

# Robots Submarinos

Tema excitante por lo siguiente:

- Tiene diversas aplicaciones en el mundo real
  - Permite o facilita la exploración, la búsqueda y rescate y estudios científicos en muy zonas profundas del mar.
- La alta dinámica y la naturaleza del ruido del medio submarino dificulta los problemas que se presentan.
- Existen problemas adicionales:
  - Carencia de puntos de referencia y las limitaciones en las comunicaciones por efecto del agua.

- ROV: Vehículos operados remotamente.
- AUV: Vehículos submarinos autónomos.
- ROVs están limitados a pocas aplicaciones debido a sus altos costos de operación, la fatiga del operador y cuestiones de seguridad.
- Al año 2000 habían más de 45 modelos de AUVs.
- La mayoría de los AUVs no tienen manipuladores.
- Son pocos los empleados a grandes profundidades ó bajo hielo.
- Es necesaria alta tecnología para comunicación robusta debajo del agua, excelentes sensores para navegación y fuentes de poder de alta densidad para su total autonomía.

## Aplicaciones potenciales:

- *Ciencia*: Generación de mapas del suelo marino; rápida respuesta a eventos oceanográficos y geotérmicos; muestreo geológico.
- *Medio ambiente*: Monitoreo a largo plazo; inspección de estructuras submarinas; recuperación medioambiental.
- *Militar*: Búsqueda y eliminación de minas submarinas; sensores submarinos fuera de borda.
- *Minería oceánica e industria del petróleo*: Estudio del oceano y evaluación de recursos; construcción y mantenimiento de estructuras submarinas.
- *Otras*: Inspección en barcos del casco y los tanques internos; inspección de plantas nucleares; instalación e inspección de cables de comunicación y energía; paseos turísticos bajo el mar; cuidado de pescaderías submarinas.

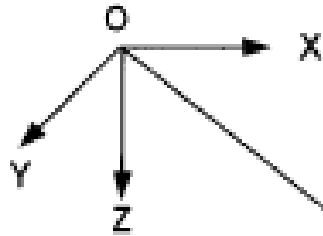
## **Componentes y aspectos principales:**

- Dinámica de los robots submarinos.
- Sistemas de control.
- Sensores y navegación.
- Comunicaciones.
- Sistemas de alimentación.
- Presión en el casco y estructuras adicionales.
- Manipuladores mecánicos.

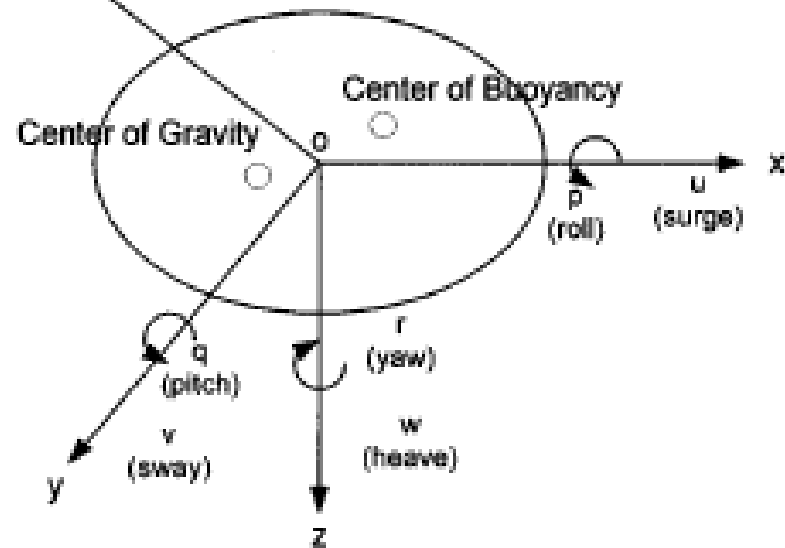
## ***Dinámica:***

- La dinámica y la incertidumbre en parámetros hidrodinámicos son altamente no-lineales, acoplados y variantes en el tiempo. Existen varios modelos.
- Si tiene uno o más manipuladores se considera un sistema de multicuerpo y su modelado es más complejo.
- Se debe considerar la hidrodinámica en cada eslabón y articulación.
- Se emplean ecuaciones de movimiento no lineales de seis grados de libertad definidas con respecto a dos ejes de coordenadas.

### Earth-Fixed Coordinates



### Vehicle-Fixed Coordinates



## ***Sistemas de control:***

Dificultades debidas a :

- El comportamiento dinámico altamente no lineal y variante en el tiempo.
- La incertidumbre en los coeficientes hidrodinámicos.
- La estructura redundante y de alto orden si tiene un manipulador.
- Los disturbios ocasionados por las corrientes marinas.
- Los cambios en el centro de gravedad.
- El flotamiento por el movimiento del manipulador que altera el cuerpo principal del robot.

Algunos modelos de control:

- Control por deslizamiento.
- Control no lineal.
- Control adaptativo.
- Control con redes neuronales.
- Control difuso.

Un robot submarino debe ser tolerante a fallas

Un sistema tolerante a fallas debe poder:

- Detectar la falla.
- Aislar la falla.
- Ajustar la falla.

## ***Navegación y sensores:***

Los sensores se pueden dividir en tres grupos:

- *Sensores de navegación*, para detectar el movimiento del vehículo.
- *Sensores de misión*, para detectar el ambiente de operación.
- *Sensores del sistema*, para diagnósticos del vehículo.

Diferentes tareas requieren diferentes sensores:

*Inspección:* Ópticos, rayos x, imágenes acústicas, escáner láser.

*Navegación:* Sónar Doppler, sónar de sistema inercial, giroscopio.

*Recuperación:* Sónar, magnetómetro, escáner láser, escáner magnético, escáner químico.

*Construcción:* Sensores de proximidad, fuerza y táctiles.

Dificultad adicional: Detección de la posición  $x$ - $y$ . No existen sensores de este tipo. Lo más aproximado son métodos con transpondedores externos.

## ***Comunicaciones:***

Uso de líneas umbilicales con cables coaxiales o fibra óptica (ROVs). Comunicación duplex.

Transductores que convierten energía eléctrica en ondas acústicas (AUVs).

Como el océano debilita rápidamente la energía acústica mientras incrementa la frecuencia, es deseable el uso de bajas frecuencias para comunicaciones de rango grande. Pero para bajas frecuencias el transductor es de grandes dimensiones y la tasa de transmisión es baja.

La velocidad y dirección del sonido varía con las ondas de la superficie, la temperatura, las corrientes y las olas.

## ***Sistemas de alimentación:***

Los ROV toman la energía de los cables.

Loa AUVs emplean baterías: ácidas, zinc-plata, celdas de combustible.

System	Energy/weight (Watt-hr/lb.)
Lead-acid	10-18
Ni-Cd	12-20
Ni-Fe	20-25
Ag-Cd	18-45
Ag-Zn	40-48
Hi-H <sub>2</sub>	80-90
Acid fuel cells	70-460
Alkaline fuel cells	110-430

## ***Presión en el casco y estructuras adicionales:***

La presión del agua en vehículos puede ser enorme. Por ejemplo, a 10 m de profundidad es el doble que en la superficie (203 KPa).

El mar es altamente corrosivo, se requieren materiales especiales que den rigidez, fuerza y resistencia.

Los materiales de uso más común son aluminio y titanio. Actualmente existen nuevos materiales compuestos.

## ***Manipuladores mecánicos:***

Son necesarios para la intervención en misiones.

Los ROVs tienen uno o dos brazos, mientras la mayoría de los UAVs no tienen y están limitados a tareas de vigilancia.

Los manipuladores submarinos se hallan en vehículos que están en constante movimiento, por lo que es difícil y tedioso operarlos con exactitud.

ROV emplean un sistema de teleoperación maestro-esclavo.

Sus actuadores son hidráulicos, los cuales requieren mucha energía y producen ruido. Son preferibles los eléctricos.

# Robots Aéreos

***Definición básica de UAV (Unmanned Aerial Vehicle):*** Vehículos capaces de operar sin piloto en su interior; manipulados por radio control; pueden programarse para operaciones de vuelo y carga previo a su despegue. Su concepto se basa en interoperabilidad y cooperatividad.

Los helicópteros y aviones espía presentan debilidades:

- Deben ser piloteados por seres humanos
- No pueden perderse con impunidad.
- No pueden entrar o crear ambientes tóxicos.

Desde 1964 USA ha gastado miles de millones de dólares en investigación y desarrollo de UAVs.

Algunos ejemplos:

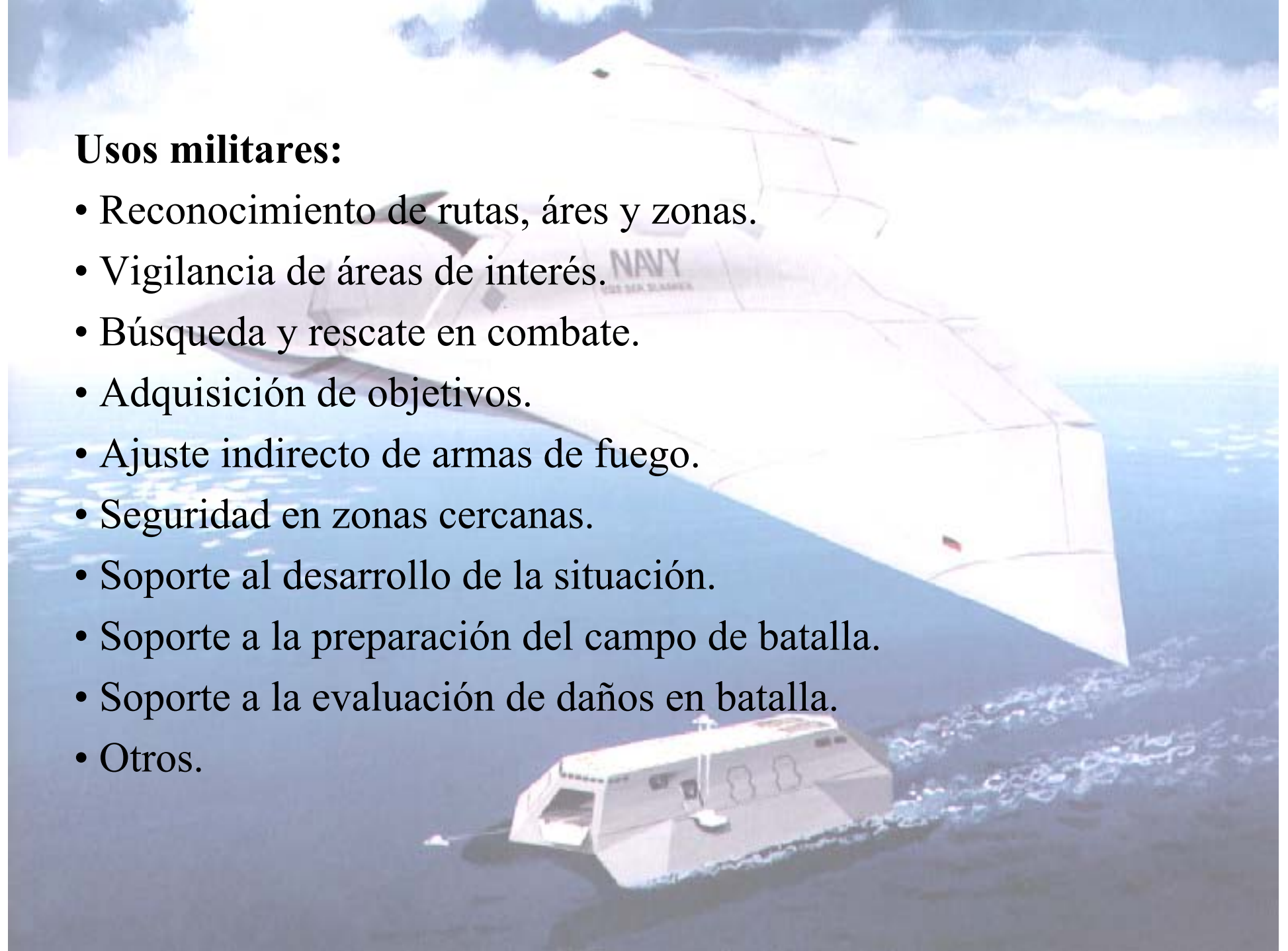
- *Global Hawk* de 15 millones de dólares, 12 m de largo, puede estar 40 horas en el aire, no lleva computadora a bordo, tiene cámaras infrarrojas, electro-ópticas y radar, usa tecnología inalámbrica para la transmisión de imágenes.
- *Predator* de 4.5 millones de dólares, 8 m de largo, sus cámaras pueden leer a 3,000 m una carta de 8 – 15 cm.
- *Cypher* es uno de los más pequeños de 2.5 m de largo por 1 m de ancho y pesa 15 kg, puede entrar dentro de edificios, usa GPS y tiene varias cámaras, detectores químicos, magnómetros, comunicación por radio y satelital.





## Usos militares:

- Reconocimiento de rutas, áreas y zonas.
- Vigilancia de áreas de interés.
- Búsqueda y rescate en combate.
- Adquisición de objetivos.
- Ajuste indirecto de armas de fuego.
- Seguridad en zonas cercanas.
- Soporte al desarrollo de la situación.
- Soporte a la preparación del campo de batalla.
- Soporte a la evaluación de daños en batalla.
- Otros.



## Uso no militares:

- Entretenimiento en escenas de video y películas.
- Industria del turismo y reportajes de noticias.
- Búsqueda y rescate de gente en situaciones peligrosas.
- Monitorear o entregar correo en lugares a instalaciones importantes localizadas en lugares de alta sensibilidad o muy alejadas.

## Tipos de UAVs

- *Controlados remotamente*: Se controlan desde una estación en mar o tierra. El nivel de control va de *control directo* a control de *ruta de vuelo*.
- *Autónomos*: Son programados para sentir sus alrededores y responder adecuadamente, independiente de un control externo o un operador.

## **Categorías de UAVs (según DOD):**

- M-UAV. Duración de vuelo de 3 h con un rango de aproximación de 50 km.
- JT-UAV: Duración de vuelo de 8 a 10 h con un rango de hasta 200 km con comunicación.
- UAV-E: Duración de vuelo de 24 h de cobertura y capaz de realizar múltiples misiones simultáneamente en un ambiente de buen clima y hasta un rango de 800 km.

## **Futuro:**

- Serán *agentes* en enormes *sistemas multiagentes*.
- Se produzcan en masa y serán económicos.
- Podrán trabajar en grupo bajo ciertas condiciones de comunicación.
- Serán necesarias estrategias de control cooperativo.

## Robots voladores para interiores: El Blimp 2.

- Componentes electrónicos conectados a un microcontrolador con conexión inalámbrica a una PC.
- La comunicación digital con la PC es con un módulo de radio Bluetooth, con un alcance de más de 15 m range.
- La energía la obtiene de una batería Li-Poly que dura más de 3 horas bajo condiciones normales de operación.
- Cuenta con una simple cámara lineal en el frente.
- Tiene otros sensores empotrados como un anemómetro, un giroscopio y sensores de distancia.



