S-3: Sonar Activo de gran tamaño, profundidad variable y largo alcance*

Thomas Lee Siwecki[1] y
Edgard H. Neal[2]

Evaluaciones realizadas por la Marina norteamericana; así como aplicaciones efectuadas en la industria confirman la performance del arreglo de sonar plano de transmisión/recepción en 750 Hz.

La comisión de las Fuerzas Armadas del parlamento solicitó que la marina evalúe las aseveraciones respecto a que los grandes arreglos planos de sonares, potencialmente pueden detectar submarinos en aguas poco profundas y profundas; así como que proporcione recomendaciones en lo referente a dichos sistemas que formarán parte de los requerimientos para el presupuesto de defensa del año 1995.

El arreglo de sonar es el Sistema de Sonar Siwecki (S-3), que es un sonar patentado, táctico, activo, de profundidad variable, construido con fondos privados (*Sea Technology, Noviembre 1992*). El sistema S-3 consiste de un cuerpo remolcado (que aloja el arreglo), cable remolcado, sistema de manipuleo de cable a bordo, controladores, displays del blanco y un juego de módulos de software que proporcionan la capacidad de un sistema submarino de prevención y control táctico completo (UWACS).

El S-3 satisface el requerimiento que la Marina exige continuamente, de desarrollar las capacidades del sensor submarino para brindar protección a los buques de superficie ante la presencia de submarinos a fin de detectarlos y rastrearlos a grandes distancias. Existiendo submarinos que logran emisiones de bajo nivel de ruido y que poseen torpedos con un alcance de 30 a 60 millas y misiles crucero, es necesario que el sonar ASW (antisubmarino) sea activo y tenga rango de detección nominal de 100 millas. El sonar facilita la trasmisión del sonido a grandes distancias a la vez que reduce la reverberación y el ruido de mar y de los buques a fin de escuchar el sonido reflejado (eco) del submarino. Los grandes arreglos planos son los únicos medios conocidos para lograr esto.

La investigación realizada por la Marina ha determinado que las características necesarias que debe tener un sonar con

[1]*Presidente de la International Investments Organization Danville, California*
[2]*Presidente de la Neal Research Associates Inc. Germantown, Maryland*

esta capacidad son las siguientes:

–Baja frecuencia (aproximadamente 600 a 750 Hz).
–Nivel de fuente (SL).
–Bajas respuestas fuera del eje acústico.
–Haz de sonido de audio regulable.
–Dirección de haz regulable por retardo de señal.
–Profundidad variable de operación desde la superficie hasta 4,000 pies.
–Estructura de «Ping» (activo) programable.

Los grandes arreglos planos de trasmisión/recepción colocados en rectángulos S-3 poseen estas capacidades. La evaluación efectuada por la Marina al S-3, así como aclaraciones de la industria confirman que:

–La técnica de un haz concentrado (spotlight) y operación a gran profundidad satisfacen los requerimientos tácticos de rastreo y detección submarina a largo alcance.
– El sistema fácilmente puede ser acomodado a bordo de los buques de superficie existentes.
–Sus componentes son confiables.

Según las leyes de física acústica, el arreglo de sensor de 750 Hz necesita dimensiones y orientación del eje acústico mayor, de: transmisor 17x5 longitudes de onda (vertical) y receptor 37 x 4.5 longitudes de onda (horizontal). A 750 Hz, esto requiere una estructura de enrejado de acero de 240 pies de largo, 120 pies de alto y 8 pies de ancho. El arreglo remolcado se encuentra alojado en un plástico reforzado de vidrio (GRP), acústicamente transparente, a fin de mitigar el ruido del flujo de agua y la resistencia al arrastre.

El tamaño es un factor clave en un sistema de UWACS, y el reducir el tamaño del S-3 en un 10% insignificante, puede alterar negativamente su performance hasta en un 90%.

Manipuleo, remolque

La División Carderock, del Centro de Guerra de Superficie Naval (NSWC), contratada por el equipo que desarrolló el S-3, ha verificado que el cuerpo remolcado, diseñado para permanecer en el agua en todo momento, puede ser controlado por los buques de superficie combatientes y auxiliares existentes en la Marina. El S-3 está diseñado para ser «desplegado» a profundidades de operación seleccionadas (régimen de cambio de profundidad de hasta 6 pies por segundo) empleando su boyantés neutral, momento de proa (delantero) y superficies de control permanente extendidas -dos superficies de control vertical a proa y dos superficies a popa. El ruido generado por las superficies de control está limitado a un nivel de 72 dB; esto aumenta el nivel de ruido total del sonar en 1,7 dB.

Se pronostica que el cuerpo remolcado del S-3 permanecerá muy estable cuando sea remolcado entre 100 y 4,000 pies de profundidad a 10 nudos en un estado de mar 5 por un destructor DD-963. Los movimientos de la cola del DD-963 se calcularon empleando el programa de movimientos de buques de la División Carderock (Código 541) para un buque que va a una velocidad de 10 nudos y al rumbo de la corriente. El programa calculó la respuesta del plano vertical del S-3.

Performance del sonar

Los datos de evaluación de la Marina pronostican que la figura de mérito (FOM) de 110 dB del S-3, proporcionará un rango de detección nominal de más de 100 millas con submarinos de pequeños diámetros de casco de 20 pies en el aspecto de proa, con un 90% de probabilidad de detección y un 0.001% de falsa alarma con trasmisiones simples. Los gráficos de pérdida de propagación (TL) navales ilustran que el S-3 proporciona este rango de detección en 5 de 6 áreas clave usadas en la evaluación. En la sexta área (el mar de Noruega), la distancia está limitada a 30 millas.

El S-3 es el único diseño que puede proporcionar las aperturas acústicas para detectar y rastrear submarinos a grandes distancias; esto excluye lograr detección a largo alcance en los canales de sonido superficiales (NAPA), que ocurren en forma casual y en menos del 15% del Atlántico y 25% del Pacífico. Los diseños de pequeña apertura no pueden lograr detección consistente a largo alcance usando canales cónicos pues no se puede predecir el momento y el lugar en que ocurrirán.

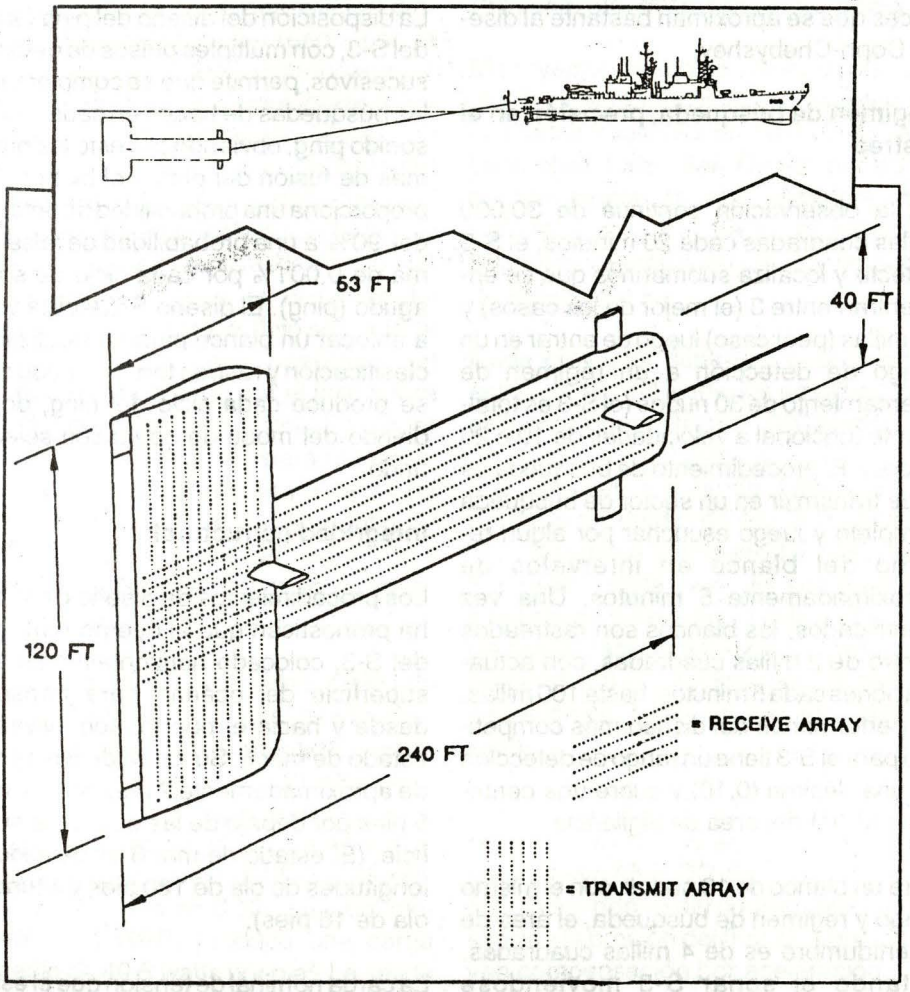
Para ser efectivo, un submarino potencialmente hostil necesitaría tener la misma capacidad de sonar activo que la del S-3. Sin ello, el sonido transmitido por el submarino hostil puede interactuar recíprocamente en forma adversa con los límites del océano (superficie y fondo) para producir altos niveles de reverberación. Esta reverberación llegará al receptor al mismo tiempo que las señales acústicas válidas y las enmascarará. La reverberación del fondo y de la superficie se puede mitigar regulando el tamaño y dirección del haz trasmisor y regulando la profundidad del sonar para controlar los ángulos de rozamiento (grazing) en los límites del océano; ésta es una capacidad del S-3.

El S-3 es un sistema de sonar genérico programable de dos arreglos planos de transmisión/recepción rectangulares de alta energía (249 dB endfire/252 dB lateral), baja frecuencia (600-750 Hz), dirigible y con haces de transmisión/recepción de proyectores de haz concentrado de tamaño regulable con baja respuesta fuera de eje (-60dB). Los haces de sonido de los proyectores regulables compensan las características de transmisión y recepción de los canales de sonido del océano, habilitando con eso la máxima performance posible del sonar.

Haces de sonido angostos y haces de sonido amplios

Por casi 40 años, el Naval Undersea Warfare Center (NUWC) (antiguamente el NUSC/New London) propició el desarrollo y uso de haces de sonido angostos con bajas respuestas fuera del eje con el fin de mitigar la propagación múltiple y la reverberación. Hay más de 15 reportes técnicos del NUWC publicados sobre este tema.

La experiencia de casi 30 años del NUWC y la de otros laboratorios y corporaciones ha demostrado claramente la efectividad de los haces de sonido concentrado de los sonares paramétricos. Para aplicar el UWACS, el S-3 supera las limitaciones del nivel de fuente (SL) del sonar paramétrico -mitiga los límites de performance, de distorsión, reverberación y propagación en trayectos múltiples del



El S-3 brinda protección a los buques de superficie ante la presencia de submarinos a fin de detectarlos y rastrearlos a grandes distancias.

ping del sonido.

Para el diseño del haz del proyector de sonido concentrado del S-3, se determinaron coeficientes de sombreado empleando un procedimiento numérico de programaciónn lineal desarrollado por Streit y Nutail que minimiza la respuesta fuera del eje dentro de una restricción de ancho de banda. Si los coeficientes de sombreado para un diseño no son lo suficientemente buenos, una simple ejecución del programa desarrollado NUWC/NL con entradas ligeramente diferentes proporciona un juego de coeficientes de sombreado eficientes para

haces que se aproximan bastante al diseño Doph-Chebyshev.

Régimen de búsqueda, precisión en el rastreo

En la observación continua de 30,000 millas cuadradas cada 20 minutos, el S-3 detecta y localiza submarinos que se encuentran entre 3 (el mejor de los casos) y 10 millas (peor caso) luego de entrar en un rango de detección a un régimen de acercamiento de 30 nudos (el S-3 es totalmente funcional a velocidades de 10 a 20 nudos). El procedimiento de búsqueda es el de transmitir en un sector de búsqueda completo y luego escuchar por algún retorno del blanco en intervalos de aproximadamente 5 minutos. Una vez identificados, los blancos son rastreados dentro de 2 millas cuadradas, con actualizaciones cada 5 minutos, hasta 100 millas. La performance del disñeo más competitivo para el S-3 tiene un rango de deteccion de una décima (0.10) y cubre una centésima (0.01) del área de vigilancia.

Para un blanco de 10 nudos, con el mismo rango y régimen de búsqueda, el área de incertidumbre es de 4 millas cuadradas. Estando el sonar S-3 moviéndose concurrentemente a 10 nudos, la incertidumbre aumenta a 7 millas cuadradas.

El S-3 emplea tres bandas de frecuencia de operación a escoger (600-650; 651-700; 701-750). El intervalo de tiempo para volver a usar una frecuencia, marcaciones de transmisión diferentes e hidrófonos direccionales, eliminan la ambigüedad de rastreo del blanco. La cobertura del efecto doppler del blanco es de ± 37 nudos (alejamiento/acercamiento).

La disposición del diseño del ping (activo) del S-3, con múltiples pulsos de detección sucesivos, permite que se complementen las búsquedas de haces en cada ciclo del sonido ping, obviando por esto los problemas de fusión del ping y el blanco. Esto proporciona una probabilidad de detección del 90% a una probabilidad de falsa alarma de 0.001% por cada ciclo de sonido agudo (ping). El diseño S-3 facilita volver a enfocar un blanco para su localización, clasificación y rastreo tan a menudo como se produce cada ciclo del ping, dependiendo del modo de operación seleccionado.

Integridad estructural

Los procedimientos de diseño de la Marina pronostican que el cuerpo remolcado del S-3, colocado horizontalmente en la superficie del océano para transporte desde y hacia el puerto, sobrevivirán al estado de mar 6. Su altura de 8 pies sería de aproximadamente 2 pies por encima y 6 pies por debajo de las olas de la superficie. (El estado de mar 6 es definido por longitudes de ola de 120 pies y alturas de ola de 16 pies).

La carga nominal de tensión que el estado de mar 6 impone en la estructura del S-3 (con un ángulo de acero A-36 tan pequeño como 2x2x0.25 pulg. generalmente es de 12,000 libras/pulg^2. Los puntos de tensión aislados (40,000 libras/pulg^2) son atenuados con material añadido. Las deflexiones del cuerpo remolcado son de 2 pulgadas.

Puesto que el plástico reforzado con vidrio (GRP) es un buen aislador térmico, los proyectores (debido a los niveles de gran energía) y el receptor (debido a la gran

apertura) podrían ser suceptibles al problema de la refracción creado por la temperatura, si no es cuidadosamente diseñado. Primero, los principales componentes que producen calor se encuentran en la sección de cola del cuerpo remolcado. En segundo lugar, el agua fluye continuamente a través de ella para disipar el calor tanto en la sección de cola del proyector como en el cuerpo del receptor. Sin embargo, el flujo se controla cuidadosamente para minimizar el «Pseudo-ruido» creado por el flujo sobre los hidrófonos de recepción. En tercer lugar, los sensores de temperatura están colocados en todo el interior y exterior del cuerpo remolcado para revisar continuamente la temperatura del agua. Los diferenciales de temperatura son corregidos en el formador de haz.

El plástico reforzado con vidrio (GRP) no sufre flexión repetitiva bajo el movimiento de las olas, pues está sumergido y separado de sus efectos. En lo concerniente a la carga de GRP debido a la exitación de la alta-baja potencia, el vatiaje de salida de los 340 transducers del S-3 (248,000 watts) distribuidos en 6,120 pies del alojamiento del GRP, produce una carga promedio de 40.5 watts por pie^2. La salida individual máxima del transducer de 3,000 watts, bajo pérdida del proyector, distribuida a lo largo de 18 pies^2 de la placa de alojamiento GRP suspendida, produce una carga máxima de 1.16 watts por pulg^2.

Con más de 2,000 conectores dentro de su cuerpo remolcado de libre inundación, el S-3 empleará conectores/cables de polietileno y poliuretano llenos de aceite –ambos están operando en ambientes submarinos con buena confiabilidad.

Proyectores, hidrófonos, potencia

El proyector de sonido seleccionado para el S-3 es el «Dolphin Ring» diseñado por la Marina (descrito en NUWC TP 114, Diciembre 1968, San Diego) por su conocida salida en alta potencia, baja frecuencia y su baja impedancia/interferencia mutua en una configuración de arreglo plano.

Cada proyector tiene una capacidad de salida de 10,500 watts; los amplificadores de fuerza operan hasta 6,000 watts y, con una eficiencia del 50%, se le ha provisto una salida en el agua de 3,000 watts. La potencia promedio de los 340 proyectores, dispuestos 10x34 en el arreglo, es de 730 watts cada uno. El programa de sombreado determina la salida de potencia exacta para cada proyector en el arreglo (dependiendo de la dirección de haz que se transmite) hasta un máximo de 3,000 watts.

El hidrófono DIFAR seleccionado para el S-3 es el mismo que el que se emplea en la sonoboya AN/SQQ-53D; los hidrófonos S-3, todos dentro del cuerpo remolcado y lejos de la presión del flujo de agua, incluyen compensación por aceleración.

La correspondencia de unidad-unidad de los 666 hidrófonos DIFAR, dispuestos 9x74 en el arreglo, son controlados mediante «distribución bin sorting». Esta técnica se emplea con éxito en otros programas de sonar en la Marina en los que se emplean hidrófonos DIFAR.

Los elementos DIFAR empleados en el arreglo receptor del S-3 proporcionan dos salidas análogas (X é Y) para cada haz, las que se combinan como parte del pro-

cesamiento formador de haz. Estas señales, al combinarse, proveen sin ambigüedad, una orientación de 360 º en el plano horizontal con plena cobertura end-fire. El eje z del elemento ha sido instalado verticalmente para colocar la señal nula del elemento DIFAR en una posición que atenúa el ruido directamente por encima o debajo del S-3.

El S-3 requiere 500 kilowatts de potencia exigidos por su arreglo-proyector y 450 kilowatts para el sistema de manipuleo del montacarga. Estos componentes operan a la vez, requiriendo sólo una fuente de 500 kilowatts.

El cable del remolque del S-3 proporciona un factor de tensión de ruptura de 3 (la Marina exige un factor de seguridad del cable entre 3 y 5 para remolcar cuerpos sumergidos). Con un diámetro de 3 pulgadas, el cable del remolque S-3 proporciona 560,000 libras de tensión ruptura. La máxima carga de remolque/operación del S-3 (cambiando y manteniendo la profundidad usando sus superficies de control) es de 180,000 lbs.

El sistema de izamiento y manipuleo del S-3 (127,000 lbs. con cabrestante de tracción y estiba para 2 cables, y diámetro de 100 y 90 pulgadas, respectivamente) se puede instalar dentro de la sala de cabrestante existente en un destroyer clase DD-963. Las dos unidades impulsoras hidráulicas completas (6x6x11 pies y 15,00 lbs. c/u) se pueden colocar a bordo en un lugar distante a determinarse. El montacargas es operado mediante un sistema de transmisión hidrostático de circuito cerrado (close loop), activado por dos motores eléctricos de 300 HP. El régimen de recuperación lineal es de 170 pies/minuto con una carga de cable de 86,000 libras como máximo.

** Traducido de **Sea Technology**, Noviembre 1992, por el Capitán de Fragata Hugo RAMIREZ Brain, Jefe de la Escuela de Submarinos, con la colaboración del Ing. Antonio Salva Pando, profesor de Acústica, y la Sra. Teresa Moreno Rodríguez, de la Escuela de Submarinos.*

SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA MARINA

SIMA PERU

OFICINA PRINCIPAL
Avda. Contralmirante Mora 1102
Base Naval, Callao-Perú
Teléfono: (0051-14) 653420/655541
Fax: (0051-14) 657966

GERENCIA DE COMERCIALIZACION
Avda. Contralmirante Mora 1102
Base Naval Callao-Perú
Teléfono: (0051-14) 657357/291081
Fax: (0051) 650664



SIMA CALLAO: Nuestro más grande astillero para construcción y reparaciones navales de alto bordo en la costa del Pacífico Sur.

SIMA CEFAR: Nuestro centro de fabricación y reparación de armas.

SIMA IQUITOS: En pleno Río Amazonas; un astillero para construcción y reparación de naves fluviales.

SIMA CHIMBOTE: Un astillero para construcción de naves de bajo bordo, así como también reparaciones de barcos de gran porte y un centro de fabricaciones para la industria metal mecánica.

SIMA ELECTRONICA: Centro especializado en la reparación, fabricación, montaje y planificación de sistemas electrónicos de navegación de uso estacionario, tanto civil como militar.

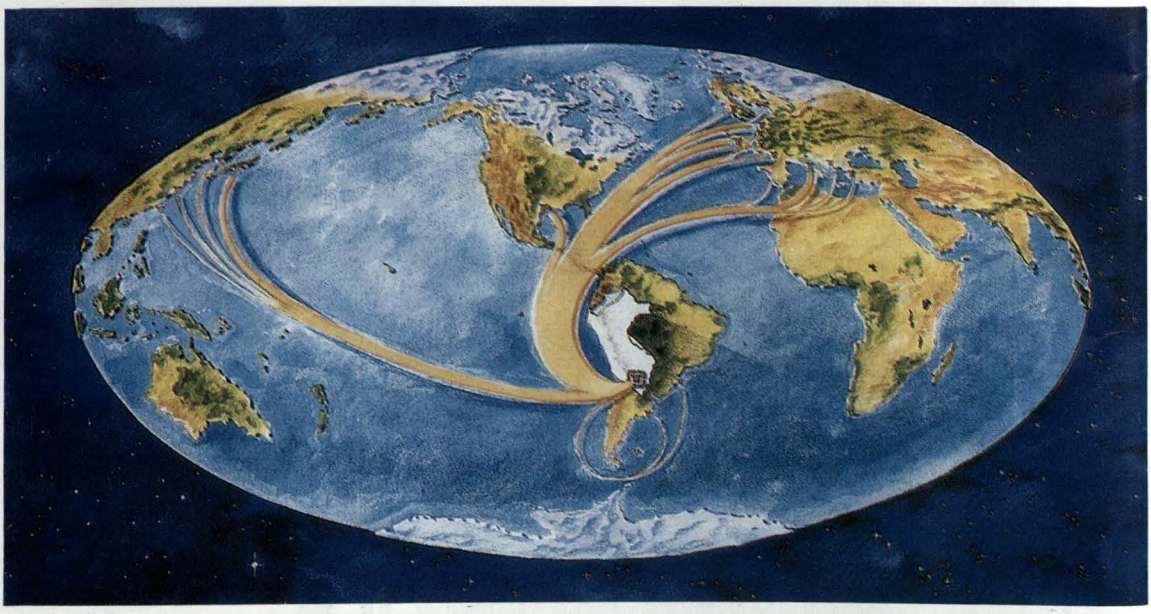
Esta importante actividad que desarrolla nuestra Empresa, por más de cuatro décadas, mantiene su vigencia poniendo a prueba toda la capacidad y experiencia de nuestros astilleros.

La Presencia del Perú en el mundo

Todos los que trabajamos y producimos en el Perú, tenemos una gran responsabilidad sobre la imagen que el país proyecta al mundo.

El Perú es uno de los principales exportadores mundiales de cobre.

Southern Peru está asociado a este esfuerzo que significa mantener una alta calidad del producto y un estricto cumplimiento de los compromisos asumidos en el mercado internacional.





Esta es una tarea que desde hace treinta años enfrentamos con orgullo, continuando la tradición de un país de vasta riqueza minera,

Porque con cada blister o cátodo de cobre que exportamos, se refuerza la presencia del Perú en el mundo.

SOUTHERN PERU
Cobre trabajando por el Perú