# Ciencia, Tecnología y Fuerzas Navales en el Pacífico

## Science, Thecnology and Naval Forces in the Pacific

Capitán de Navío
Oscar Penny Cabrera

**SUMILLA**

**Resumen ejecutivo de Tecnologías Aplicadas para el siguiente siglo en una Marina de Guerra**

El estudio prevé un mundo donde las fuerzas navales realizarán misiones en el futuro, similares a aquéllas que se han emprendido históricamente. Estas misiones continuarán incluyendo: control del mar, disuasión, proyección de poder, transporte marino, y así sucesivamente,. Las misiones se lograrán a través del uso de plataformas (buques, submarinos, avión y naves espaciales), armas (los proyectiles, bombas, torpedos, e información), mano de obra, material, táctica, estrategia y procesos (adquisición, logística, y así sucesivamente.)

El objetivo primario del estudio realizado por la Academia de Ciencias de los Estados Unidos era determinar cuáles de éstas tecnologías, eran las más críticas para la Armada Americana y poder asegurar el dominio norteamericano en las operaciones navales futuras, determinando las tendencias en estas tecnologías, así como su impacto en la superioridad de la Armada misma y la del Cuerpo de Infantería de Marina. Es decir, dar una visión de

**ABSTRACT**

**Executive Summary of Applied Technologies for the next century in a Navy**

The study foresees a world, where the naval forces in the future will carry out missions similar to those that have been undertaken historically. These missions will include: control of the sea, deterrence, projection of power, maritime transport, and so forth. The missions will be achieved through the use of platforms (ships, submarines, airplanes, and space ships), weapons (weapons, projectiles, bombs, torpedoes and information), manpower, material, tactics, strategy and processes (acquisition, logistics, etc).

The primary objective of the study carried out by the National Academy of Sciences of the United States was to determine which of these technologies were the most critical for the American Navy and to be able to assure the North American domain in future naval operations, determining the tendencies in these technologies as well as their impact in the superiority of the Navy itself and that of the Marine Corps. That is to say, to give a vision of future naval operations as a consequence of this effort. These technolo-

las operaciones navales futuras como consecuencia de este esfuerzo. Estas tecnologías forman la base con la que se construyen productos, plataformas, armas, y capacidades. Combinando tecnologías múltiples con sus atributos futuros, con los nuevos sistemas y subsistemas que podrán ser identificados.

## AREAS MÁS IMPORTANTES DE APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS

El estudio identifica más de 100 tecnologías importantes que forman la base tecnológica para las fuerzas navales futuras y se las agrupa en las siguientes nueve áreas de mayor aplicación:

- Cómputo
- Información y Comunicaciones
- Sensores
- Automatización
- Conducta Humana
- Materiales
- Potencia y Propulsión
- Tecnologías del Medio Ambiente
- Procesos Empresariales.

gies form the base on which products will be built combining platforms, weapons and capacities. Combining multiple technologies with their future attributes, with the new systems and subsystems that will be able to be identified.

## MOST IMPORTANT AREAS OF TECHNOLOGIES APPLICATION

The study identifies more than 100 important technologies that form the technological basis for the future naval forces and they are contained in the following nine areas of application:

- Computation
- Information and communications
- Sensors
- Automation
- Human behavior
- Materials
- Power and propulsion
- Environment Technologies
- Managerial processes

## PRÓLOGO

Este análisis se basa en el estudio realizado por la Academia de Ciencias de los Estados Unidos para la Armada de ese país.

El alto mando naval de los Estados Unidos de Norteamérica pidió una identificación específica de "el presente basándose en tecnologías que se relacionaran con las características de la Armada Norteamericana y las capacidades de la misión del Cuerpo de la Infantería de Marina con atención específica a los siguientes campos:

- La guerra de información, guerra electrónica, y el uso de recursos de vigilancia.
- Guerra de minas y guerra submarina.
- La Armada y el armamento del Cuerpo de Infantería de Marina en el contexto de la mayor efectividad con los blancos propuestos.

- Los recursos humanos, sus problemas, cuidando y aumentando al máximo su efectividad tanto en la Armada como en el Cuerpo de Infantería de Marina.

Como era de esperarse, el estudio es producto de discusiones extensas con la comunidad de ciencia y tecnología de la Armada Norteamericana, incluidos la Oficina de Investigación Naval (ONR), el Laboratorio de la Investigación Naval (NRL), el Comando Naval, la Oficina del Jefe de Operaciones Navales, y la Infantería de Marina. Asimismo se ha tenido en cuenta las experiencias a bordo del *USS Yorktown*, el buque "inteligente" de la Armada Americana. La "nave inteligente" es un proyecto patrocinado por el Jefe de Operaciones Navales al amparo de la aplicación de la reingeniería. El citado oficial de la Armada Norteamericana es un luchador por la aplicación de los nuevos procesos operacionales y procedimientos apoyados por nuevas tecnologías en el periodo corto de 12 meses. La "nave inteligente" ha logrado reducciones en mano de obra y ha mantenido capacidades operacionales a través del uso de tecnologías avanzadas. El éxito de los siguientes proyectos de naves inteligentes se basa en la filosofía de la delegación de autoridad para la toma de decisiones de los comandantes de las naves, reducir el tiempo del ciclo de decisión y ejecución, y aprovechar las ventajas de las últimas tecnologías en estas áreas.

De las más de 100 áreas tecnológicas importantes para las operaciones navales futuras, el estudio ha seleccionado varias tecnologías específicas que tendrán el impacto más grande probablemente en cambiar la manera en que la Armada Norteamericana dirigirá las operaciones en el futuro y, debido a su importancia, merecen una atención cuidadosa en el futuro. Éstos incluyen:

- Micro - y tecnologías de nanoescala
- Los sistemas de Micro electromecánicos
- Circuitos electrónicos a nanoescala (Microelectrónica)
- Sistemas contenidos en un "Chip"
- Las Computadoras económicas del orden de Teraflops y Computadoras pentaflop de alto rendimiento
- Genomics- Es la nueva ciencia que deriva del matrimonio de biotecnología, genética y electrónica;
- Materiales Inteligentes que involucran ingeniería de materiales de tipo nanofase;
- Las comunicaciones de banda ancha y la conectividad
- Tecnología de colaboración distribuida Global (Comunicaciones entre sensores, sistemas inteligentes, etc.)
- Ambientes de realidad virtual multisensorial;
- Información de guerra, defensiva y ofensiva;
- Vehículos no tripulados
- Manejo de las firmas propias de las plataformas de guerra.

Se les agrupa en nueve áreas de mayor aplicación, las cuales son las siguientes:
- Cómputo

- Información y Comunicaciones
- Sensores
- Automatización
- Conducta Humana
- Materiales
- Potencia y Propulsión
- Tecnologías del Medio Ambiente
- Procesos Empresariales




Acompañaré el presente análisis con algunas observaciones, las cuales considero pertinentes a nuestra realidad y aplicables, en vista de lo evidente que es la creciente apertura de la brecha tecnológica entre los países desarrollados y los países en vía de desarrollo.

### Proyección de las tendencias tecnológicas futuras

En el presente trabajo se intenta proyectar las tendencias futuras en las tecnologías que en el año 2035 estarán presentes en una Marina de Guerra y evaluar el impacto que ellas tendrán en las Armadas del futuro.

Es una tarea difícil prever las tendencias a las cuales se orientarán las tecnologías dentro de unos 40 años. Podemos guiarnos por experiencias del pasado. Como es natural, se cometerán errores, principalmente de omisión. Por ejemplo, hace 40 años incluso, las mentes de tecnología más buenas extrañaron el crecimiento fenomenal e impactante de las computadoras en la sociedad de hoy. Podemos identificar la capacidad futura de una tecnología o de cómo podrían usarse varias tecnologías juntas para crear una nueva capacidad, lo cual no significa que necesariamente ocurra, sino para ayudarnos a tener una visión de lo que podría llegarse a obtener con el ejercicio de la imaginación. La creencia en las previsiones, es la base de la planificación estratégica. La planificación estratégica es el mejor camino para orientar inversiones en Investigación y Desarrollo, para luego materializar futuras aplicaciones. Esta será la base para la adopción rápida, por parte de una Marina de todos los ingredientes necesarios para convertir un sueño de tecnología en los sistemas reales del futuro.

## ÁREAS DE APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA

## TENDENCIAS

Las aplicaciones de computación, desarrollos de software y las telecomunicaciones son los pilares de estos fundamentos. Consecuentemente, encontramos una prioridad alta en estas tecnologías que están creciendo y están cambiando rápidamente, manejadas predominantemente por objetivos de negocio comerciales. Un crecimiento explosivo en las telecomunicaciones comerciales y en el procesamiento de imagen terrena de los satélites se encuentran en proceso. Estos servicios comerciales globales tendrán un impacto profundo en las operaciones navales del futuro. Una característica de esta tecnología es que estará disponible sea para países desarrollados como para países en vía de desarrollo, por ser comercial. Es por ello que marinas como la norteamericana se encuentran desarrollando tecnologías que aseguren la confiabilidad de las telecomunicaciones, sea por razones de seguridad o de guerra electrónica.

### Desarrollo de las tendencias por áreas

#### Cómputo

Se dice que las computadoras y el software relacionado con ellas, es decir la capacidad computacional, está entre las tecnologías más importantes que controlarán la composición y las operaciones de fuerzas navales futuras. Cuando la infor-

mación es importante para el éxito militar, el cómputo es importante para el manejo de la información, su adquisición, su extracción y su uso. Examinaremos a continuación, el estado y tendencias en hardware de la computadora, software, y las aplicaciones importantes, como en el estudio de la Dinámica de Fluidos por medios computacionales, conocida con el término (CFD).

Por cómputo nosotros queremos decir computación –ese trajinar de bits que circula por el hardware de las computadoras para algún propósito matemático, textual, o gráfico. Por supuesto, el cómputo analógico juega todavía un papel ciertamente importante sobre todo en los sensores, los lentes de sistemas ópticos y las antenas de los radares, las cuales muchas funcionan todavía en forma análoga. Pero vendrá el momento que los millones de operaciones que realizan los radares analógicos serán remplazados por los billones de operaciones que puede realizar un microprocesador en el proceso de formación de Haz digitales sintéticos de antena, lo cual hasta el momento se ha visto pero en forma limitada.

Al estar estas aplicaciones limitadas y pertenecer más al campo de la física, considerando que el proceso digital ofrece flexibilidad casi ilimitada de aplicación a través de la programabilidad del software, podemos prever resultados impactantes en un futuro no muy lejano.

Hoy en día el cómputo tiene una gama amplia de propósitos especiales. Está respaldado por las siguientes técnicas:

- ASIC .- Circuitos Integrados de aplicación específica
- VHDL.- Lenguaje Descriptivo de Hardware para Circuitos Integrados de Muy Alta Velocidad.
- FPGA.- Arreglo de Puertas Programadas por Campo.
- PLD.- Dispositivos Lógicos Programables.
- RTL.- Lógica de Transferencia de Registros.
- PDS.- Procesamiento Digital de Señales.
- MPP.- Multiprocesadores paralelos.

La capacidad de este hardware ha estado creciendo exponencialmente durante las últimas dos décadas y no muestra ninguna señal de reducir la velocidad de crecimiento. Este crecimiento explosivo ha creado la revolución de la información y la seguirá propulsando en el futuro. La microelectrónica ha sido la ciencia causante del tremendo crecimiento de tecnología de computadora durante los últimos 20 años.

Debido a que el hardware ha crecido en capacidad, se han planteado nuevos objetivos y han evolucionado algoritmos para lograr esas tareas matemáticas, de texto y gráficas. Para mantener el software programando estos algoritmos se han desarrollado docenas de idiomas de computadora y software que programan herramientas como las llamadas EDA, término el cual significa Diseño Automatizado Electrónico.

Sobre este tema vale la pena hacer una reflexión.

Durante la última década, el crecimiento de las capacidades de diseño electró-

nico ha sido drástico. Los diseñadores de sistemas electrónicos se han visto obligados a contemplar circuitos VLSI en grandes cantidades debido a la capacidad de integración de los circuitos ASIC. La figura (1) nos lo muestra.

ambiente de diseño electrónico automatizado.

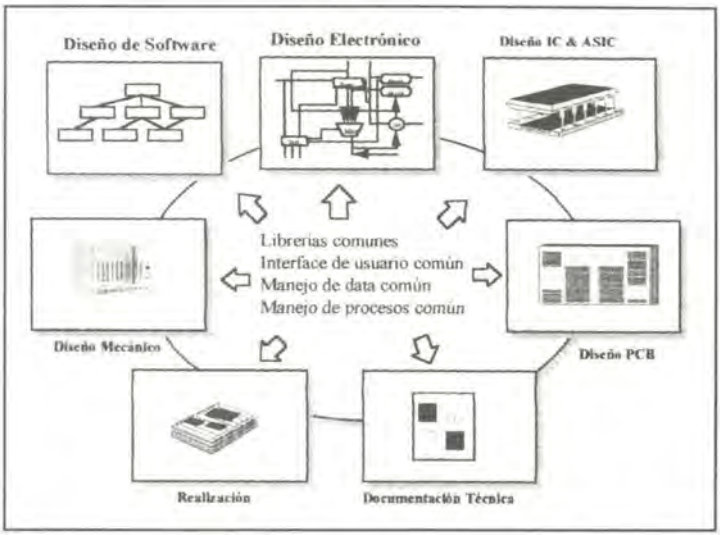



Figura (1)

Durante los procesos de integración de circuitos VLSI con circuitos ASIC, debido a las altas velocidades de clock y la alta densidad de la componentística en tarjetas multi-layer se requiere una extensa verificación de funcionamiento. En situaciones donde no se pueda esperar a que el prototipo esté listo para probarlo, se recurre a la simulación por computadora de la tarjeta a diseñar; consecuentemente el ahorro de tiempo es considerable, y el mejoramiento en la calidad de diseños significativo.

De acuerdo a lo expuesto podemos conceptualizar las herramientas EDA como sistemas expertos que automatizan el ciclo de diseño permitiendo una mayor concentración en las características funcionales y de respuesta del sistema.

Las características principales son las siguientes:

- Herramientas basadas en Hardware y Software de alto nivel para el diseño automatizado de sistemas.
- Permiten personalización de diseño de sistemas específicos requeridos acortando y optimizando el tiempo de desarrollo y validación de prototipos.
- Ponen al alcance de todos el conocimiento de expertos aprovechando el Estado

Actual del Arte.
- Permiten el desarrollo de sistemas, optimizando los costos y logrando una real independencia tecnológica

**Técnicas HDVL**

HDVL significa verificación de diseño de alto nivel (High Level Design Verification ).

Es el uso de la simulación para verificar tarjetas electrónicas. Asimismo verifica los ASIC y los IC a nivel componente unitario, así como porciones importantes del Software y de los programas de pruebas, en los niveles de diseño más elementales. Esta metodología prueba en conjunto al Hardware/Software y define la Ingeniería de pruebas. Este es el objetivo principal de todo sistema de producción electrónico antes de iniciar la fabricación.

Objetivos del HDVL

- Confirmar que la tarjeta y el circuito ASIC trabajen correctamente
- Verificar la operación del circuito ASIC en el sistema antes de que el ASIC o el sistema prototipo estén disponibles.
- Acelerar la integración Hardware/Software mediante el inicio del desarrollo Software durante el proceso de diseño del sistema.
- Generar pruebas eficientes, simplificando la verificación del pro totipo ASIC y del sistema.

- Estos objetivos llevan a la verificación de la interacción de sistemas, sobre todo entre lógicas estándar y lógicas de propósito especial, tarjetas y sistemas, Hardware y Software lo antes posible, durante la fase de diseño.

- Debido a que la descripción de diseños de alto nivel se ejecuta mucho más rápido en simulación que con el problema real, el diseñador puede cubrir los objetivos de calidad con mucho mayor éxito. Esto trae como consecuencia poder advertir problemas de diseño e integración con mayor probabilidad y poder resolverlos anticipadamente.

Históricamente, la presión sobre Ingenieros Software, al término del diseño de prototipos Hardware ha sido nociva para la terminación de proyectos. Con estos sistemas, al efectuarse las actividades Software y Hardware en paralelo se facilita la corrección de errores y mejoramiento de diseños, optimizándose el tiempo desarrollado de proyectos, es decir permite a los Ingenieros Software, poder adelantarse a los proyectos y no trabajar bajo presión. Igualmente, se puede aplicar esta ventaja para los Ingenieros de Pruebas; mediante la simulación se pueden planificar las pruebas de calidad que se efectuarán a los prototipos.

Nuestra Marina de Guerra, junto con las de Brasil y Colombia, han comenzado a desarrollarse en este campo. En especial, en nuestra Marina de Guerra por disposición de nuestro Comandante General, quien ha dado instrucciones precisas para la aplicación de esta tecnología. El centro de diseño EDA de la Marina de Guerra del Perú se encuentra bajo la dirección del Director de Armas Navales en el Servicio de Armas y Electrónica.

Durante los años venideros, los nuevos conceptos continuarán apareciendo. Esta habilidad de lograr nuevas funciones, previamente no factibles, llevará a mu-

chos adelantos significativos habiéndose ya incluido los de la realidad virtual, la simulación - basada en los filtros de Kalman que repercuten en mejorar técnicas aplicadas hasta en automóviles como es el caso del revolucionario sistema de frenos ABS, y así sucesivamente. Debido a que la disponibilidad de poder de computación ha aumentado, el tamaño de paquetes del software también ha crecido, con densidades de errores mayores. El desarrollo del mismo cuesta cada vez más y este costo seguirá creciendo aun más rápido, hasta que el Software se haya vuelto uno de los problemas más críticos de nuestro tiempo, y se convertirá en el talón de Aquiles de la revolución de la información entera. Para muchos sistemas cómputo – dependientes, la fiabilidad ha sido puesta en duda, aun si el Hardware es confiable, por los errores en el Software y por la aparición de la peor plaga que ataca a todos los sistemas de información: los virus informáticos.

Para abreviar, la capacidad de cómputo y su oferta de crecimiento exponencial ha creado oportunidades enormes y muchos desafíos para el futuro de la sociedad entera. Cualesquiera que fueren los desafíos, no hay ninguna duda que el cómputo, en una multitud de formas, será un factor dominante en todos los aspectos de las fuerzas navales futuras.

Aunque podemos prever varios problemas prácticos que deben resolverse, en este campo parece no haber ningún límite físico que evite este crecimiento. El gráfico (2) así lo demuestra.

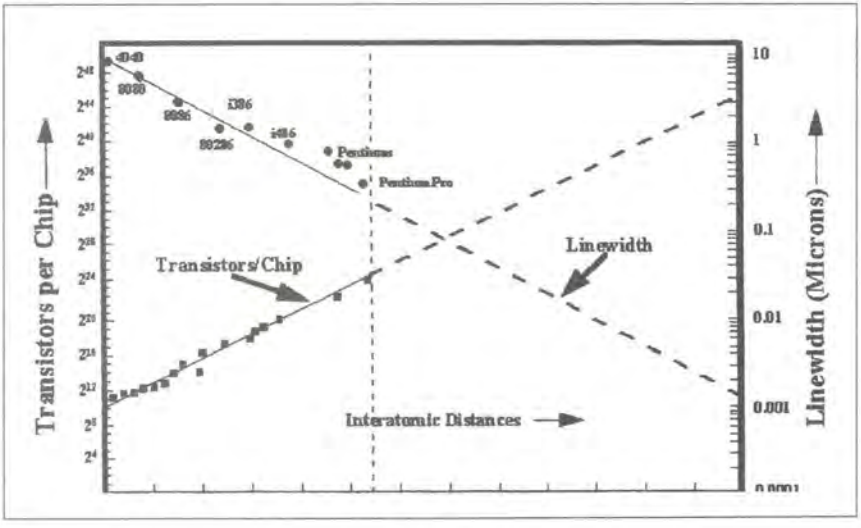



Gráfico (2)

Miniaturización respecto a cantidad de transistores por Chip
(Gráfico original de la Academia de Ciencias de Norteamérica).

Se puede proyectar el comportamiento del desarrollo de la computadora en dos familias distintas: la informática de alto rendimiento y la informática de acceso popular. La informática alto rendimiento representa el estado del arte en velocidad de computación, capacidad de almacenamiento, y proporciones de la transmisión. El Cray T90 es un ejemplo de este tipo de computadora. Se puede estudiar el progreso de tales computadoras durante los últimos 40 años y usar estos datos para extrapolar el futuro. La velocidad del proceso de computadoras de alto rendimiento ha aumentado del 60 por ciento y ha doblado la citada velocidad cada 18 meses, o ha crecido 100 veces por década. Muchos expertos en computadoras y científicos en ciencias de los materiales creen que el número de transistores por unidad programable de proceso continuará aumentando durante los próximos 40 años, a pesar del costo creciente de los medios de fabricación y los cambios probables en los materiales. El gráfico (3) puede ilustrar lo aquí explicado.

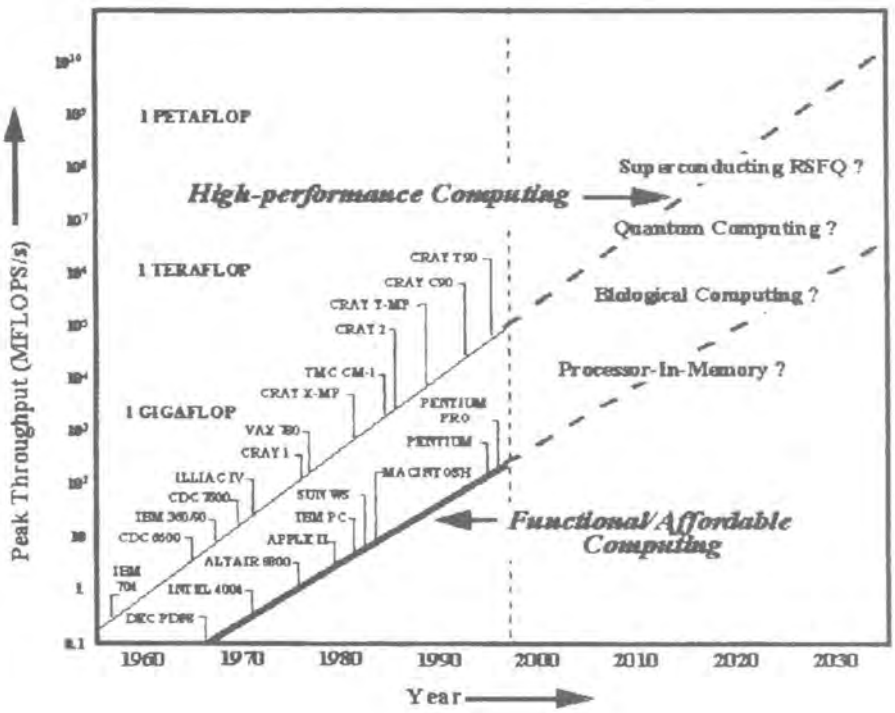



Gráfico (3)

Desarrollo de las capacidades de los procesadores en el tiempo
(Gráfico original de la Academia de Ciencias de Norteamérica)

El Gráfico (2) nos muestra el desarrollo de la informática de alto rendimiento

(Caso Cray T90) y la informática de acceso popular (Caso Pentium).

Quienes diseñan juegos por computadora, entre las muchas actividades, están buscando mayores aplicaciones, y, por lo tanto, están demandando mayor capacidad de computación. Otros negocios comerciales, igualmente están demandando el crecimiento de esta capacidad. ¿Hacia dónde vamos? Si las tendencias pasadas continúan, se espera que en el 2035, las velocidades de operación de las computadoras de alto rendimiento superen 1 pentaflop, 1015 operaciones de punto flotante por segundo, y el tamaño de memoria será 10 terabytes. Se estima que el cerebro humano tiene un poder del proceso de 1 pentaflop, por lo cual se deduce que las computadoras en el 2035 serán excelentes ayudantes personales que proporcionarán un grado alto de apoyo inteligente.

Es necesario, también, analizar el gran progreso en el tema de procesamiento digital y analógico de señales. Este tema es uno de los más importantes en el progreso de los sistemas de armas y sensores en general y su aplicación dependerá críticamente del progreso de las computadoras. Se han reconocido los beneficios de este campo en el reconocimiento automático de blancos, pero la evidencia empírica y la experiencia ganada durante los últimos 30 años han demostrado que esta aplicación es un problema muy difícil, razón por la cual, al final del estudio, ampliaremos este tema. La Teoría de Redes Neuronales ha demostrado ser una posible solución para mejorar la habilidad de reconocimiento de blancos, pero no superan la actuación humana. Muchos creen que el cerebro humano intenta todas las posibles soluciones simultáneamente a un problema y puede sacar una conclusión a través del más puro poder computacional, que difícilmente se logrará superar. Cuando las capacidades computacionales se acerquen a las del cerebro humano, la actuación de una gama amplia de tecnologías de reconocimiento de blancos mejorará substancialmente.

Uno de los desafíos más grandes en el uso de la computadora es poder simular problemas de Dinámica de Fluidos (conocido por las siglas CFD). Este tema es la clave para el progreso del perfil fluidodinámico de los aviones, misiles, submarinos, torpedos, etc. Es decir, se usa extensivamente en el plan de desarrollo aerodinámico del avión moderno, así como de proyectiles, y está entrando en mayores aplicaciones en naves y submarinos. Pero la teoría del flujo turbulento es, sin embargo, una limitación fundamental en la técnica, debido a que es muy difícil su simulación. Personalmente participo, sólo como espectador curioso en los experimentos que hace el Profesor Gonzales, de la Universidad Ricardo Palma, en éste campo. Hasta el momento, he visto fracasar muchos de los llamados "modelos numéricos", de origen canadiense, (Modelos de Simulación por Computadora) y los modelos físicos a escala, del citado científico peruano, generan mayor información y más precisa. Aún así el desarrollo de mejores modelos numéricos fluidodinámicos es necesario para mejorar la velocidad de los aviones, sobre todo para que el flujo sobre las superficies aéreas o submarinas no sea turbulento sino laminar,y así se mejorarán las velocidades y la capacidad de no detección y reconocimiento térmico o acústico de los vehículos aéreos o submarinos respectivamente.

## Información y Comunicaciones

La información y comunicaciones dominarán las actividades de la guerra naval futura sobre todo en el dominio del Comando y Control de las operaciones. Las tecnologías de información incluyen la capacidad del cómputo subyacente, la conectividad de las redes de comunicaciones, sobre todo entre los medios de cómputo. De esto dependerá la interacción humana para alcanzar decisiones basadas en el conocimiento de la información lograda mediante medios de recolección distribuidos. Las tecnologías involucradas en la elaboración distribuida de los medios de recolección, la presentación de la información, los sistemas interactivos desarrollados para facilitar la habilidad humana de interpretación de la información, los sistemas inteligentes para la planificación y las ayudas a la toma de decisiones y la guerra de información defensiva y ofensiva mediante las comunicaciones jugarán un papel fundamental en las guerras del futuro. Debido a estos hechos es prioritario, hacer un esfuerzo nacional propio en el diseño del software para estos propósitos.

La espina dorsal de la conectividad entre las fuerzas navales serán las tecnologías de comunicaciones. Con la explosión de las comunicaciones comerciales vía el satélite y fibra, en el corto plazo se están logrando avances vertiginosos en todas las Fuerzas Navales, las cuales tendrán acceso al mundo de la banda ancha transparente de las comunicaciones globales en demanda (capaz de manejo de datos videos). Esta capacidad, cuando se acople al uso de bancos de datos comunes y a los sistemas de apoyo inteligentes, proporcionará a las Fuerzas Navales, sea en el mar o en tierra y en cualquier parte en el mundo, el acceso a la información. Dependiendo del desarrollo y aplicaciones en este campo los usuarios tendrán la cantidad y calidad de información que se necesita para el logro de la misión. El concepto es análogo a la capacidad hecha posible por el rápido crecimiento de un servicio como el de Internet. Es decir, mucha de esta capacidad vendrá del sector comercial. El desafío del uso de estos medios es la capacidad de adaptar estos recursos a nuestras necesidades en los momentos de conflicto, asegurando los propios y degradando los del enemigo.

La Marina de los Estados Unidos considera que es necesario el desarrollo de estrategias y prácticas para defender el hardware y sistemas del software de los siguientes ataques :

- Agentes software de tipo virus.
- Contramedidas enemigas de decepción, en base a la penetración en la comunicación entre redes que vulneren el software de los sistemas.
- Contramedidas electrónicas en base a emisiones de radio-frecuencia.

En los últimos tiempos, la tecnología militar, por razones económicas, ha dependido mucho de las fuentes comerciales de software, hardware, y comunicaciones. Otra necesidad ha sido la interoperabilidad con Sistemas comerciales. Estos hechos han generado un mayor riesgo de susceptibilidad a los ataques antes mencionados. La aparición de transmisores económicos, digitales a pulsos tipo UWB (Banda Ultra Ancha), han generado una gran vulnerabilidad a los sistemas de Coman-

do y Control militares, por lo que la Marina de Los Estados Unidos está muy preocupada y ha solicitado el desarrollo de contramedidas que se opongan a estos medios que son totalmente comerciales.

Los Estados Unidos consideran en la actualidad que, al ostentar el liderazgo en el desarrollo en sistemas de información avanzados, la oportunidad existe para aprovecharse de esta primacía y desarrollar armas de información ofensivas para el futuro y que tendrían el mismo o mayor impacto que las balas o los misiles. Por la información que se tiene, se seguirá con el desarrollo de estas tecnologías y aplicaciones agresivamente dentro de los límites de los acuerdos internacionales.

**Sensores**

Las Marinas de Guerra son usuarias de una gran variedad de sistemas de sensores que incluyen aquellos pertenecientes a los campos electromagnético, acústico, mecánico, químico, biológico, nuclear, medioambiental, y temporal. Estos sensores, están fuertemente limitados por los fenómenos físicos a ser detectados, dependiendo del tamaño, forma, material, y la configuración acoplada a la sensibilidad requerida. Algunas de las tendencias tecnológicas que son comunes a todas las clases de sensores y sistemas de sensores son el uso de la electrónica en estado sólido, el uso de dispositivos sensores de niveles atómicos (quantum wires ), implementaciones digitales , sistemas distribuidos (Redes de sensores , data fusion, y redes de microsensores), complejos multidimensionales (técnicas multiespectro, hiperspectro, y data fusión), y sistemas sensores multifuncionales (aberturas sintéticas comunes para el radar, comunicaciones, guerra electrónica, y así sucesivamente).

Las tecnologías críticas comunes a todas las clases sensores son los semiconductores, superconductores, computadoras digitales, y el desarrollo de algoritmos. El desarrollo de estas tecnologías determinará las capacidades de los sensores disponibles para las fuerzas navales futuras. Es posible que se dé un cambio significativo en el uso de sensores, respecto a lo que conocemos hoy. Un sistema sensor convencional está compuesto por elementos sensores propiamente dichos y por dos o más elementos de proceso. Cada elemento es relativamente caro, y sujeto a las fallas de los componentes. En el futuro cercano, se resolverá esta situación con sistemas de sensores monolíticos inteligentes, debido al uso de nuevas tecnologías como los MEMS. Estos sensores encapsulados en CHIPS serán baratos, producibles masivamente, muy confiables y tendrán mucho más inteligencia y capacidad de la que tienen los sensores de hoy. Su uso traerá una revolución en la toma de decisiones para el Comando y Control. Se piensa que en el 2035, la aplicación de conjuntos distribuidos de estos sensores monolíticos inteligentes, permitirá la formación de metasensores, los cuales proporcionarán mucho más información sobre el ambiente operacional y las capacidades del adversario.

Las Marinas requieren esfuerzos de investigación sustanciales en este campo. Esto incluye sensores para detección en litorales, procesamiento de imágenes, sonares de apertura sintética (SAS) y comunicaciones en los océanos.

**Automatización**

En el futuro, los sistemas de automatización serán más económicos, se complementarán con el operador o lo remplazarán. Muchos de los trabajos rutinarios de a bordo serán remplazados, así como trabajos de riesgo como la lucha antincendio y hasta la reducción del personal sujeto al riesgo de las hostilidades del combate. Los automatismos permitirán la reducción del tamaño de la nave y la reducción de los costos de operación.

Las plataformas autónomas y teleoperadas son un requerimiento creciente de la Marina de los Estados Unidos. Estas proporcionarán nuevas capacidades operacionales en la guerra submarina, el reconocimiento y vigilancia, el dominio del espacio en la batalla aérea sobre la flota y las expediciones de fuerzas hacia tierra. Se piensa que vehículos no tripulados se operarán desde submarinos y desde la superficie. Estos proporcionarán la multiplicación de la fuerza combatiente, el aumento del conocimiento del campo de batalla aéreo y submarino, y la reducción de la exposición de seres humanos en la acción hostil. Las naves tripuladas verán el espacio de la batalla con sistemas optoelectrónicos e infrarojos montados en los vehículos no tripulados. Igualmente se piensa que las tecnologías de Sensores de Apertura Sintética (SAR), en conjunto con los automatismos del futuro y otros tipos de sensores, sean la solución contra los blancos difíciles, como misiles de vuelo a baja altura. Igualmente serán muy útiles en la recolección de información sobre el enemigo, barrer minas y cazar submarinos, y, potencialmente, poder actuar como armas finales, en caso de necesidad, en base a su propia inteligencia, antes de caer en manos enemigas.

La navegación autónoma y guiado, así como el reconocimiento automático de blancos, están entre las tecnologías fundamentales y críticas para el desarrollo de los vehículos de combate no tripulados del futuro. Sistemas Robots descartables podrán usarse para el reconocimiento y vigilancia, así como plataformas de lanzamientos de armas que penetrarán fácilmente las líneas enemigas.

## Conducta humana

Durante las próximas tres décadas, se esperan desarrollos revolucionarios en varias áreas de tecnología que mejorarán el rendimiento del trabajo humano. Estas tecnologías son las siguientes:

- Las comunicaciones, incluyendo el acceso global de las personas a las fuentes de información, aprendizaje a distancia y el acceso y traslado de información mediante multimedia interactiva.
- Procesamiento de la información, incluyendo la interfase hombre - máquina, velocidad de proceso de las computadoras y aumento de la memoria, software inteligente para planificar y simular y las técnicas de información embebida (Ejemplo, tarjetas inteligentes)
- Servicios de salud, incluyendo la telemedicina, sistemas de distribución de medicinas, técnicas quirúrgicas, y prevención de las enfermedades y tratamiento.
- La biotecnología y genética, incluyendo la terapia genética, identificación de ADN y su categorización, diagnóstico de la enfermedad, vacunas y desarro-

llo de medicinas.

- Los procesos cognoscitivos, incluyendo el conocimiento de las funciones del cerebro, sistemas para optimizar el aprendizaje, drogas para el aumento de la memoria y control de la fatiga.

Se piensa que estas áreas experimentarán saltos extraordinarios en conocimiento y aplicación en el futuro.

Estos adelantos tecnológicos tendrán serias consecuencias en el rendimiento de las operaciones humanas y tendrán un impacto profundo en muchos aspectos de vida en los servicios navales, incluso en la educación y entrenamiento, el rendimiento de los operadores, la salud y seguridad y la calidad de vida. La Armada Norteamericana ha puesto una prioridad alta en reducir el tamaño de las tripulaciones, sea en los buques o en los establecimientos de tierra. Adaptando estas mejoras de tecnología, las Armadas pueden lograr un nivel más alto de alistamiento del personal y potencialmente lograr su misión con menos personas, pero mejor preparadas.

**Materiales**

El desarrollo de la ciencia de los materiales en el futuro se basará en la búsqueda de propiedades físicas y mecánicas, en base a conceptos de teoría atómica. Se diseñarán materiales basados en este conocimiento atómico que también se extenderá para procesar y simular la fabricación de los mismos. Se cree que el diseño por computadora de estos materiales habilitará descubrimientos de nuevas aleaciones férreas, compuestos de titanio, polímeros de alta densidad, cerámicas de alta resistencia a la temperatura, semiconductores de alta velocidad de conmutación, los materiales ferroeléctricos inteligentes, materiales ferromagnéticos y materiales ferroelásticos.

La ciencia de los materiales llamados nanofásicos para las nuevas aplicaciones, la de los materiales inteligentes basados en las aleaciones, los materiales ferroeléctricos y ferromagnéticos, que puedan adaptarse para las aplicaciones mecánicas, hidráulicas y eléctricas, así como la de los semiconductores de alta velocidad de conmutación, serán las ciencias guía de las tecnologías del futuro.

**Potencia y Propulsión**

La guerra en el siglo 21 traerá consigo el uso de tecnologías muy avanzadas y los sistemas de combate probablemente tendrán rangos de peligrosidad y capacidades de descubrimiento que superarán ampliamente los conocidos en la guerra contemporánea. En la zona de la batalla,incluida las fuerzas expedicionarias, habrán requisitos de potencia eléctrica a niveles de decenas de vatios (para la vigilancia y comunicaciones) a los kilovatios (para el radar y una variedad de motores eléctricos), cientos de kilovatios (para la demanda de poder en las estaciones de tierra) y multi-megavatios (para el armamento avanzado y sistemas de contramedidas ). La movilidad de todos los sistemas será esencial para la supervivencia y el éxito.

Se puede evaluar la tecnología de Potencia eléctrica en dos áreas:

- La potencia eléctrica y su distribución en la nave electrica, la cual incluye: Motores nucleoeléctricos, motores a turbinas, motores a pistones, la magnetohidrodinámica, los generadores a combustible de hidrocarbón para potencia continua o pulsada y el acondicionamiento para la distribución de potencia a bordo de submarinos y buques.
- El almacenamiento de energía y su recuperación para ser transportada y entregada.

Las tecnologías disponibles hoy y en el año 2035 se deben evaluar respecto a seis aspectos generales con sus respectivas figuras de mérito. Estas son:

- El almacenamiento de energía
- El área de la recuperación de energía y su transporte
- Las baterías primarias, las baterías secundarias o recargables
- Celdas de combustible
- Las ruedas flotantes (colchón electromagnético).

El concepto de la nave eléctrica ha cobrado gran vigencia.

La reducción en el volumen y firma de temperatura y ruido, la flexibilidad ganada por el uso de diseño modular de motores eléctricos, incluyendo el uso de superconductores de alta temperatura, alientan el desarrollo de los motores eléctricos para el futuro.

Con la disponibilidad de sistemas de propulsión y potencia, totalmente eléctricos, y la existencia de armas manejadas y guiadas eléctricamente, se vislumbra la posibilidad de su lanzamiento eléctrico, lo cual alienta a la investigación en este campo.

La Armada Norteamericana ha desarrollado un plan estratégico para desarrollar y llevar a cabo la construcción de naves eléctricas en el futuro. El enfoque se basa en una arquitectura gradual y flexible que pueda aplicarse por clases de naves y pueda hacerse, sea la aplicación y la adquisición, en forma económica. El plan se basa en el desarrollo comercial de estas tecnologías.

**Tecnologías de los Ambientes**

Se distinguen dos clases de actividades relacionadas con los ambientes de operación, en el futuro:

- La primera clase es el ambiente físico tradicional en el que las fuerzas navales operan, los aspectos meteorológicos, el estudio de los océanos y aguas del litoral, fin localizar con precisión, minas y submarinos.

- La segunda clase está relacionada con la protección de los ambientes en los que las fuerzas navales operan. Se han puesto nuevas restricciones en los océanos, para proteger al mar y los puertos, de los agentes de polución. Las restricciones serán más severas en el futuro. Las marinas, en consecuencia, deberán adaptarse a estas restricciones. Se deberán diseñar métodos para minimizar todo tipo de desperdicio material, usando, en lo posible, tecnología comercial. Un problema de im-

portancia es la preocupación pública creciente sobre los posibles efectos dañinos de sonares activos y explosivos para la vida submarina. Los científicos de Estados Unidos piensan que estos hechos serán causa de limitaciones en las operaciones del futuro.

Asimismo, se piensa que en el término del largo plazo (10 a 20 años), se proporcionará capacidad de informática de alto rendimiento local a las naves, junto con bancos de datos masivos, para el reconocimiento meteorológico.

Las aguas de las playas son influenciadas por el sol, mareas, los vientos, ríos de agua fresca y sedimentos, corrientes costeras, etc. La forma real del fondo y la capacidad de configurar bancos de datos será un aspecto crítico de las investigaciones científicas.

Debido a que las operaciones navales en aguas de litorales son de importancia creciente, las Armadas requerirán modelos de gran potencia que puedan simular el estado físico de una zona litoral, con precisión bajo las varias condiciones de tiempo. El estudio de fenómenos acústicos en aguas del litoral ayudarán a identificar las minas y los submarinos enemigos. Debido a la temperatura y salinidad, el cambio de agua con la estación, las olas de superficie, la reflexión del fondo y la absorción del mar cambian según el lugar y las aguas, estos problemas requerirán desafiantes modelos de procesamiento de señales muy sofisticados.

**¿Qué es Procesamiento de señales?**

Debido a que se ha tocados varias veces el tema de Procesamiento de Señales, es conveniente definirla y hacer algunos comentarios.

**Procesamiento de Señales**

La generalización del uso de la computadora en la década pasada y la correspondiente habilidad para llevar a cabo cálculos muy veloces sobre información numérica en tiempo real ha producido una verdadera revolución en el campo del procesamiento de señales.

Esta ciencia, que consiste en la interpretación de señales de Comunicaciones, Radar, Sonar, Biomédicas, Sísmicas, etc., mediante la aplicación de datos muestreados en el tiempo y procesados por computadoras, ha hecho posible que un piloto de avión pueda saber con precisión su posición en un vuelo de noche con muy poca visibilidad, que la tripulación de un buque pesquero pueda saber si se encuentra en proximidad de un banco de peces y distinguirlo de un fondo rocoso o que el análisis de las señales emitidas durante un examen encefalográfico de un niño, pueda dar como resultado el determinar algún problema congénito de aprendizaje. Es decir, la amplitud de la aplicación de esta ciencia ha hecho que sea necesario organizar los conocimientos de la misma y ordenarlos en capítulos que puedan ser entendidos gradualmente por un alumno y que consientan ser ampliados ante su veloz progreso. Este ha sido mi trabajo durante los últimos 10 años en las universidades peruanas y 20 años en la Marina de Guerra del Perú, contando en la actualidad, con más de 300 profesionales en Ingeniería Electrónica que conocen este campo.

La aplicación práctica del procesamiento de señales se puede lograr haciendo

uso de microcomputadoras, donde los algoritmos son programados, haciendo uso de lenguajes comunes como el BASIC, el FORTRAN o el C. Asímismo, se han generado algunas aplicaciones en MADCAD para mejor ilustración de los conocimientos.

Estos algoritmos matemáticos son "Diseñados" de acuerdo al problema para luego ser aplicados en un sistema de Comunicaciones, Radar, Sonar, Audio, Video , Ingeniería Biomédica, hoy en día muy usados en Control Automático Digital . Cuando el algoritmo ha madurado lo suficiente, se lleva el programa al lenguaje assembler de un microprocesador como puede ser un Pentium de INTEL, un Zilog o un Motorola conocidos comunmente. A estos se han sumado los FPGA y los ASIC, que el SAE - SIMAE está en grado de diseñar. De esta forma, detectando las señales mediante hidrófonos, antenas o sensores en general, convirtiéndolas en señales digitales mediante conversores análogos-digitales (A/D) y procesándolas en los microprocesadores programados con los algoritmos previamente sintetizados, obtenemos la información presentada en pantallas, o graficadores de tal manera que sea fácil su interpretación por un operador o especialista según el caso.

Las técnicas y algoritmos que se emplean normalmente por ingenieros y científicos en el campo del procesamiento de señales no son complejos y su entendimiento no requiere sino de conocimientos básicos de Teoría de Probabilidad y Estadística y el Análisis de FOURIER que normalmente se enseñan en los primeros años de cualquier facultad.

El doctor Alan V. Oppenhein afirma lo siguiente cuando se refiere al Procesamiento de Señales:

"Con el desarrollarse de las distintas áreas de aplicación se han presentado semejanzas y diferencias en las formas en que las técnicas básicas han sido aplicadas y ha sucedido a menudo que una técnica que ha sido usada en cierto campo ha servido para mejorar otro".

Es así que el citado científico diferencia los tipos de procesamiento de señales según su aplicación en los siguientes campos:

Telecomunicaciones, Señales Audio, Palabra hablada, Imagen o señales video, Radar, Sonar, Geofísica, Medicina, Control Automático Digital, Robótica y el doctor Mischa Schwartz, de la Universidad de Columbia, amplía el campo con su investigación sobre señales biomédicas.

**El Procesamiento de Señales, junto con la Microelectrónica serán los pilares de la Inteligencia Artificial. La Marina de Guerra del Perú es el Instituto lider en ambas ciencias, a nivel nacional.**

**Procesos de la empresa**

Según expertos norteamericanos, toda Marina de Guerra puede ser comparada con una empresa de negocios. Los procesos de dicha empresa pueden considerarse múltiples y de gran escala. Los procesos de adquisiciones, la gran logística, el planeamiento para la obtención de los recursos, administración del personal y el entrenamiento del personal son los elementos costosos de esta gran empresa. Las tecnologías de información, pueden aplicarse a estos procesos de la empresa para

reducir el tiempo del ciclo logístico, mejorar eficacias y para reducir mano de obra y costos. Estas tecnologías impactarán severamente el futuro de la administración de los institutos.

Pero no todo lo que se puede aplicar en este campo en una Marina como la de los Estados Unidos es aplicable en nuestra Marina. El estudio logístico nos lleva a definir áreas y actividades de la administración logística la cual puede ser muy distinta a la de los países desarrollados. Como ejemplo para visualizar este hecho desarrollaremos el tema del mantenimiento del material y la prolongación del tiempo remanente de vida del mismo; específicamente, la modernización de los Sistemas Electrónicos de Unidades Navales. Este tema merece un especial tratamiento

**Modernización de Sistemas Electrónicos de Unidades Navales**

Las decisiones sobre modernización de sistemas electrónicos de las unidades navales dependen de los siguientes factores:

1. Edad del Sistema
   - Obsolescencia
   - Dificultad en encontrar y/o adquirir repuestos.

2. Inoperatividad del sistema
   - Diseño defectuoso
   - Imposibilidad de reparación.
   - Repuestos caros.

3. Necesidad de nuevos sistemas
   - Remisionamiento de unidades
   - Nuevas amenazas

Por lo general las razones 1 y 2 son las más comunes, y nos obligan a realizar estudios de reemplazos, cuyos costos son a veces tan elevados que es imposible ejecutar los proyectos.

El problema nace de la escasa **confiabilidad** de los sistemas por la obsolescencia y dificultad en su mantenimiento. Es por esta razón que debemos hacer un análisis de estos dos conceptos con la finalidad de plantear una solución que involucre acciones desde el diseño de reemplazos de subpartes de sistemas electrónicos

**Confiabilidad de un Sistema**

Es la probabilidad de que un sistema desempeñe las funciones para las cuales ha sido proyectado bajo condiciones de tiempo y operación antes definidas.

Si los requerimientos y las tolerancias funcionales de un sistema se caracterizan por su durabilidad y mantenibilidad se caracterizarán también por su confiabilidad y por lo tanto se habrá cumplido con los requisitos de Calidad.

El concepto de **confiabilidad** está vinculado con el de probabilidad de que ocurran las fallas, con el del rendimiento de un diseño, con el de la vida útil de un sistema , y con las condiciones de operación y/o entorno donde se desempeñarán los

sistemas.

Asimismo podemos afirmar que si se ha especificado mal un producto a tal grado que las condiciones de entorno hayan sido mal definidas el problema será de la calidad de especificación de diseño mas no de la confiabilidad del producto.

**Medición de la confiabilidad de un producto**

La medición básica de la confiabilidad de un producto es su tiempo medio entre fallas conocido bajo el término de MTBF (Mean Time Between Failures).**Es el valor medio del tiempo que transcurre en condición de perfecta operación de un sistema. El tiempo medio entre fallas es el número inverso de la Intensidad media de fallas en el tiempo.**

INTENSIDAD MEDIA DE FALLAS EN EL TIEMPO.- **Es el número de fallas ocurridas en un lapso determinado.**

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE FALLAS.- **Es la función que define la frecuencia con que ocurren las fallas en un sistema durante un tiempo determinado de observación.**

La intensidad media de fallas y la distribución de frecuencia de fallas se obtienen mediante el Análisis Estadístico .

Clasificando las fallas según el cuadro (4) a continuación:

**ANALISIS DEL ORIGEN DE LAS FALLAS**

FALLAS

Prematuras.-

Fallas causadas por defectos de producción y/u otras deficiencias ocasionando que el producto tenga un tiempo de vida corto.

Accidentales.-

Fallas que pueden ocurrir en varios intervalos durante la vida de un producto inesperadamente. Puede ser también causal.

Por desgaste o vejez.-

Fallas que ocurren al final del periodo de tiempo para el cual ha sido diseñado el producto.

Cuadro (4)

Es posible observar el régimen de fallas desde el nacimiento de un sistema hasta su obsolescencia. A la función que relaciona la intensidad de fallas con el tiempo de funcionamiento del sistema hasta su muerte se le llama "CURVA DE LA BAÑERA". Figura (5).

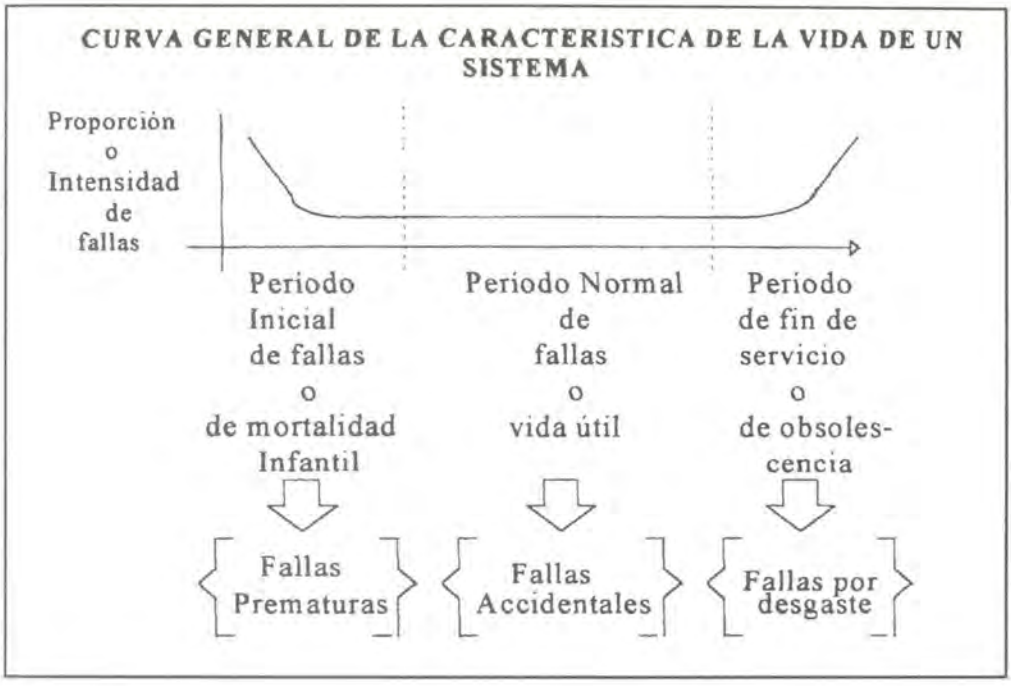



Gráfico (5)

Otro concepto importante es la **mantenibilidad** de un sistema, al cual se le conoce como la probabilidad de que un equipo averiado se ponga en condiciones operativas en un tiempo de paro especificado.

TIEMPO MEDIO PARA REPARAR (MTTR MEAN TIME TO REPAIR).-Es el tiempo promedio que ha tomado poner en servicio un sistema durante un tiempo de operación.

**TIEMPO MEDIO DE REPARACION**
**MTTR (MEAN TIME TO REPAIR)**

| Depende de: | | |
|---|---|---|
| $(MTTA)_1$ | 1). Tiempo de Gestión (Tiempo Administrativo) | - Organización<br>- Sistema de Información |
| $(MTTR)_1$ | 2). Tiempo de Diagnóstico (Tiempo Activo de Reparación 1) | - Capacidad de personal<br>- Infraestructura |
| $(MTTR)_2$ | 3). Tiempo de Desmontaje (Tiempo Activo de Reparación 2) | - Diseño |
| (MTTA 2) | 4). Tiempo de Adquisición de repuestos (Tiempo logístico) | - Organización<br>- Información<br>- Liquidez disponible |
| $(MTTA)_3$ | 5). Tiempo de Montaje y Pruebas (Tiempo Activo de Reparación 3) | - Diseño |

Cuadro (6)

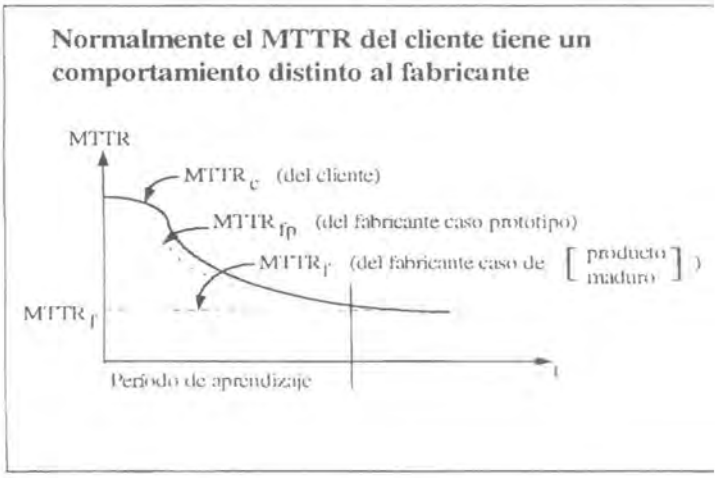



Gráfico (7)

Asimismo es importante notar que si el sistema es prototipo la curva tendrá un comportamiento distinto aun cuando sea el mismo fabricante el que lo repare.

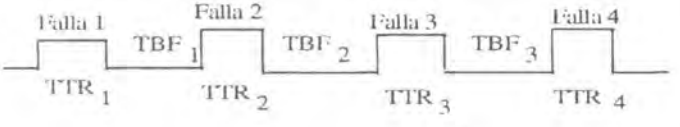
**Disponibilidad intrínseca**.- Es la probabilidad de que el SISTEMA funcione en cualquier instante bajo condiciones previstas en un tiempo que tiene en consideración, los tiempos de funcionamiento y el de reparación activa, mas no el de administración y/o logística.

O sea, la disponibilidad intrínseca depende totalmente de la calidad del producto y del conocimiento y capacidad del personal de mantenimiento. El método de cálculo se basa en la estima del MTBF y del MTTR como se ilustra a continuación.

Ilustración (8)

**Cuadro(3)**

**METODO DE CALCULO**




$$MTBF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} TBF_i$$

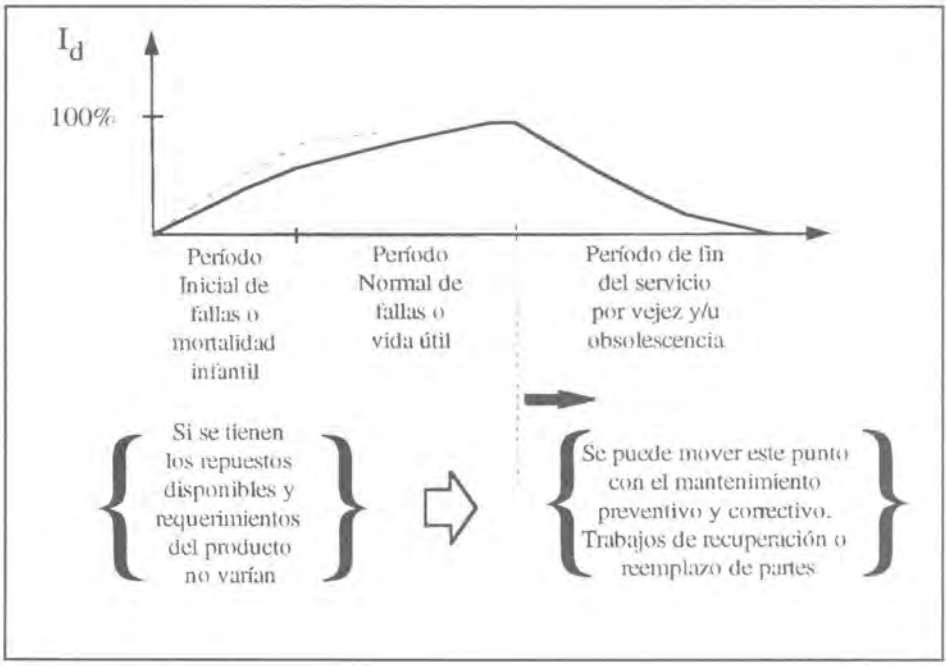
$$MTTR = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} TTR_i$$

**Luego :**

$$\left\{ \text{Indice de Disponibilidad} \right\} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Esta expresión puede ser usada para estructurar la función de la disponibilidad en el tiempo. En la curva expuesta en el gráfico siguiente se pueden distinguir los distintos comportamientos de la disponibilidad de los sistemas para el caso de un sistema prototipo y la de un sistema maduro(conocido). Igualmente podemos observar cómo la obsolescencia disminuye la disponibilidad de un sistema.

Ilustración (9)




Esta curva demuestra la necesidad estratégica de reemplazar módulos electrónicos por diseños que puedan ser fácilmente mantenidos por medios que estén a nuestro alcance. Estos diseños deberán satisfacer todas las necesidades de confiabilidad (MTBF) y de mantenibilidad (MTTR) necesarios para optimizar el índice de disponibilidad de los sistemas electrónicos de a bordo. Es por esta razón que debemos invertir capital en medios que nos permitan el diseño de nuestros propios sistemas, así como desarrollar tecnologías estratégicas, como lo son Micro Electrónica, Procesamiento de Señales y la ya conocida Inteligencia Artificial.

Luego de este análisis y ante el tremendo desafío que significa para nuestros países la proyección tecnológica del año 2035 luego de analizar su significado para una potencia como los Estados Unidos de Norteamérica, nos preguntamos:

## ¿Qué hacer?

Las medidas estratégicas pueden ser muchas pero existe una que es la más importante:

### Inversiones en Ciencia y Tecnología más Educación

Debemos fortalecer nuestras escuelas, institutos y universidades.

A ellos darles nuestros problemas técnicos, de tal manera que se conviertan en verdaderos agentes de aporte de Ciencia y Tecnología, guiados por una Dirección Estratégica cuya misión sea la de coordinar todas las actividades de Investigación y Desarrollo del instituto en estrecha colaboración con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCITEC)

Lo expuesto no sólo se refiere a la adquisición de conocimientos, sino al de la generación de conocimientos, como es el caso de la Ingeniería de Recuperación peruana. (Mantenimiento y Reparaciones). Estos últimos conocimientos pasan a ser de nuestra propiedad y podemos negociarlos por otros conocimientos; he aquí el valor que tiene la actividad de Investigación y Desarrollo.

Generar ciencia y tecnología dependerá no sólo de las inversiones en esta actividad; dependerá fundamentalmente de la EDUCACION.

Las actividades educativas, en consecuencia, no sólo deben limitarse a una simple exposición de conocimientos en una pizarra, sino a educar la actitud del alumno, en el sentido de no contentarse con saber o demostrar saber, sino orientar al alumno a aplicar lo aprendido y hacerlo con ingenio, aun bajo la total carencia de recursos, es decir, motivando la creatividad

# CURRÍCULUM VITAE



**Capitán de Navío Oscar Penny Cabrera**

Egresado de la Academia Naval de Livorno, Italia. Obtuvo la "Laurea de Doctor en Ingeniería Electrónica" de la Universidad de Pisa, Italia. Siguió el Curso de Ingeniería de Mantenimiento de la empresa Hollandse Signaal Apparaten (Holanda). Ha trabajado en investigación de modelos de procesamiento de señales de Sonar en la firma Krupp Atlas Electronik (ACTN Alemania).

Ha desempeñado los cargos de Jefe de Departamento de Investigación Operativa del Estado Mayor de la Comandancia General de la Marina, Comandante del Escuadrón de Electrónica de Aviación Naval, Gerente de Planeamiento Estratégico, Gerente Administrativo del SIMA PERU y Jefe del SIMA-Electrónica.

Se ha desempeñado como instructor de las Escuelas de Calificación de Oficiales por más de 10 años, Catedrático de la Escuela Superior de Guerra Naval de los diferentes cursos que allí se desarrollan, Catedrático y coordinador de Área en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma, Catedrático del Instituto Nacional de Telecomunicaciones (Programa de Maestría en Ingeniería de Telecomunicaciones), Catedrático de ESAN; Dictado de Cursos de Especialidad de la UNI (Procesamiento Digital de Señales), y es asesor en distintas facultades de Ingeniería de otras universidades peruanas. (Su actividad principal en las universidades es la investigación y desarrollo en tecnologías de interés para la Defensa Nacional). En la actualidad es alumno del curso de Guerra Naval en la escuela Superior de Guerra.