habrá que investigar.

Bibliografía

[1] González, J.A. Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión.
[2] Hoar, T.P. Report of the Committee on Corrosion and Protection.
[3]Fernandez, J.M. Revista Ingeniería Química.
[4] Morcillo, M. Consideraciones técnicas y económicas en la protección por pintura de estructuras metálicas.

¿EL INGENIERO MILITAR O EL MILITAR INGENIERO?

Última lección del curso 2011-2012 de preparación para el ingreso en Cuerpo de Ingenieros de la promoción XVI de la Escala Técnica de Oficiales y la XXII de la Escala de Oficiales, impartida el 5 de julio de 2012 en el salón de actos de la ETSIAN por el CF ingeniero de Armas Navales Agustín E. González Morales, Jefe de Estudios de dicha Escuela.

Excelentísimos señores almirantes, señores oficiales, suboficiales, profesores y personal de esta Escuela, queridos alumnos, familiares, señoras y señores:

Es un honor y un reto impartir esta última lección del curso de preparación para el ingreso en Cuerpo de Ingenieros de la promoción XVI de la Escala Técnica de Oficiales y la XXII de la Escala de Oficiales.

Creo que no debo irme por las nubes de las Matemáticas o la Física, pues para eso ya tuvimos el tiempo adecuado a lo largo del curso. Por eso, hoy quisiera abordar otra materia, no menos difícil, que no figura como tal en el Plan de Estudios de esta Escuela, pero que, sin duda, debe analizarse con tanto rigor como el más importante de los teoremas, pues esa materia, a la que ya empiezo a referirme, toca la fibra más sensible de nuestra profesión. Quizás una forma clara de presentarla se puede concretar en que intentaré contestar a la siguiente pregunta:

> «*Los que pertenecemos a los Cuerpos de Ingenieros de las Fuerzas Armadas (FAS), ¿hemos de anteponer nuestra condición de militares a la de ingenieros, o viceversa? Es decir, ¿debemos ser militares ingenieros o ingenieros militares?*»

¿En qué fuentes bebemos? En nuestra tradición militar. Para ello, basta con acudir a las actuales Reales Ordenanzas (RR. OO.) de las FAS, herederas de las promulgadas ya por Fernando VI, Carlos III y Carlos IV, cuya vigencia sorprende. En efecto, me atrevo a decir que las actuales RR. OO. –de todas las FAS, no sólo de la Armada– publicadas hace solo tres años, en 2009, siendo ministra de defensa doña Carme Chacón, casi copian a las de hace tres siglos. No es de extrañar, porque hay principios inmutables que no depende ni de la época histórica ni de los avatares de cada momento. Las virtudes que se desprenden de las RR. OO. no pasan de moda, y menos hoy, en esta sociedad que cada vez necesita más que nuestros hijos vuelvan ser educados en esos valores imperecederos que dan sentido a la vida más allá de las ambiciones y los intereses creados.

Las RR. OO. son el código de conducta de los militares en el que se definen los principios éticos y las reglas que rigen nuestro comportamiento. Es nuestro código deontológico (como el juramento hipocrático de los que practican la Medicina), que nos debe servir de guía a todos los militares para fomentar y exigir el exacto cumplimiento del deber, inspirado en el amor a España, y en el honor, el valor, la disciplina y la lealtad. Como sabéis, esas cuatro palabras: honor, valor, disciplina y lealtad figuran en un lugar preeminente del patio de aulas de la Escuela Naval Militar, a la vista de todos los alumnos, pues constituyen, sin duda, los pilares básicos de la forma de ser, la forma de vivir de los que profesamos la carrera de la milicia.

Permitidme que desde ahora me dirija especialmente a los alumnos que hoy se despiden de la ETSIAN. Son ellos los protagonistas, aunque los destinatarios de esta última lección del curso somos todos. Me incluyo, porque son las RR. OO. la fuente, la única fuente en la que he bebido para responderme a aquella pregunta. Apenas añadiré un par de reglones de mi cosecha, el resto figura casi textualmente en el Real Decreto en el que se promulgan. El trabajo estaba hecho por los redactores de las RR. OO., y el que les habla apenas se ha limitado a reordenar las ideas y darles cuerpo de lección, cuyo índice es el siguiente:

- **DEL ESPÍRITU MILITAR**
- **DE LA DISCIPLINA Y LA OBEDIENCIA**
- **DE LA JERARQUÍA, EL ACATAMIENTO Y LA TRANSMISIÓN DE LA DECISIÓN**
- **DEL ESTILO DE MANDO Y EL LIDERAZGO**
- **DE LA FORMACIÓN, LA PREPARACIÓN Y LA COMPETENCIA**
- **DE LA ACTUACIÓN DEL MILITAR COMO SERVIDOR PÚBLICO**
- **RESPUESTA A LA PREGUNTA ¿EL MILITAR INGENIERO O EL INGENIERO MILITAR?**

Suelto amarras y arrumbo hacia el primer punto de recalada. Y ese lugar debe ser, cómo no, el…

DEL ESPÍRITU MILITAR

Cuando hace 34 años empecé a servir a nuestra Patria, recuerdo que mis mandos me inculcaron la necesidad ineludible de aprender de memoria y poner en práctica el artículo 12 de las RR. OO. de la Armada; ése que comenzaba así: «el oficial cuyo propio honor y espíritu no le estimulen a obrar siempre bien, vale muy poco para el servicio…». Pues bien, en las RR. OO. actuales, este artículo pasa a ser el 14, y los redactores, con muy buena lógica, han sustituido la palabra «oficial» por «militar»:

> *El militar cuyo propio honor y espíritu no le estimulen a obrar siempre bien, vale muy poco para el servicio; el llegar tarde a su obligación, aunque sea de minutos; el excusarse con males imaginarios o supuestos de las fatigas que le corresponden y el contentarse regularmente con hacer lo preciso de su deber, sin que su propia voluntad adelante cosa alguna, son pruebas de gran desidia e ineptitud para la carrera de las armas.*

Sí, a todos los militares nos incumbe esta forma de entender el servicio, a todos, sea cual sea nuestro nivel jerárquico, desde el soldado o marinero al almirante o general de más graduación. Todos, absolutamente todos tenemos que vivir de esa manera; todos tenemos que sentir el mismo «espíritu militar», espíritu de entrega, abnegación, sacrificio, dedicación y constancia en el ejercicio de la milicia, esa profesión que para don Pedro Calderón de la Barca, militar y poeta, era nada menos que «una religión de hombres honrados».

El siguiente punto de recalada es el…

DE LA DISCIPLINA Y LA OBEDIENCIA

La disciplina es el factor de cohesión de los militares, una virtud fundamental que nos obliga a mandar con responsabilidad y a obedecer lo mandado. Y, de nuevo, nos incumbe a todos, a todos por igual. Es nuestro deber y responsabilidad practicarla, exigirla y fortalecerla. Y la disciplina también se manifiesta en signos externos, por eso debemos esforzarnos por vestir el uniforme con orgullo y propiedad, y tendre-

mos presente que el saludo militar constituye una expresión de respeto mutuo y unión entre todos los miembros de las FAS.

Debemos inculcar a nuestros subordinados una disciplina basada en el convencimiento, porque todo mando tiene el deber de exigir obediencia a sus subordinados y el derecho a que se respete su autoridad. Y también tenemos que practicar la disciplina con nosotros mismos, cumpliendo las órdenes que recibimos y esforzándonos en ser fieles a los propósitos del mando, con responsabilidad y espíritu de iniciativa; actuando ante lo imprevisto tomando decisiones coherentes con los propósitos que persigue quien nos manda; pero, teniendo muy presente que debemos respetar las áreas de responsabilidad de nuestros subordinados, puesto que las intromisiones injustificadas en sus actividades podrían perjudicar la realización de la labor encomendada y mermar su capacidad de iniciativa y su moral. Pensad que quien os obedece está tan interesado como vosotros en que la misión salga bien. No le cortéis las alas, haciendo su trabajo, creyendo que vosotros lo llevaríais a cabo mejor. No creáis que por tener más galones sabéis más o solucionaréis con más calidad los problemas. Tener más galones es sinónimo de tener mayor capacidad de decisión, pero no más responsabilidad. Cada cual, en su nivel, tiene su responsabilidad y el que manda no debe ni minorar la responsabilidad de sus subordinados ni adjudicársela.

La única limitación que tenéis a la hora de obedecer –y de mandar– es que las órdenes no entrañen la ejecución de actos constitutivos de delito; porque en ese caso, y sólo en ese caso, no estaréis obligados a obedecerlas, pero teniendo en cuenta que asumiréis la grave responsabilidad de su acción u omisión.

Y en el supuesto de que consideréis vuestro deber presentar alguna objeción a una orden recibida, la formulareis ante quien os la hubiera dado. Pero, si su incumplimiento perjudicase a la misión encomendada, os reservareis la objeción hasta haberla cumplido.

Y si tuvierais alguna queja o reclamación sobre asuntos del servicio que pudieran afectar o perjudicar vuestros intereses, la pondréis en conocimiento de vuestros superiores, haciéndolo de buen modo y siempre por el conducto reglamentario.

Recalamos ahora en las bahías…

DE LA JERARQUÍA, EL ACATAMIENTO Y LA TRANSMISIÓN DE LA DECISIÓN

Tened siempre presente que los que ocupan los diversos niveles jerárquicos están investidos de autoridad. La autoridad implica el derecho y el deber de tomar decisiones, dar órdenes y hacerlas cumplir, fortalecer la moral, motivar a los subordinados, mantener la disciplina y administrar los medios asignados. Sin embargo, recordad que, antes de que vuestro jefe haya tomado una decisión, podréis proponerle cuantas sugerencias estiméis adecuadas; pero, una vez que el que os manda adopte la decisión, la aceptaréis y defenderéis como si fuera propia, desarrollándola y transmitiéndola con fidelidad, claridad y oportunidad para lograr su correcta ejecución.

Debéis proporcionar al mando una puntual información con los elementos de juicio y datos que le permitan fundamentar sus decisiones. Y al informar tenéis que hacerlo de forma objetiva, clara y concisa, sin ocultar ni desvirtuar nada de cuanto supierais. Y recordad que el trabajo que desempeñáis es impersonal y que sólo seréis responsables ante vuestro jefe. Pero teniendo muy presente que no podéis interferir en las acciones directivas propias del que os manda.

Utilizad toda vuestra capacidad de análisis e iniciativa para hacer frente a las situaciones complejas, diversas e imprevisibles, y adaptaros a ellas con mentalidad abierta. Sed prudentes en vuestra toma de decisiones, fruto del análisis de la situación y la valoración de la información disponible, y expresad las decisiones en órdenes concretas, sin que la insuficiencia de información os sirva de disculpa para permanecer inactivos en situaciones que requieran vuestra intervención. Aplicad la normativa vigente y proceded con

creatividad y capacidad de juicio sin coartar la intuición y la imaginación. Por eso, debéis actuar con iniciativa y fomentar la de vuestros subordinados.

Para ello, tened por norte las siguientes ideas…

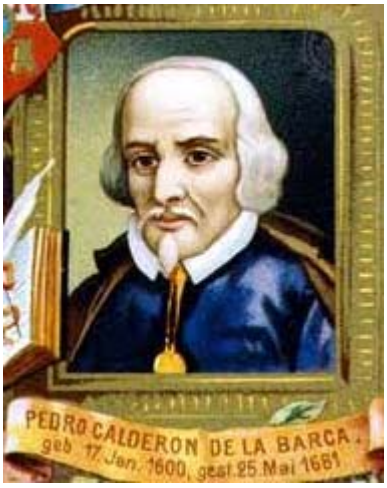
DEL ESTILO DE MANDO Y EL LIDERAZGO

El buen militar se hace querer y respetar por sus subordinados, pero no les disimuléis jamás las faltas de subordinación; infundidles amor al servicio y exactitud en el desempeño de sus obligaciones; sed firmes en el mando, graciables en lo que podáis y comedidos en vuestra actitud y palabras aun cuando amonestéis o sancionéis.

Razonad en lo posible vuestras órdenes para facilitar su comprensión y la colaboración consciente y activa de los subordinados. Ejerced la autoridad con firmeza, justicia y equidad, evitando toda arbitrariedad. Mantened vuestras órdenes con determinación, pero no os empeñéis en ellas si la evolución de los acontecimientos aconseja variarlas.

Propiciad, con vuestra actuación, que la justicia impere en las FAS de tal modo que nadie tenga nada que esperar del favor ni temer de la arbitrariedad. Y, cuando apreciéis una falta, corregidla y, si procede, imponed la sanción apropiada o informad de ella a quien tenga la potestad sancionadora. Pero, en presencia de un superior no debéis corregir las faltas o defectos que observéis cuando corresponda a aquél hacerlo. En beneficio de la disciplina tampoco debéis corregir ni llamar la atención a nadie ante otros de inferior empleo, excepto, eso sí, en los casos en que la falta se haya cometido en presencia de éstos o que, de no hacerlo, se origine perjuicio para el servicio.

Reafirmad vuestro liderazgo procurando conseguir el apoyo y cooperación de los subordinados por el prestigio adquirido con vuestro ejemplo, preparación y capacidad de decisión.



Ejerced vuestra profesión militar con dedicación y espíritu de sacrificio, subordinando la honrada ambición profesional a la íntima satisfacción del deber cumplido. Recordad al respecto lo que decía Calderón:

Aquí el más valiente es
el que menos lo parece.
Y así de modestia llenos
a los más viejos verás
tratando de ser lo más
y de aparentar lo menos.

Y velad por el prestigio de las FAS y por el vuestro en cuanto miembros de ellas. Para ello meditad lo que las RR. OO. dicen…

DE LA FORMACIÓN, LA PREPARACIÓN Y LA COMPETENCIA

Tenéis la obligación de mantener una sólida formación moral, intelectual, humanística y técnica, un elevado conocimiento de vuestra profesión militar y una adecuada preparación física. Considerad la educación física y las prácticas deportivas como elementos básicos en el mantenimiento de las condiciones psicofísicas necesarias para vuestra labor profesional, siguiendo la ancestral máxima de Juvenal «*mens sana in corpore sano*».

Cumplid vuestros cometidos con la máxima pericia, basándoos en vuestra competencia profesional, ya que las funciones técnicas, logísticas y administrativas son primordiales para asegurar la capacidad operativa de las FAS. Tened especialmente presente que cualquier trabajo por insignificante que parezca puede tener relevancia en el funcionamiento de vuestra unidad o en el cumplimiento de la misión.

El artículo 118 de la RR. OO. versa sobre la actitud ante las funciones técnicas; es decir, nos incumbe a los ingenieros de una manera preeminente. Dice textualmente:

> «*El militar que desempeñe funciones técnicas las realizará con entrega, conocimientos adecuados y profesionalidad. Se esforzará en actualizar y perfeccionar sus conocimientos, adaptándolos a la evolución de las técnicas, a la innovación en el desarrollo de los medios y a la creciente complejidad de los sistemas y equipos para estar en condiciones de realizar su cometido con la máxima perfección y rapidez, consciente de la importancia que tienen para aumentar el rendimiento del trabajo*».

Preparaos, pues, para alcanzar el más alto nivel de competencia profesional, especialmente en los ámbitos operativo, técnico y de gestión de recursos, y para desarrollar vuestra capacidad de adaptaros a diferentes misiones y escenarios. Por tanto, no olvidéis lo que las RR. OO. dicen…

DE LA ACTUACIÓN DEL MILITAR COMO SERVIDOR PÚBLICO

Los militares somos servidores públicos y, por tanto, debemos actuar con arreglo a los principios de objetividad, integridad, neutralidad, responsabilidad, imparcialidad, confidencialidad, dedicación al servicio, transparencia, ejemplaridad, austeridad, accesibilidad, eficacia y honradez.

Fomentad la relación con la población civil (el ingeniero militar debe trabajar muy frecuentemente en contacto con empresas civiles). Sed en todo momento corteses y deferentes en el trato. Pero, tened especial cuidado en no influir en la agilización o resolución de los trámites o procedimientos sin justa causa y, en ningún caso, cuando suponga un menoscabo de los intereses de terceros, de manera que vuestra actuación en funciones administrativas se fundamente en consideraciones objetivas orientadas hacia la imparcialidad y el interés común, al margen de cualquier otro factor que exprese posiciones personales, corporativas o cualquier otra que puedan colisionar con la satisfacción de los intereses generales.

Administrad los recursos y bienes públicos que la Armada ponga a vuestra disposición para obtener el máximo rendimiento, de acuerdo con los principios de economía y eficiencia en su utilización y eficacia en el cumplimiento de los objetivos. Hacedlo con austeridad, objetividad y transparencia, respetando la legalidad y salvaguardando dichos bienes. Y jamás los utilicéis en provecho propio o de personas allegadas.

Creo que ahora ya estoy en disposición de responder a la pregunta…

¿EL MILITAR INGENIERO O EL INGENIERO MILITAR?

A la luz de las RR. OO., creo firmemente que antes que ingenieros debemos ser militares. Nuestra condición militar ha de prevalecer sobre la faceta técnica que predomina en nuestra mentalidad de ingenieros. En realidad, gracias a Dios, no hay contradicción. Basta con recordar que antes que ingenieros somos militares y que nuestros conocimientos técnicos tienen que subordinarse a las necesidades operativas de las FAS. Por eso, estoy totalmente convencido de que cuando don Pedro Calderón de la Barca escribió

Aquí la más singular
hazaña es obedecer

no se refería a una parte de la Milicia, sino a todos los que la profesamos. Los ingenieros debemos considerar que lo más singular, lo principal, es obedecer… obedecer, sí, sin dejar de ser ingenieros.

Muchas gracias.

El CA ingeniero José F. Pérez-Ojeda y Pérez entregando el diploma al AF Javier E. Antoranz Álvaro. En la imagen, de izquierda a derecha: CN ingeniero Pedro R. Saura Iniesta, Comandante Director de la ETSIAN; COR IM Antonio Rodríguez Alcalá (DIENA); CA Pérez-Ojeda; CF ingeniero Agustín E. González Morales, Jefe de Estudios de la ETSIAN. En el atril, AN ingeniero Juan M. De Santiago Collada, Secretario Técnico de la ETSIAN.

ALUMNOS
QUE FINALIZARON EL PERIODO DE FORMACIÓN EN LA ETSIAN
EL 5 DE JULIO DE 2012

Promoción XXII de la Escala de Oficiales

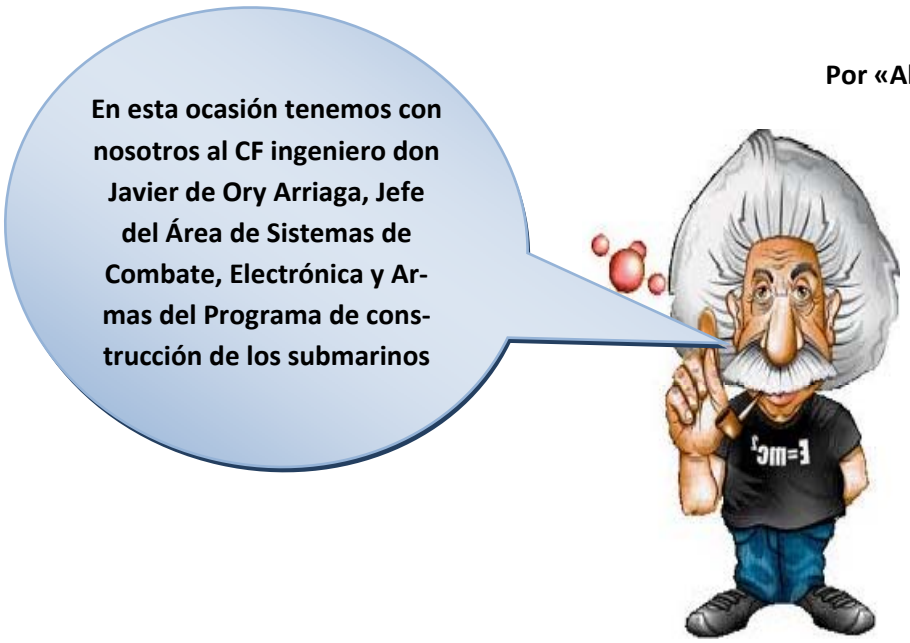
AF Pelayo Cobas Abraldes
AF Lesmes Méndez Rodríguez
AF Víctor Criado Salvador
AF Rubén De la Peña Ramos
AF Ana Laso García
AF Javier E. Antoranz Álvaro

Promoción XVI de la Escala Técnica de Oficiales

AN José M. De Castro Romero
GM David Blanco Chinchilla
GM Diego Díaz Sánchez

ENTREVISTA

Por «Albert», el físico preguntón



Nació en Cádiz. Ingresó en la Escuela Naval Militar (ENM) en 1979 y su primer destino como alférez de navío fue el portaaeronaves *Dédalo*. Embarcó posteriormente en el patrullero *Alsedo* del que dice guardar un magnífico recuerdo como escuela de oficiales. Es especialista en Artillería y Tiro Naval, Analista de Sistemas y también es diplomado en Estado Mayor. Como ingeniero ha estado destinado en las Instalaciones del Segundo Escalón de Mantenimiento en Rota (ISEMER), en el Gabinete de Estudios de la Jefatura del Apoyo Logístico (JAL) y en la Dirección de Construcción Naval de la JAL en la Oficina del Programa del submarino S80 (OP S80), en la que desde hace seis años trabaja como Jefe del Área del Sistema de Combate, Electrónica y Armas.

- **Buenos días Comandante. Encantado de conocerle.**
- *Buenos días Albert. Lo mismo digo. Tengo referencias suyas de la anterior entrevista que me gustó mucho. Espero que se porte bien conmigo y que me comprometa lo justo en esta entrevista.*
- **Ya sabe que comenzaremos con una serie de preguntas de carácter puramente personal, seguiremos con otras de carácter, digamos que... de tipo social y terminaremos con las profesionales. ¿Le parece bien?**
- *Perfecto. Me parece muy bien.*
- **Le recuerdo que si no quiere responder a algunas de las preguntas, solamente tiene que decir «paso».**
- *De acuerdo Sr. Albert.*
- **¿Podemos comenzar Comandante?**
- *Cuando quiera. Estoy esperando.*
- **¿Hijo de militar?**

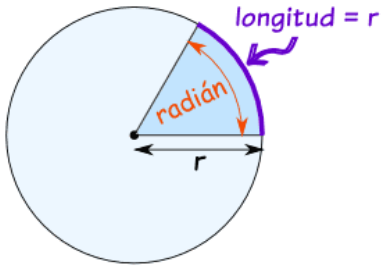
- *Sí, mi padre perteneció a la primera promoción del Cuerpo General que salió de la ENM de Marín en 1943*.
- **¿Por qué hay tanto militar hijo de militar? ¿Es que esto de las vocaciones tiene algo de genético?**
- *De genético no, lo que pasa es que hay profesiones que marcan mucho a los que la ejercen y a sus familias. Pasa también, eso dicen, con los médicos, diplomáticos, etc.*
- **¿Tiene hijos?**
- *Sí, tres; Javier, que tiene 19 años, Ana con 17 años y Belén con 15.*
- **¿Va a misa los sábados por la tarde o los domingos?**
- *Los domingos; siempre por la mañana, eso de ir por la tarde me da cierta pereza.*
- **¿Qué estación del año es la que más le gusta?**
- El otoño.

- **¿Qué haría si al salir una mañana se encuentra, en una cajita y en el portal de su casa, un cachorrito de perro callejero?**
- *Me haría «el loco».*
- **¿Se considera puntual? ¿Recuerda la última vez que llegó tarde a una cita?**
- *Siempre he sido muy puntual. Creo que esa cualidad me la inculcaron mis padres desde pequeño y se me afianzó en la ENM a base de cofas.*
- **Dígame un refrán**
- *Si tienes prisa vístete despacio. El problema es que muchas veces me cuesta aplicarlo.*
- **¿Cómo prefiere el chuletón: poco, medio o muy hecho?**
- *Medio y con patatas*.
- **Para acompañar al chuletón: ¿vino o cerveza?**
- *Vino.*
- **¿Fruta natural o repostería?**
- *Soy goloso y a pesar de que es más sano lo primero, siempre pido lo segundo.*
- **¿Te, café solo, cortado, o con leche?**
- *Café con leche*.
- **¿Fuma?**

- *No*
- **¿Recuerda alguna película o serie de TV de su infancia?**
- *Sí, Ben Hur. Me impresionaron las escenas del combate naval.*
- **Se encuentra en carnavales y dispone de disfraces de pollo, conejo y tortuga. ¿Cuál se pondría?**
- *No suelo ir a los carnavales pero, de ir, eso de disfrazarme no me gusta*.
- **¿Qué coche tiene?**
- *Un Peugeot 370. Fantástico, es duro y consume poco. Como deberían ser los barcos*.
- **¿Cuánto tiempo hace que no comprueba la presión de los neumáticos de su coche?**
- *Suelo hacerlo con detenimiento cada vez que hago un viaje largo; pero, en general, me suelo fijar en eso*.
- **Entre Beatles, Any Winehouse, Nino Bravo o la Tuna de la Universidad de Salamanca, ¿a quién elegiría para escuchar mientras conduce?**
- *Me gusta más la música clásica, pero si tengo que elegir entre lo que Vd. me propone me quedo con los Beatles, que no dejan de ser ya clásicos.*
- **¿Alguna vez ha participado en una obra de teatro? ¿En cuál? ¿Dónde?**
- *No, nunca y además no recuerdo haber tenido la posibilidad de hacerlo.*
- **¿Practica o ha practicado algún deporte?**
- *He practicado el atletismo, el futbol, el remo y la vela. Me he quedado en andar*.

- **¿Ha visto alguna vez un episodio de Gran Hermano?**
- *Jamás.*
- **Me cuesta creerlo. ¿Seguro? ¿Ni una sola vez? Parece un poco extraño que con el tiempo que lleva en pantalla no haya tenido la curiosidad de saber de qué va ese *reality* tan famoso y universal.**
- *Pues créaselo. Es más, creo que atenta abiertamente contra la salud mental de los españoles. Creo que la TV debe informar, formar y entretener pero «eso» no hace nada de esto. Creo que es una irresponsabilidad poner este tipo de programas en la TV. Espero que no me tache de intolerante pues con lo que sí hay que ser intolerante es con la mala educación. Es de mal intencionado el pensar que hay personas que solo se merecen o pueden consumir este tipo de «programas».*
- **¿Cree en los fantasmas o en los espíritus?**
- *Creo que hay muchos fantasmas y poco espíritu en muchas cosas.*

- **Si tuviese que ser ejecutado y le dieran a elegir, ¿con que se quedaría: silla eléctrica, inyección letal, fusilamiento, decapitación, ahorcamiento, garrote vil o lapidación?**
- *Bueno, ya que no sé a quién pedir consejo y puestos a elegir, inyección letal. Aunque pensándolo mejor, a mi parecer, lo más digno es el fusilamiento. Llegado el caso, lo pensaré.*
- **¿Es de los que no come gambas por no mancharse las manos?**
- *Eso solo se lo recomendaría a mi acompañante.*
- **¿Cuál ha sido la tontería más gorda por la que se ha cogido un cabreo de campeonato?**
- *Los de «campeonato» me los cojo con motivo (por lo menos eso creo yo).*
- **Elija uno de los siguientes sombreros: copa, bombín, boina o cordobés**
- *Depende del momento; eso de aparecer por el Rocío con el bombín me parece poco afortunado*.
- **¿Tiene alguna manía que no le importe publicar?**
- *Creo que soy poco maniático*.
- **¿Se considera supersticioso?**
- *Nada.*
- **¿Sabría distinguir un besugo de un merluzo?**
- *No, pero sí merluzos y chorizos*.
- **¿Podría explicarme en pocas palabras el fundamento del rayo laser?**
- *El fundamento es la emisión estimulada de fotones por parte de un átomo excitado al pasar de un nivel energético mayor a otro menor cuando es bombardeado por fotones externos. Los fotones así emitidos por el átomo estimulado se suman a los fotones externos que les dieron origen y por tanto se produce un proceso de amplificación. ¿Cómo se queda?*
- **La verdad es que me has impresionado. ¿Se acuerda de la definición de radián?**
- *Esto me resulta más fácil. Es el ángulo central en una circunferencia que abarca un arco cuya longitud es igual al radio*



- **¿Sabría decirme ahora que es el deuterio?**
- *Es un isótopo estable del hidrógeno*.
- **¿Tiene claro lo que es la entropía?**
- *En España todos lo tenemos claro.*
- **¿Ha oído hablar de la teoría de la Equivalencia Global?**
- *No, pero hasta la fecha he podido vivir sin ella, luego no será tan importante.*
- **Elija entre geometría, cálculo diferencial, analítica, estadística e informática para pasar un rato entretenido.**
- *Estadística* e *Informática y más concretamente programación*.
- **¿En qué cadena de TV le gusta ver las noticias de la noche mientras cena?**
- TeleMadrid.
- **En la situación actual: ¿Sería partidario de las centrales eléctricas nucleares?**
- Sí.
- **¿Le gustan los toros?**
- *Me gustan pero no me quedo a verlos en televisión*.
- **¿Es la justicia igual para todos?**
- *No y nunca lo será. Lo importante es que no se note mucho.*
- **¿Se ha bajado alguna vez películas o música mediante *Internet*?**
- *Sí, y lo seguiré haciendo siempre a no ser que bajen los precios.*

- **¿Qué piensa de las personas, que habiendo desempeñado destinos oficiales de cierta importancia y capacidad de decisión ocupen puestos de asesores o consejeros en entidades o empresas con las que existe, o existía, algún tipo de relación o dependencia? ¿Entiende la pregunta?**
- *Entiendo la pregunta. Me parece fundamental utilizar la experiencia de las personas, lo importante es que las empresas y las personas sean profesionales y serias.*
- **¿Basta con ser o además es necesario aparentar?**
- *Lo importante es ser y después sería interesante que lo sepan, sobre todo si pretendes que te elijan.*
- **Si le dan a elegir entre una medalla y un trienio, ¿con qué se quedaría?**
- *No me gusta cumplir años*.
- **Le ha dado tantas vueltas a la cosa que ha terminado por quedarse sin fuerza centrípeta y se ha salido por la tangente. Vamos a intentarlo con esta nueva pregunta: ¿Cambiaría una medalla por 40 euros mensuales?**
- *Los cuarenta euros me los gasto en una salida el fin de semana, la medalla no.*
- **¿Qué virtud aprecia más de un superior: educación, trabajo, inteligencia o integridad?**
- *La educación.*
- **¿Qué virtud aprecia más de un subordinado: lealtad, trabajo, obediencia, inteligencia?**
- *Lealtad.*
- **¿No ve la levita como una prenda de vestir incómoda, cara y pasada de moda?**
- *Es para lo que es. Desde luego que barata no es para el uso que se le da.*
- **¿Piensa que es cierto el dicho «el que no tiene padrino, no se bautiza»?**
- *Es cierto, a veces ha sido más necesario que el propio cura*.
- **¿No cree que a veces se confunde la dedicación al trabajo con el afán de protagonismo y promoción personal?**
- *Puede ser, pero el problema lo tiene el que lo confunde*.
- **¿Qué opina sobre el actual modelo de evaluaciones, ascensos e informes personales?**
- *Creo que los modelos que solo funcionarán son aquellos que están pensados para motivar y atender las necesidades de la «mayoría». La «mayoría» es ese 70% del personal de las Fuerzas Armadas (FAS) que tiene vocación, espíritu de trabajo y son responsables. No atender a la promoción y motivación de la mayoría «silenciosa» es peligrosísimo. El elemento humano es lo más importante en las FAS.*
- **¿Sería bueno que los subordinados pudiesen, de alguna manera, dar una opinión de sus superiores?**
- *Con la encuesta de prestigio, en cierta forma, se pretende eso, ¿no?*
- **Ahora, la pregunta obligada, ¿por qué se hizo usted ingeniero?**
- *Quería seguir estudiando y me gustaba mucho*.
- **¿Le sigue gustando?**
- *Sí, por supuesto pero es una pena que la Armada, bajo mi punto de vista, no valore suficientemente su trabajo e importancia*.
- **Creo que es usted todo un diplomado en Estado Mayor (EM); ¿es verdad que hay un antes y un después a la obtención de esa diplomatura?**
- *Soy un diplomado en EM, no «todo un diplomado» en EM. Pienso que hay un antes y un después en las posibilidades que dicho diploma te da.*

  Creo que los ingenieros diplomados en EM deberían estar, entre otros sitios, en el Gabinete Técnico del Secretario de Estado de Defensa, en el Órgano de Dirección del Dirección General de Armamento y Material (DGAM) y, dado que el 70% de los puestos en la estructura OTAN y la Unión Europea son de carácter generalista (quitando los estrictamente de operaciones), compartiendo puestos con todos los Cuerpos.

- **¿Podría describirnos, de una forma breve, como está estructurado un programa de nuevas construcciones como el del submarino S-80?**
- *El Ministerio de Defensa para la gestión de sus Programas de Adquisición cuenta con las Oficinas de Programa (OP). La OP S80 tiene como misión principal dirigir, coordinar y controlar día a día todas las actividades del Programa de forma que se alcancen los objetivos establecidos en la Orden de Ejecución del Programa. La OP S80 a su vez cuenta con el apoyo de los Ramos Técnicos de la JAL; la Inspección de Construcciones del arsenal de Cartagena (ICOCART); un grupo de oficiales que, orgánicamente dependientes del Centro de Programas Tácticos (CPT) y funcionalmente dependientes del Programa, están destacados en FABA y, por último, un oficial ingeniero destacado en* Loockheed Martin *(LM) en* Manassa *(EE. UU.).*

  La OP S80 está dividida en dos grandes áreas: una abarca la Plataforma y Propulsión y la otra el Sistema de Combate, Electrónica y Armas. Por otra parte, además de la OP S80, existen en el Ministerio de Defensa dos órganos adicionales: el Comité Director y la Comisión de Seguimiento, encargados de supervisar periódicamente la marcha del Programa.

- ¿**Cuántos oficiales ingenieros hay en el programa del S-80?**
- *Directamente en la OP S80, siete personas. A esto hay que sumarle, como he comentado, el personal que trabaja en la ICOCART, Ramos Técnicos, FABA y LM.*
- **¿Es verdad que los franceses tenían cerca de 300 personas en el programa de los *Scorpene*?**
- *No lo sé y no sé de dónde sacó usted ese dato pero me imagino que esa cantidad será contando con el personal de la Armada, la Dirección de Construcción Naval y del Astillero. Por otra parte, en el caso del S80, entre Defensa y Navantia no somos pocos aunque deberíamos ser algunos más.*
- **Dentro del programa del S-80, es usted el responsable del sistema de combate ¿No? ¿En qué consiste su trabajo?**
- *En dirigir, coordinar y controlar día a día todas las actividades del Programa relativas a obtener un Sistema de Combate que cumpla con todos los requisitos definidos en las Especificaciones del Contrato.*
- **Si de usted dependiese, ¿qué cambiaría del actual Sistema de Combate del S-80?**
- *Nada, aunque todo es mejorable. Creo que tendremos un buen Sistema de Combate. Lo más importante es que sea muy fiable, o sea, muy robusto y estable. Las aplicaciones tácticas pueden ser posteriormente,*

si es el caso, mejoradas, pero lo más importante es que la infraestructura del Sistema funcione con total garantía y para ello es muy importante el diseño software*, una buena implementación y un* hardware *de confianza.*

- **¿Los diferentes sensores, lanzadores y armas forman parte de un sistema de combate?**
- *El concepto Sistema lo dice todo. Los sensores, lanzadores y armas son los periféricos necesarios de entrada y salida de datos al (y del) Sistema de Combate que gestiona toda la información y saca las respuestas adecuadas según el buen diseño del Programa y el buen hacer de sus operadores. Eso sí, necesitamos periféricos de calidad.*
- **Más concretamente: ¿para usted él sonar forma parte del Sistema de Combate?**
- *Claro. ¿qué haría usted con su ordenador personal sin teclado o pantalla?*
- **¿Por qué se ha decidido incorporar un sistema de combate estadounidense para el S-80?**
- *Dentro de todas las posibles opciones que se presentaron en su momento, la de LM era la más atractiva. Primero, lo era por precio. Segundo, por que es un socio tecnológico de reputada solvencia que ya participó con la Armada en el Programa F100 y, tercero, se trataba de un desarrollo desde «cero», no era una solución ya desarrollada, lo que aportaba a la industria nacional la posibilidad de adquirir mucho conocimiento y experiencia.*
- **Minas españolas, misiles estadounidenses, torpedos alemanes, tubos ingleses. ¿De verdad piensa que esto va a funcionar?**
- *Sí, todos los ingenieros hablamos el mismo idioma*.

- **Sea valiente, sincero y prediga una posible fecha para llegar ver a un S-80 lanzando un misil *Tomahawk***.
- *No depende de mí y por tanto no lo sé. Lo que sí me atrevo a decir es que desde el punto de vista técnico no creo que haya excesivos riesgos en integrarlo en un futuro. La integración mecánica, la que de no haberse hecho podría impedir o dificultar mucho su instalación futura, está prácticamente hecha. La integración lógica, la que queda por hacer, es más fácil y no deben existir grandes problemas. Quizás estemos hablando más de un problema económico.*
- **Hablando de economía, se dice, se oye, se rumorea, que las fragatas F-100, desde el punto de vista de mantenimiento, y más en estos tiempos, pueden suponer una pesada hipoteca para la Armada durante los próximos 10 o 15 años. ¿Se corre el mismo riesgo con los nuevos submarinos?**
- *Como a la hora de presupuestar un Programa no se incluye el coste del apoyo a su ciclo de vida, este riesgo siempre existirá en tanto en cuando no se liberen convenientemente y en tiempo los recursos ne-*

cesarios para ello. Hay un principio logístico que es muy importante: «no adquieras lo que no puedas mantener». Yo a esto añadiría: «por lo menos dignamente».

- **A veces, visto desde fuera, da la sensación de que entre la DGAM y los programas de la Armada no hay esa comunión que era de esperar. ¿Está de acuerdo con esta apreciación?**
- *Yo tengo mi propia idea sobre el tema. Para mí la Armada, como mando orgánico, debería ser exclusivamente responsable de la preparación y el adiestramiento de la Fuerza para el combate así como del mantenimiento orgánico de la Fuerza y medios asignados. Una parte de los recursos orgánicos son susceptibles de formar parte, temporalmente, de la estructura operativa y esa parte debe estar adiestrada y adecuadamente mantenida para ello. El Estado Mayor Conjunto (EMACON) es el responsable del planeamiento y conducción de las operaciones en curso. Los requisitos operativos los establece el EMACON, con el concurso de los Cuarteles Generales correspondientes, en tanto en cuanto él es quien debe definir qué capacidad necesita para el cumplimiento de la misión. La Armada y concretamente la JAL, siguiendo este esquema, sería responsable del mantenimiento orgánico de los recursos del material de la Armada y para ello contaría con una Dirección de Mantenimiento, otra de Infraestructuras y otra de Aprovisionamiento, Abastecimiento y Transporte. La Dirección de Mantenimiento contaría con una Subdirección de Ingeniería para apoyar al mantenimiento. Por otra parte, bajo mi punto de vista, el Ministerio de Defensa y más concretamente la DGAM, debería ser el responsable de los Programas de Adquisición e I+D+i. Es la única forma de tener una Política Industrial de Defensa con mayúsculas no solo enfocada a dotar a las FFAA propias con las capacidades que demanda sino también, y fundamentalmente, orientada a la exportación. No se debe adquirir en España aquello que no podamos teóricamente exportar. El Instituto Tecnológico de la Marañosa, al que yo llamaría ITD (Instituto Tecnológico de la Defensa, por aquello de lo «conjunto»), sería el centro desde donde se gestionarían todos los Programas. Por otra parte, del ITD deberían depender la Subdirección General de Inspección y Servicios Técnicos de quien dependerían, en el caso de la Armada, los responsables de asegurar la calidad (RAC) y las Inspecciones de Construcciones (ICO) de los arsenales.*
- **Me ha dejado usted asombrado. Da la sensación de que lo tiene clarísimo y que ha pensado en ello más de una vez ¿verdad?**
- *Sí, lo he pensado muchas veces, pero no deja de ser una opinión personal.*
- **¿Se arrepiente de haberse hecho ingeniero?**
- *Nada*.
- **Dígame una pregunta que le gustaría que le hiciera**
- *Que si he sido sincero, pues lo he sido.*
- **Bueno… Sr Comandante, muchísimas gracias, en mi nombre y en el de todos sus compañeros ingenieros, por su atención, por su colaboración y por no importarle darnos a conocer esas cosas tan interesantes que hace, que piensa y que siente.**
- *De nada, ha sido un placer contestar a sus preguntas. Por otra parte, darle las gracias por haberme brindado la oportunidad de poder expresar algunas de mis reflexiones personales.*

JORNADA TÉCNICA DE AERONÁUTICA Y DEFENSA

El 25 de octubre de 2012 se celebró en la ETSIAN una **«Jornada Técnica de Aeronáutica y Defensa»**. Se impartieron cuatro conferencias. La primera, a cargo del ingeniero D. Francisco Herrada Martín, del Ministerio de Economía y Competitividad, quien trató aspectos relevantes del estado de la I + D +i en nuestro país. La siguiente, compartida por los ingenieros de *Airbus Military* D. Julio Gutiérrez Martín y D. Miguel Ángel Cuenca Retana, versó sobre «Patrulla marítima y lucha antisubmarina».

El Comandante-Director ETSIAN CN (CIA) Pedro R. Saura Iniesta con doña Cristina Cuerno Rejado Subdirectora de Relaciones Exteriores de la ETSI Aeronáuticos.

Tras un breve receso, el ingeniero de SENER, doctorando y profesor de la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid, D. Demetrio Zorita Gómez-Escolar, expuso el desarrollo de un proyecto complejo de ingeniería aeroespacial que particularizó en la carga del satélite SEOSAT. Para finalizar la jornada, el ingeniero aeronáutico D. Óscar Franch Martínez, presentó una ponencia sobre las vicisitudes técnicas de la misión del satélite HISPASAT.

De izquierda a derecha: Óscar Franch, Demetrio Zorita, Francisco Herrada, Miguel Ángel Cuenca, el Comandante-Director ETSIAN, Julio Gutiérrez y Pedro Toledano, el director de la jornada.

INGENIEROS EN LA HISTORIA

JOSÉ MARÍA OTERO NAVASCUÉS

Por CF Agustín. E. González Morales

El contralmirante ingeniero de la Armada **José María Otero Navascués Enríquez de la Sota** (Madrid, 1907-1983), fue uno de los más ilustres científicos españoles del siglo XX.

En 1922 ingresó con 15 años en la Academia de Artillería de la Armada (Cádiz). Tras cinco años de estudios terminó con el número uno de su promoción con el grado de teniente ingeniero de Artillería de la Armada.

Desde 1929 hasta 1933 amplió sus estudios en la Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería de Zúrich y Berlín, en el Instituto Politécnico de Zúrich y en el Instituto de Óptica de Berlín. En estos centros de gran prestigio se especializó en Física Técnica. A partir de ese momento orientó su actividad hacia el campo de la Óptica. Sus trabajos sobre Óptica Fisiológica tuvieron gran impacto internacional al poner de manifiesto fenómenos desconocidos hasta entonces como la miopía nocturna; estudios que fueron ampliamente comentados en revistas científicas de todo el mundo.

Al regresar a España, en 1935, fue destinado a los Servicios Técnicos Industriales de Artillería de la Armada en Madrid. Finalizada nuestra guerra civil, ya capitán, fue nombrado Jefe del Laboratorio de Óptica de la Armada y comenzó una intensa actividad en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Fue fundador, subdirector primero (1942-1947) y director después (1947-1955) del Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada y simultaneó esta labor con la dirección del Instituto de Óptica «Daza de Valdés» (1946 a 1966). También fue profesor de la ETSIAN (1944-1945), vocal del Consejo del Superior de Investigaciones Científicas desde 1948, presidente del Consejo Nacional de Física (1.958) y presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas (1968-1975).

A pesar de su enorme aportación a la Óptica, quizás fue en el campo de la energía nuclear donde más destacó, tanto por sus investigaciones como por la acertada gestión que hizo de los escasos recursos de los que dispuso para incluir a España en el elenco de naciones que se iniciaban en el uso pacífico de esta fuente energética. Su presidencia de la Junta de Energía Nuclear (1958-1974) fue muy prolífica, pues durante este período se pusieron en marcha en nuestro país las primeras centrales nucleares, y España fue miembro de pleno derecho de los más altos organismos internacionales en este campo. Así, Otero Navascués fue presidente del Organismo Europeo de Energía Nuclear (1961-1964) y, a partir de 1965, de la Sociedad Europea de Energía Atómica.