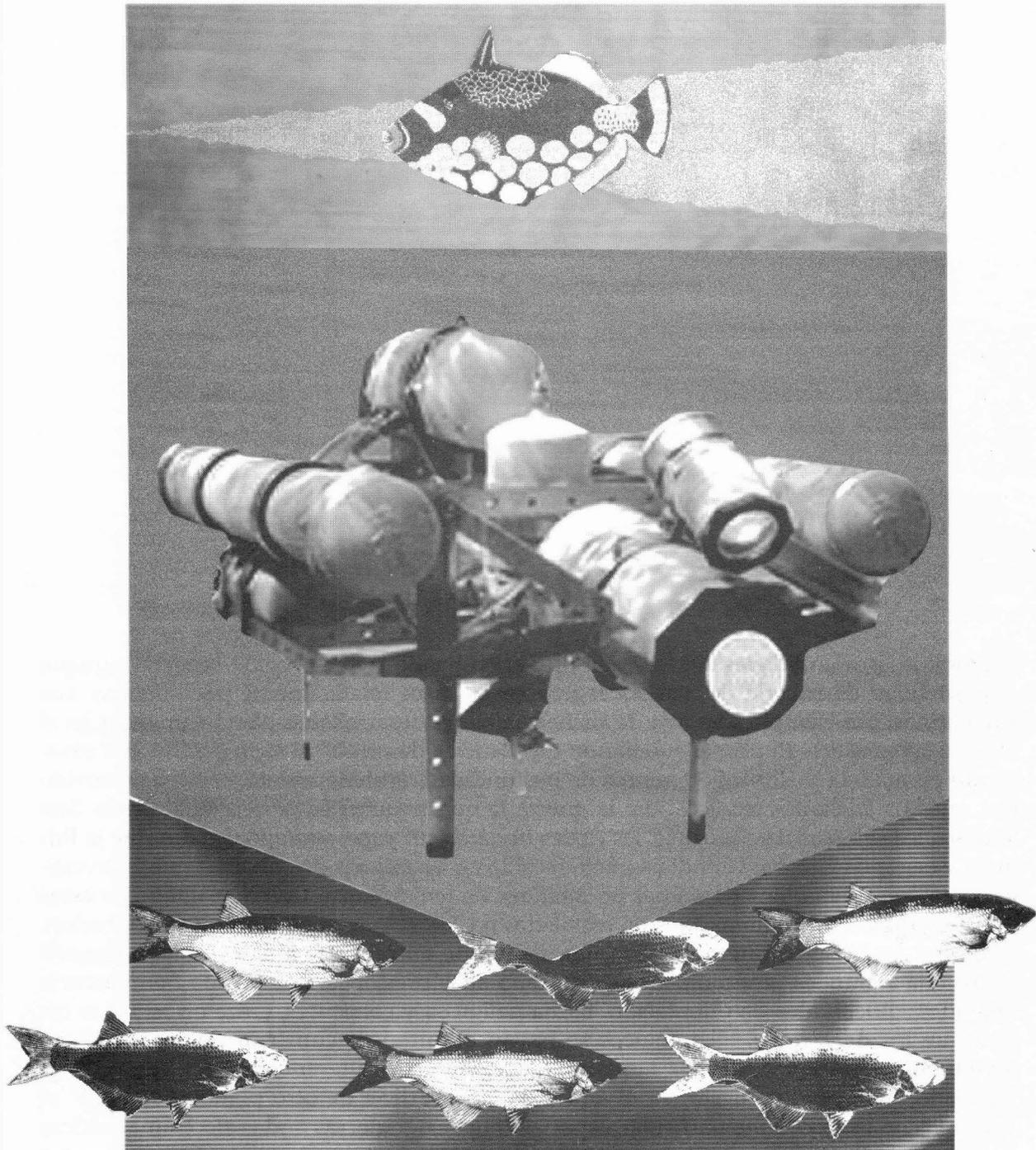


ROBÓTICA SUBACUÁTICA, ALTERNATIVAS PARA COLOMBIA



Grupo Visor
Ing. Julio César Correa

INTRODUCCIÓN

Explorar las profundidades del mar siempre ha cautivado la imaginación humana, aunque la posibilidad de hacerlo de manera segura surgió hace relativamente poco tiempo. Los submarinos, por ejemplo, son una de las herramientas desarrolladas para incursionar en el mundo subacuático. El primer submarino tripulado se desarrolló el siglo pasado, fue construido en madera y alcanzó 30 metros de profundidad. Posteriormente, como ha ocurrido con muchos adelantos técnicos, fue la guerra la que impulsó su perfeccionamiento. Son famosos los submarinos alemanes, los cuales tuvieron un papel protagónico durante la Primera y Segunda Guerras Mundiales. Sólo ha sido en las últimas dos décadas que la investigación sobre submarinos para fines no militares ha tenido lugar. Como resultado de estos trabajos, aparecen los submarinos no tripulados o UUV (Unmanned Underwater Vehicles). Debido a los riesgos inherentes con que tiene que enfrentarse el ser humano cuando incursiona a grandes profundidades, tales como altas presiones, tiempos de permanencia limitados, dificultades de orientación, fauna peligrosa y corrientes, entre otros, no es casual que los desarrollos tecnológicos se hayan orientado a construir aparatos que no involucren la presencia del ser humano. Sin embargo, a diferencia de un artefacto no tripulado que opere en tierra, en el aire o en la superficie de otro planeta, un UUV se enfrenta con un problema particular, especialmente exigente: las ondas electromagnéticas no penetran en el agua, razón por la cual los sistemas de control remoto convencionales son inútiles en el medio subacuático. Dada esta imposibilidad física, sólo quedan dos alternativas para maniobrar el aparato.

En una se hace uso de un cable o cordón umbilical que conecte la nave con la superficie para que, a través de él, sea posible enviar órdenes y recibir señales. Estos son los submarinos tipo ROV (Remoted Operated Vehicles). Las decisiones son tomadas por el operador en superficie, por lo tanto, el elemento que aquí prima es la destreza del operario.

La segunda alternativa es buscar que la nave sea autónoma, es decir, que se le pueda programar una misión y al finalizar la inmersión retorne a un sitio específico, señalado previamente. Este tipo de submarinos se conocen como AUV (Autonomous Underwater Vehicles). La comunicación entre el centro de control y el aparato queda suspendida durante toda la operación, excepto cuando intervengan señales acústicas. El principal elemento que interviene en su diseño es la inteligencia, porque la nave debe ser capaz de tomar decisiones en un ambiente desconocido.

Las posibilidades de aplicación de los UUV, en especial de los ROV, varían según los sistemas con los cuales estén dotados. Existe una gran cantidad de estructuras sumergidas, por ejemplo, que se deben inspeccionar periódicamente, como las torres de captación, presas, muelles, túneles de conducción, cables submarinos, tramos sumergidos de oleoductos y cascos de buques. En el campo de la geología submarina, se pueden efectuar levantamientos de perfiles del fondo, medir pendientes, hacer el seguimiento de terrenos y facilitar el estudio de la dinámica de lechos estuarinos o de ríos. Otras aplicaciones valiosas son las relativas a los estudios ambientales, como la toma de muestras de aguas, estudios de parámetros fisicoquímicos y tareas de limpieza. También es posible efectuar inves-

tigaciones pesqueras, hidrográficas, oceanográficas y hasta de arqueología marina.

Por otra parte, hay que decir que si bien los AUV y los ROV han experimentado desarrollos importantes en los últimos tiempos, los costos involucrados son muy altos. Al hacer un estudio de la relación Prestaciones-Costos, el valor se eleva en forma exponencial, es decir, se llega a un punto a partir del cual el esfuerzo invertido para lograr una pequeña mejora resulta demasiado elevado.

Aunque los precios son muy variados, un ROV refinado, capaz de descender varios miles de metros de profundidad, como el que llegó al interior del Titanic, se cotiza en millones de dólares. Por tal motivo, no es de extrañar que los UUV se hayan alejado del alcance de los usuarios, incluso en los países desarrollados. En consecuencia, la tendencia global es orientar los desarrollos hacia un punto en el cual se obtengan los mejores servicios posibles por un costo razonable; sólo así un usuario convencional podrá tener acceso a estas tecnologías.

La situación en Colombia

Esta es una idea sobre el panorama mundial; las preguntas obligadas que se siguen tienen que ver con su pertinencia en Colombia: ¿Realmente habría alguna institución interesada en hacer uso de un ROV, desde el punto de vista técnico y científico en nuestro país? ¿Qué aporte haría el desarrollo de un dispositivo de esta naturaleza? ¿Sí se puede ser competitivo con lo que se hace en el exterior? Son preguntas que sin duda deben responderse con claridad, antes de comprometer los esfuerzos y los recursos que un proyecto de esta naturaleza demanda.

La reflexión y el estudio sobre estos tópicos han llevado a concluir que, en efecto, es pertinente trabajar en esta área en el país. En primer lugar, sin duda, está el hecho de que contamos con dos océanos, multitud de ríos y gran cantidad de lagos y lagunas, que hoy prácticamente están aún por estudiar. De otro lado, la respuesta dada por los potenciales usuarios de sistemas de este tipo ha sido muy positiva, incluso existen ofertas en este sentido para efectuar trabajos específicos. Además, un elemento muy sugerente aportado por este estudio, es que la razón por la cual herramientas como las descritas no hubiesen sido utilizadas anteriormente en nuestro país no se debe a que no fueran necesarias, sino simplemente al hecho de que no eran conocidas o a considerar remota la posibilidad de poder tener acceso a ellas.

En lo académico, el aporte sería enorme. Aunque diseñar y construir un ROV es un problema que se enuncia fácilmente, en la práctica es extremadamente complejo. Trabajar debajo del agua impone una serie de restricciones difíciles de cumplir, y son tantos los asuntos por considerar, que para que un proyecto de esta naturaleza pueda ser exitoso tiene que ser interdisciplinar. Es imposible abordarlo desde un sólo campo del conocimiento. Otro punto importante a favor de la pertinencia de emprender un trabajo en esta área, tiene que ver con que en nuestro país se puede ser perfectamente competitivo, dentro del mismo rango, con lo hecho en otras partes del mundo, por dos razones: en primer lugar, porque no se trata de desgastar las energías en componentes que se pueden adquirir, sino en idear las formas de agrupar tales componentes para lograr un producto con alto valor agregado, fruto del ingenio que se le haya co-

locado. En segundo lugar, porque ningún submarino en el mundo es fabricado en serie. Al comparar los costos de personal calificado de un país industrializado con el nuestro, aparece una ventaja importante que se debe aprovechar.

Naturalmente, para elevar valor agregado no sólo se necesita de ingenio y menores costos, también se requiere la comprensión profunda de los fenómenos que intervienen. Este es un aprendizaje que, según las experiencias acumuladas, está a nuestro alcance.

El grupo Visor

El llegar a los puntos que se exponen aquí de una manera resumida, en modo alguno ha sido inmediato. Por el contrario, es el resultado de un proceso de más de tres años de trabajo que ha contemplado diferentes etapas. En 1994, se comenzó con la construcción del prototipo de un ROV al cual se le dio el nombre de VISOR, acrónimo de Vehículo de Investigación Subacuática Operado Remotamente, que finalmente terminó identificando al grupo de trabajo. Desde sus comienzos, el grupo estuvo constituido por estudiantes y profesores de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica y Comunicación Social de la Universidad Pontificia Bolivariana. Desarrollar un prototipo era una necesidad, debido a la agresividad del ambiente subacuático. Como era de esperarse, surgieron muchas dificultades de orden técnico: sistemas de estanqueidad, comunicaciones, control, propulsión, transporte, etc., que a medida que se fueron solucionando aportaron la experiencia que se quería obtener. Otro aspecto que rápidamente se hizo necesario, fue el de ubicar los lugares para efectuar los ensayos respectivos, máxime cuando Mede-

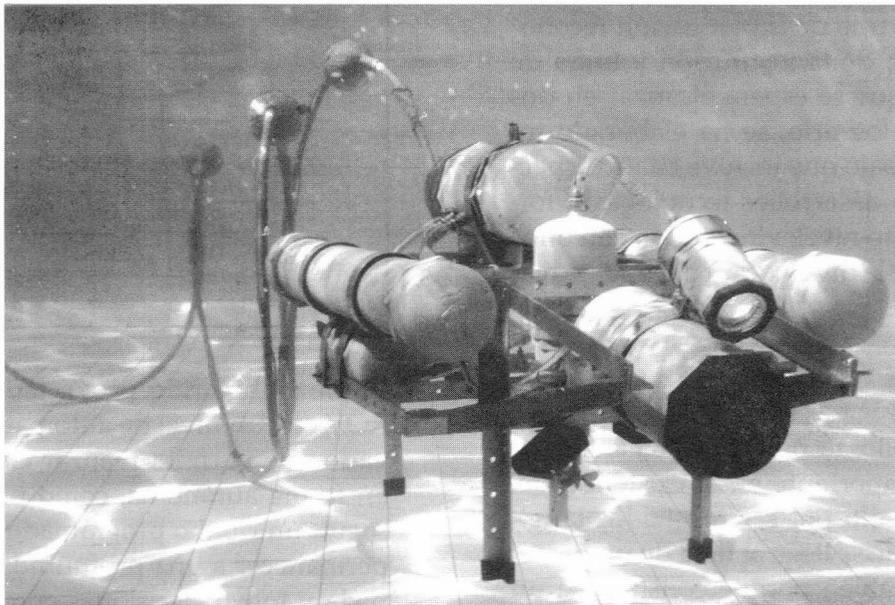
llín es una ciudad muy retirada del mar. Se optó entonces por ensayar los distintos elementos en el laboratorio, sometién-dolos a las presiones de trabajo a las que deberían operar. Naturalmente que para probar el conjunto, ya la simulación de-jaba de ser apropiada, por lo que se recu-rrió a cuerpos de agua, inicialmente pis-cinas y luego embalses. Un paso impor-tante fue el llevar el vehículo a aguas del Pacífico Colombiano, en el desarrollo de un crucero organizado por la Armada Na-cional y el Dr. Jorge Reynolds Pombo, es-pecialista en electrofisiología cardíaca, y quien contribuyó con valiosos aportes al desarrollo del proyecto.

La información que sobre el tema se puede conseguir en Colombia es suma-mente escasa, por lo que desde un prin-cipio la labor de búsqueda debió efec-tuarse en el exterior. Dentro de este pro-ceso, fue muy importante visitar la Uni-versidad Politécnica de Cataluña, la úni-ca universidad que en España trabaja con el tema de la robótica subacuática. Allí se tuvo la oportunidad de conocer de

cerca los desarrollos que a nivel interna-cional existen en el área.

Como resultado del proceso descrito, se llegó finalmente a una serie de resultados y claridades en diferentes niveles, que vale la pena mencionar.

En las cuestiones estrictamente técnicas, se construyó un minisubmarino de obser-vación, tipo ROV, capaz de descender hasta 40 metros de profundidad de ma-nera confiable. A bordo, el VISOR está equipado con una cámara de video de alta resolución y cuenta con sistemas de ilu-minación para situaciones de extrema os-curidad. La propulsión está a cargo de 4 motores, 2 de ellos le permiten desplazar-se horizontalmente y controlar la veloci-dad y la dirección de avance, los otros dos le permiten ascender y descender. Tiene además un compartimiento central en el cual se aloja parte de la electrónica y de los sistemas de distribución de potencia. Un cable lo comunica con la superficie donde se encuentran los controles, las ba-terías que suministran la energía para el aparato y el monitor que recibe las imá-



genes que envía la cámara de video. En lo relativo a los aspectos académicos, se abrió un nuevo espacio para el trabajo interdisciplinar, integrando un número importante de estudiantes al proyecto. Por otro lado, las cátedras de los docentes que participaron se vieron enriquecidas a partir de esta experiencia.

Finalmente, se demostró que era posible abrir un área de investigación completamente nueva en el medio, la robótica subacuática, con grandes posibilidades en la región. Es precisamente esta certeza la que lleva a preguntarse cómo se debe seguir de aquí en adelante, punto en el que se ha reflexionado durante los últimos meses. A continuación se exponen algunas de las propuestas.

Futuro del proyecto

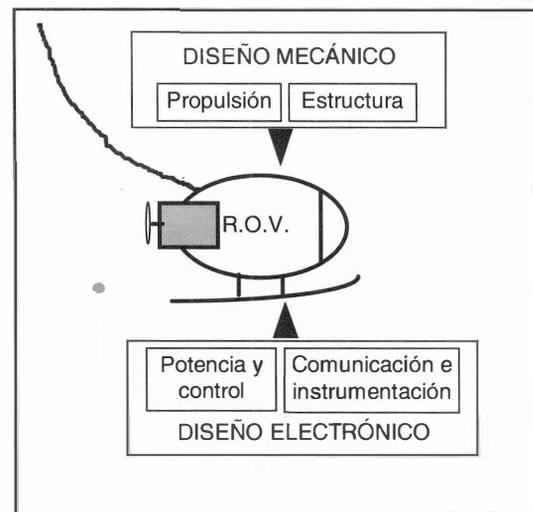
Una vez lograda una visión panorámica completa de las variables involucradas y de las posibilidades de desarrollo que se ofrecen, fruto de la experiencia adquirida en varios niveles, el siguiente paso es formalizar el grupo, es decir, constituirlo como un grupo de investigación reconocido dentro de la institución y fuera de ella, meta que se espera alcanzar en dos años. Para lograrlo, se ha elaborado un plan de trabajo que incluye cuatro aspectos básicos: desarrollos tecnológicos, formación a alto nivel, vinculación con otras entidades y la divulgación del trabajo realizado.

Desarrollos tecnológicos

Los desarrollos tecnológicos juegan un papel muy importante en la existencia del grupo, no sólo por ser resultados tangibles a los que se llega al final de un proceso, sino también porque constituyen un

elemento integrador. La experiencia muestra que habría resultado imposible mantener congregado a un grupo de profesionales con formación técnica alrededor de un problema abstracto. Tener un problema real para resolver es lo que permite que las energías se canalicen efectiva y creativamente; naturalmente que esto no significa que haya que inventar los objetos de estudio. En un país con recursos limitados, es necesario que todos los esfuerzos que se hagan estén orientados, y en este caso la orientación la da el estudio de las necesidades existentes en el medio y la búsqueda de soluciones apropiadas para tales necesidades.

Metodológicamente es conveniente dividir el problema en subsistemas, con el fin de poder identificar la función de cada componente y su ubicación dentro del conjunto.



El minisubmarino proyectado será tipo ROV, con un nivel de automatización elevado que permita realizar ciertas tareas en forma autónoma, como por ejemplo, seguir un rumbo programado, alcanzar y permanecer a una profundidad determinada y tomar decisiones en caso de que

se presenten situaciones de emergencia. Además, ya no sólo será de observación sino también de manipulación, para ampliar así sus posibilidades de aplicación. Este proceso ya se inició con la construcción de un brazo mecánico, que actualmente se encuentra en proceso de evaluación, capaz de manipular sólidos de hasta 250 gramos de peso en el aire. Además se tiene proyectado diseñar y construir un dispositivo capaz de tomar muestras de sedimentos del fondo de un cuerpo de agua.

Para el diseño del casco, se considerarán aspectos de resistencia de materiales para poder operar seguramente, aspectos funcionales de distribución de espacio y de alojamiento de componentes, y el comportamiento hidrodinámico del sistema, para lo que se recurrirá al modelaje por computador. La profundidad de operación será de 100 metros, con el fin de poder acceder a la mayor parte de las estructuras sumergidas existentes en Colombia y a sectores de especial interés para el estudio de los ecosistemas subacuáticos. Para todos los sistemas proyectados, el prototipo existente será un elemento clave en los trabajos futuros; constituye una plataforma sobre la cual se puede experimentar y poner a prueba los nuevos desarrollos.

Formación de alto nivel

A medida que los sistemas se van haciendo más complejos, resulta evidente que los desarrollos técnicos se agotan si no van acompañados de una profunda conceptualización que les permita avanzar y proponer soluciones novedosas. Es esta realidad la que lleva a contemplar la formación a alto nivel, como otro de los elementos fundamentales en el nuevo

proceso que se ha comenzado. Actualmente dos de los integrantes del grupo se encuentran desarrollando estudios a nivel de maestría en el exterior.

Vinculación con otras entidades

En un proyecto de esta naturaleza, es fundamental no estar aislado de lo que ocurre en el mundo. Es necesario intercambiar información con los centros que en otros países investigan en la misma área y aprovechar las oportunidades que de estas relaciones se desprenden. Naturalmente que para que un grupo pueda asegurar su permanencia en el tiempo y acometer proyectos de envergadura, debe contar con los recursos necesarios. Además es deseable que las fuentes de las cuales provienen los recursos sean diversas. Para este propósito se han comenzado a establecer alianzas estratégicas con socios que se han mostrado interesados. Esta actividad tiene un profundo significado, debido a que la vinculación de otras instituciones es una muestra inequívoca de la validez del proyecto.

Divulgación

La divulgación de los resultados alcanzados deberá dirigirse tanto al público especializado como al público en general. Existen experiencias suficientemente documentadas que prueban cómo los desarrollos de la ciencia no son ajenos al interés del común de las personas. Además, posibilita que otras instituciones conozcan y se interesen por el proyecto. Si bien lo que hasta ahora se ha expuesto se ha tratado de presentar con cierto orden lógico para facilitar su comprensión, esto se debe más a cuestiones metodológicas que a que en la práctica el

proceso haya sido efectivamente tan predecible y tan escalonado. En realidad los elementos mencionados, y otros que no se trataron en forma explícita, siempre aparecen simultáneamente, y es labor de la reflexión el ordenarlos y otorgarles su verdadera dimensión.

En un mediano plazo, se espera que el grupo de investigación se constituya como un núcleo que facilite un proceso en dos direcciones: por un lado, mantiene permanente contacto con el pregrado y el posgrado al cual le aporta elementos novedosos, y, por otro lado, se proyecta hacia el sector productivo que le propone nuevos asuntos para resolver.

En la medida en que todas las partes involucradas en este proceso estén en contacto, se establece una relación sinérgica que ofrece nuevas posibilidades, muchas de ellas insospechadas.

Después de tres años de trabajo construyendo un prototipo y reflexionando acerca del porvenir del grupo, es seguro que aún quedan muchas cosas por aclarar. Lo importante no es pedirle al proceso realizado que sea capaz de responder a todas las preguntas que pudieran surgir; lo esencial de esta experiencia realmente está en que permitió abrir un nuevo campo del conocimiento del que hasta ahora no se tenían noticias.