



# Desde el cuarto de máquinas

Vicealmirante de la Reserva Activa Luis Alberto Ordóñez Rubio, Ph.D.  
Miembro del Consejo Editorial de la Revista Fuerzas Armadas

## Revoluciones industriales en la Armada Nacional

Cuando la máquina es fundamental, como en las Armadas y las Fuerzas Aéreas, la tecnología adquiere connotaciones especiales y necesarias para el cumplimiento de la misión. Desde el cuarto de máquinas, corazón de cualquier embarcación, hemos visto las revoluciones tecnológicas y hemos vivido, al igual que los expertos en armamento, operaciones navales y logística, los cambios que ha sufrido una Institución bicentenaria para mantenerse vigente y acorde con las necesidades del país. En este artículo se revisarán las diferentes etapas de la ma-

rina colombiana y cómo la revolución tecnológica, en muchos casos de punta para toda la Nación, exigieron cambios y adaptaciones en los modelos formativos, los pénsum, la capacitación y la logística. De esta revisión se puede concluir que como Institución hemos estado respondiendo a los retos y gracias a ello los esfuerzos han sido productivos.

Mientras el mundo ha tenido sus propias revoluciones industriales, que desde luego impactan a toda la humanidad, en la Armada Nacional los cambios tecnológicos han

tenido etapas marcadas por el material, entendiéndose este por los buques, submarinos y aeronaves, fundamentales para mantener la capacidad propia de una marina de guerra. Las cuatro revoluciones industriales mundiales se han distinguido por cambios muy marcados y determinantes en el desarrollo, como se puede ver en el *Cuadro 1*. Estos no son diferentes a los de la marina colombiana, pero sí se han dado en otros momentos, en la medida que dichas tecnologías impactaban el material naval y por consiguiente a toda la organización.

## Revoluciones industriales

Nº	INNOVACIONES	PERIODO	APLICACIONES
<b>I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Mecanización</li> <li>⊕ Potencia hidráulica</li> <li>⊕ Uso del vapor</li> </ul>	<b>Mediados del siglo XVIII hasta el siglo XIX</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Industria del hierro y textiles</li> <li>⊕ Máquina de vapor</li> </ul>
<b>II</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Producción en masa</li> <li>⊕ Líneas de ensamblaje</li> <li>⊕ Electricidad</li> </ul>	<b>1870 - 1914</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Teléfono</li> <li>⊕ Bombilla</li> <li>⊕ Fonógrafo</li> <li>⊕ Motor de combustión interna</li> </ul>
<b>III</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Computadores</li> <li>⊕ Automatización</li> </ul>	<b>1980 - Actual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Ordenador personal</li> <li>⊕ Internet</li> <li>⊕ TIC</li> </ul>
<b>IV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Ciber</li> <li>⊕ Sistemas físicos</li> </ul>	<b>Rvolución digital</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Robótica</li> <li>⊕ Inteligencia artificial</li> <li>⊕ Nanotecnología</li> <li>⊕ Computación cuántica</li> <li>⊕ Biotecnología</li> <li>⊕ Internet de las cosas</li> <li>⊕ Impresión 3D</li> <li>⊕ Vehículos autónomos</li> </ul>

Cuadro 1: Revoluciones industriales mundiales y sus características

### La guerra de independencia

El papel de la marina nacional para lograr y consolidar la independencia de España, es de todos conocido; allí, el arte de la guerra, basada en barcos

de madera e impulsados por la fuerza del viento, era muy exigente y finalmente se terminaba con batallas cuerpo a cuerpo al abordar las embarcaciones que resistían el ataque de los cañones, la tecnología era sobre todo la utilizada en

el armamento, la pólvora y la optimización de la balística. Todo era manual; la destreza humana, el arrojo y la experiencia hacían la diferencia y nos garantizaron el triunfo. Con el paso de los años, como marina de guerra, aparecemos nuevamente de manera determinante en 1932, forzados por las circunstancias y la necesidad de defender y recuperar lo nuestro. Fue la adquisición de buques para atender el conflicto con el Perú, lo que marca la primera revolución industrial naval colombiana.

### La primera revolución industrial

Cuando la soberanía fue violentada y las tierras del sur

“Desde el cuarto de máquinas, corazón de cualquier embarcación, hemos visto las revoluciones tecnológicas y hemos vivido, al igual que los expertos en armamento, operaciones navales y logística, los cambios que ha sufrido una Institución bicentenaria para mantenerse vigente y acorde con las necesidades del país”.

## Revoluciones tecnológicas Navales Armada Moderna - Colombia

INNOVACIONES	PERIODO	APLICACIONES
 <p data-bbox="282 642 451 674"><b>ANTIOQUIA</b></p>	 <p data-bbox="683 642 917 674"><b>ARC 20 DE JULIO</b></p>	 <p data-bbox="1073 642 1377 674"><b>ARC INDEPENDIENTE</b></p>
 <p data-bbox="282 957 451 989"><b>MC PADILLA I</b></p>	 <p data-bbox="708 957 893 989"><b>ARC BOYACÁ</b></p>	 <p data-bbox="1105 957 1343 989"><b>ARC 20 DE JULIO</b></p>

Cuadro2: Los buques que en cada momento marcaron saltos tecnológicos importantes.

de Colombia invadidas, no existía una Armada organizada ni con capacidades para responder a la amenaza; fue el Ejército Nacional, como en otras ocasiones, el que asumió todos los roles para recuperar los territorios usurpados. En el mar poco o nada se podía hacer pues no había con qué. La buena gestión diplomática permitió, en muy poco tiempo, la consecución de dos magníficos buques de guerra; se trataba del MC Antioquia y el MC Caldas, ambos recién construidos y que hacían parte de cuatro unidades pedidas por Portugal a los astilleros *Yarrow Co. Ltd*, de Inglaterra. Como tampoco había personal capacitado para operarlos, fue la Misión Inglesa, con personal de la reserva, quienes arribaron a aguas colombianas y disuadieron al país vecino

Fotos: Comunicaciones Estratégicas ARC



para no llegar a mayores. Esos buques, de última tecnología, sirvieron al país hasta 1956 y 1961 respectivamente y fueron escuela para transmisión de conocimientos a las tripulaciones nacionales.

Dentro de esta misma etapa tecnológica se pueden mencionar, como unidades de combate, las fragatas *Padilla*, *Tono* y *Brión*, que sin ser nuevas, suplieron las necesidades operativas y marcaron el derrotero de la Armada Nacional en cuanto a capacitación, mantenimiento y logística. Fue con estas que se participó exitosamente en la Guerra de Corea.

## Segunda revolución industrial naval

Fue necesario un gobierno militar y un Comandante de la Armada con ascendencia en este, para que se lograra adquirir nuevamente buques de guerra con tecnología de punta; se trató de los destructores *ARC 7 de Agosto* y *ARC 20 de Julio*, fabricadas a pedido. Se trataba de dos magníficas unidades de la clase Halland, construidas en los astilleros *Kockums*, de Malmo (Suecia), que para la época fueron lo más moderno de la región. Estas unidades prestaron servicio hasta 1984 y obligaron a dar otro salto importante en la preparación de los marinos, impactaron los pénsu de las escuelas y se convirtieron en reto para la logística y el mantenimiento. Fueron épocas importantes para la internacionalización: varios Oficiales



navales estudiaron en el prestigioso Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), conocimientos que impactaron los programas de las escuelas navales y le aportaron al país con el trabajo de algunos Oficiales en varios ministerios y la creación de Colciencias, hoy convertido en Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para esa misma época otras unidades navales, también venidas de Estados Unidos, marcaron el derrotero de necesidades de operación, mantenimiento y logística. Sin contarse con tecnología de punta hicieron la transición a las modernas corbetas; entre esas estaba la segunda generación de destructores y destructores transporte, que repitieron los nombres de importantes héroes navales, remplazándose hasta llegar a las unidades

que hicieron la transición a la tercera revolución industrial naval; fueron el *ARC Santander* y el *ARC Boyacá*, sin embargo por sus años de uso, al igual que sus antecesores con esa nacionalidad, no eran lo más moderno del momento y en algunos casos sus sistemas ya mostraban falencias y retardo tecnológico.

## Tercera revolución industrial naval

Esta tercera revolución se dio gracias a visionarios que supieron mostrar los riesgos a nivel estratégico y las retadoras posibilidades, no solamente para una Armada en crecimiento y desarrollo, sino para todo el país; adquirir, operar y mantener submarinos oceánicos era toda una novedad y un reto tecnológico inmenso. No solamente fue necesario ade-



cuar dependencias, construir muelles e instalar infraestructura especializada, sino capacitar Oficiales y Suboficiales para garantizar la operación en un entorno totalmente nuevo para ese momento, pero además cambiar la cultura institucional y adecuar los programas académicos de formación y capacitación. Operar bajo el mar a ciegas y solamente basándose en sensores, rompía la tradición y adaptaba el conocimiento a una nueva forma de operar esas formidables y eficientes armas silentes, como son conocidas.

Siguieron las adquisiciones con dos poderosos buques oceanográficos, construidos a pedido de Colombia y con especificaciones apropiadas para las necesidades nacionales. Aunque eran más sencillos de operar y mantener que las unidades de guerra, lo importante eran las capacidades que se adquirirían en investigación marítima. Un avance realmente impresionante para el desarrollo en ese campo.

La tercera etapa, dentro de esta misma tercera revolución tecnológica naval, fue la adqui-

sición de las entonces corbetas misileras. Después de muchos años de operar en el mar con buques cedidos o adquiridos a bajo precio a la US Navy, Colombia entraba nuevamente a puntear en la región con buques de guerra modernos, compactos, automatizados y con capacidades que hasta ese momento eran solamente el sueño de quienes ávidos de conocimiento leían en libros y revistas sobre misiles, lanza engaños, guerra electrónica, automatización de la maquinaria y en fin, electrónica de avanzada y equipos modernos, que por su sofisticación preocupaba si seríamos capaces de mantener a largo plazo. Treinta y seis años después, la historia muestra que el reto se superó con creces y que no solamente se consiguió operarlas los tiempos de vida que marca la tradición naval, sino que ya

**“Todo era manual; la destreza humana, el arrojo y la experiencia hacían la diferencia y nos garantizaron el triunfo”.**

van llegando al doble, tras dos procesos importantes de modernización; ambos realizados en el país.

Pero a su vez, esta tercera revolución incluyó el regreso a la construcción naval, algo que el país dejó en el olvido por años, pero que la necesidad estratégica de la Defensa Nacional revivió con Cotecmar, nuestra corporación de ciencia y tecnología, que tras veintidós años de vida muestra avances realmente sorprendentes en ingeniería naval, los cuales han permitido construir en el

país patrulleras de alta mar (OPV, por sus siglas en inglés), las patrulleras de costa (CPV) y los buques de apoyo logístico (BDA), como resultado maravilloso de toda la política de preparación de personal, instrucción en nuevas tecnologías y aplicación a las necesidades del país; no es solo el avance de una Fuerza militar, sino la forma en que se aprovecha la capacidad industrial de la Nación al integrarla al proceso de construcción naval y permitiendo percibir recursos que quedan en el país, a la

vez de generar empleo y sobre todo dar la posibilidad de adquirir, como en efecto se está haciendo, de autosuficiencia tecnológica.

### Cuarta revolución industrial naval

Esta, que apenas comienza y podría ser la más exigente, es la revolución digital; marcada por innovaciones, que no paran, en sistemas físicos y en cibernología; robótica avanzada, inteligencia artificial, nanotecnología, computación

## Revoluciones industriales

Nº	INNOVACIONES	PERIODO	APLICACIONES
<b>I</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Plantas de vapor alternativas</li> <li>⊕ Sistemas manuales</li> <li>⊕ Armamento operado localmente</li> </ul>	<b>Conflicto con el Perú 1932 - 1957</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Escuelas navales a flote MC Cúcuta y MC Boyacá</li> <li>⊕ MC Antioquia y MC Caldas</li> </ul>
<b>II</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Turbinas a vapor</li> <li>⊕ Sistemas de armas</li> <li>⊕ Controles mecánicos</li> </ul>	<b>1957 - 1975</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Buques clase "7 de agosto" y "20 de julio"</li> <li>⊕ ARC Santander</li> <li>⊕ ARC Boyacá"</li> </ul>
<b>III</b> (Tres fases)	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Motores diesel automatizados</li> <li>⊕ Sistemas de armas computarizados</li> <li>⊕ Armamento autónomo - misiles</li> </ul>	<b>1975 - actual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>I.</b> Submarinos oceánicos Buques oceanográficos ARC Malpelo y ARC Quitasueño</li> <li><b>II.</b> Fragatas misileras y actualizaciones</li> <li><b>III.</b> Nuevas construcciones</li> </ul>
<b>IV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Ciber</li> <li>⊕ Sistemas físicos</li> </ul>	<b>Revolución digital</b>	<p><b>PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE SUPERFICIE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Robótica</li> <li>⊕ Inteligencia artificial</li> <li>⊕ Nanotecnología</li> <li>⊕ Computación cuántica</li> <li>⊕ Biotecnología</li> <li>⊕ Internet de las cosas</li> <li>⊕ Impresión 3D</li> <li>⊕ Vehículos autónomos</li> </ul>

Cuadro 3: Las revoluciones tecnológicas navales y sus características

cuántica, biotecnología, internet de las cosas, impresión en tres dimensiones, entre otras. El mundo de las posibilidades sin límite donde confluye, en un momento crítico, la cuarta revolución industrial mundial con las necesidades de Seguridad y Defensa nacionales; la renovación de las unidades estratégicas navales, buques y submarinos, que por sus años de vida están próximos a necesitar reemplazo: importante reto para un país que además afronta uno de los peores momentos de la economía, pero no por ello puede descuidar su capacidad disuasiva y defensiva.

Viene entonces lo que debe marcar y definir la cuarta revolución tecnológica naval; se conoce el *qué*, pero aún hay muchas dudas sobre el *cómo*. Con relación al reemplazo de los submarinos, algo que se debe dar en los próximos diez años para los dos más antiguos, no contamos con la capacidad de hacerlo en Colombia, sin embargo nuestra participación podría ser mucho más activa que cuando hace más de cuarenta años se adquirieron. Con relación a los buques de superficie, la Armada Nacional ha trabajado intensamente en el tema y junto con Cotecmar han avanzado en el proyecto PES (Plataforma Estratégica de Superficie). Actualmente, con tanta experiencia y avance, el aporte intelectual, técnico y logístico propio puede ser muy grande. Seguramente podría ser más rentable, y técnicamente más viable, un desarrollo conjunto con algu-

**“Viene entonces lo que debe marcar y definir la cuarta revolución tecnológica naval; se conoce el qué, pero aún hay muchas dudas sobre el cómo”.**

na de las empresas líderes en construcción naval militar para reducir costos y minimizar la incertidumbre y hacer menos riesgosa la curva de aprendizaje. Desde luego la construcción física de las unidades debería ser en Colombia, dejando buena parte de los recursos en casa y lográndose una transferencia tecnológica importante. El reto es inmenso y debe volverse una realidad en máximo diez años para tener operando esa nueva flotilla de buques de defensa para la Nación.

### **La preparación profesional**

En esta rápida revisión de las etapas tecnológicas que han marcado a la Armada Nacional, es importante destacar el papel de la academia; no es solo formar Oficiales y Suboficiales en lo naval militar, sino también en lo tecnológico, sin olvidarse de la preparación física. Esos tres pilares, no pueden ser diferentes a los de toda la vida de nuestras escuelas de formación, pero los contenidos sí deben serlo, actualizándose tan rápido como

los cambios tecnológicos y la vida moderna lo exijan.

Con relación a las escuelas navales, el impacto va ligado a cada momento donde los avances tecnológicos, pero sobre todo el material naval, ha exigido adaptarse y prepararse para suplir los retos de operar, mantener y reparar equipos sofisticados con tecnologías que en muchos casos han superado las capacidades nacionales. Por eso la Escuela Naval de Cartagena es universidad desde 1979 y la formación del Oficial incluye una carrera liberal que lo prepara para el quehacer de la carrera; no se puede prescindir de ellas, por el contrario, el reto es mantenerlas en el estado del arte de la ingeniería, la oceanografía, la administración y las ciencias navales. Por su parte la Escuela Naval de Suboficiales, orgullo nacional entre las instituciones de educación de nivel tecnológico, hace lo propio en ese nivel del conocimiento; el Suboficial adelanta una carrera tecnológica, pero además tiene la posibilidad de estudiar posgrados en ese mismo nivel, que permiten ser competentes

## ESCUELAS NAVALES



Cuadro 4: Pilares formativos navales que han permitido adaptación a los cambios tecnológicos

y capaces de asumir los retos, en equipo con los Oficiales, que esta cuarta revolución impone.

### A manera de conclusión

La historia reciente de la marina colombiana, desde su consolidación a raíz del conflicto con el Perú, muestra cuatro revoluciones industriales navales claramente determinadas por las necesidades tecnológicas del material naval -buques y submarinos- que en lapsos determinados dieron saltos importantes de acuerdo con adquisiciones de unidades de última generación, pasando de las calderas manuales a

motores automatizados y controlados por computadores; de la electrónica de tubos a los transistores, *chips*, microprocesadores; impactando el armamento desde su operación manual hasta las modernas tecnologías de proyectiles inteligentes, torpedos modernos y misiles eficientes y probados en combate.

A diferencia de las tres primeras revoluciones tecnológicas, la cuarta hay que construirla, es decir en vez de adaptarnos a lo que podamos conseguir en el mercado, ahora debemos ser partícipes pues nos corresponde, con los conocimientos adquiridos, participar en los desarrollos que nos permitirán

mantener la vigencia de una Armada poderosa de alcance medio y presencia en dos océanos.

Lo más importante, y que se ha mantenido como política a través de los años, lo constituye la formación y capacitación del talento humano, de manera que ha sido posible adaptarse a cada una de las épocas, no solamente las de un país tan complejo y particular como Colombia, sino también a los avances mundiales en temas tecnológicos y de desarrollo. 🏆