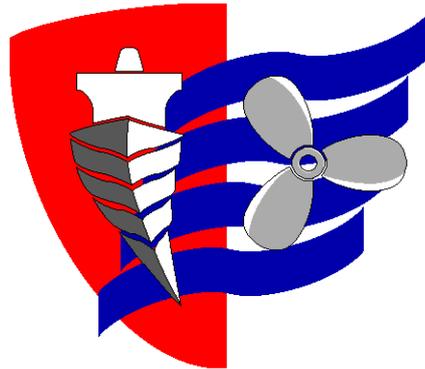


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**POSICIONAMIENTO DINÁMICO:  
PRINCIPIOS, CARACTERÍSTICAS Y  
OPERACIONES.**

---

**DYNAMIC POSITIONING: PRINCIPLES,  
FEATURES AND OPERATIONS.**

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y  
TRANSPORTE MARÍTIMO**

Autor: Pablo Tomás Zamora Sarabia

Octubre 2014

## Abstract

This work has been performed by Pablo Zamora Sarabia, in order to finish the Grade of Nautical Engineering and Maritime Transportation integrated in the Universidad de Cantabria (University of Cantabria), Spain.

The purpose of this work is to give an overview about the Dynamic Positioning System, which can be defined by the class societies Det Norske Veritas (DNV) American Bureau of Shipping (ABS) Lloyd's Register (LRS or Lloyd's) as a vessel that maintains its position and heading (fixed location or pre-determined track) exclusively by means of active thrusters. This is obtained either by installing tunnel thrusters in addition to the main screw(s), or by using azimuth thrusters, which can produce thrust in different directions.

The activities carried out with the help of DP are also treated in this work such as pipe-laying operations, dredging operations, supply, Anchor Handling & Towing, oil spill recovery, ROV operations (Remoted Operated Vehicle) among others.

Finally, in this work is also included a complete list about the accredited DP centers along the whole world that could be a useful information for students interested in obtaining the DP certificate.

This information that the student has taken from different sources such as thesis, information on courses taught in schools, universities, books, etc, has the aim of getting an insight into the DP system for anyone who wants to browse or investigate the subject without having to spend days just to get some information. This work has all the essential points clustered to start in the Dynamic Positioning System and get an understanding of what is the dynamic positioning system, features and naval operations in which it is used.

## ÍNDICE

0. DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS.....	5
1. INTRODUCCIÓN DEL TRABAJO.....	7
2. SISTEMAS DE CONTROL MARINOS.....	8
2.1. CAMPOS DE APLICACIÓN	
2.2. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL MARINOS	
2.3. ESTRUCTURAS DE CONTROL	
3. POSICIONAMIENTO DINÁMICO.....	13
3.1. RESEÑA HISTÓRICA	
3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	
3.3. GRADOS DE LIBERTAD DEL BUQUE	
3.4. PRINCIPIOS Y SISTEMAS	
3.4.1. SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN	
3.4.1.1. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)	
3.4.1.2. GPS	
3.4.1.3. GPS DIFERENCIAL	
3.4.1.4. SISTEMA GLONASS	
3.4.1.5. SISTEMA DE REFERENCIA HIDROACÚSTICO	
3.4.1.6. TAUT WIRE	
3.4.1.7. SYLEDIS	
3.4.1.8. MICROFIX	
3.4.1.9. TRISPONDER	
3.4.1.10. ARTEMIS	
3.4.1.11. SISTEMAS LÁSER	
3.4.1.12. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO MEDIDO POR ÁNGULO ELEVADO.	

3.4.2. SENSORES

3.4.2.1. GIROCOMPASES

3.4.2.2. VRU

3.4.2.3. IMU

3.4.2.4. ANEMÓMETROS

3.4.2.5. CORREDERA DOPPLER

3.4.2.6. SENSORES DE CALADO

3.4.2.7. SENSORES AMBIENTALES

3.4.3. MODELOS OPERATIVOS

3.4.4. FUNCIONALIDAD Y MÓDULOS

3.4.5. LOS SISTEMAS DE ASESORAMIENTO PARA DIAGNÓSTICOS

3.5. MODELO MATEMÁTICO

## 4. BARCOS QUE UTILIZAN DP Y SUS OPERACIONES.....56

4.1. INDUSTRIA OFF-SHORE DEL GAS Y DEL PETRÓLEO

4.2. CRUCEROS Y YATES

4.3. PESCA

4.4. BUQUES DE GUERRA

4.5. NAVEGACIÓN MERCANTE

4.6. OCEANOGRÁFICOS.

4.7. BUCEO (ROV)

4.8. OIL SPILL RECOVERY

4.9. PLATAFORMAS/ANCHOR-HANDLING

4.10. SUPPLY

4.11. GRÚAS FLOTANTES

4.12. DRAGADO.

4.13. PIPE-LAYING.

4.14. CABLEROS

4.15. OTRAS OPERACIONES

5. REDUNDANCIA Y CLASES DE EQUIPOS PARA BUQUES CON DP.....	72
6. SEGURIDAD.....	77
6.1. CAPACIDAD Y SIMULACIÓN	
6.2. SUBSISTEMAS DE SEGURIDAD	
6.3. ANÁLISIS DE FALLOS	
7. NORMATIVA.....	81
8. PRINCIPALES PRODUCTORES DE SISTEMAS DP.....	82
8.1. KONGSBERG-SIMRAD	
8.2. ABB	
8.3. NAUTRONIX	
8.4. ALSTOM	
8.5. AUTONAV	
8.6. SIEMENS, IMO y IHCS	
9. ENSEÑANZA Y CERTIFICACIÓN DE LOS OPERADORES DP.....	89
9.1. CENTROS DE ENSEÑANZA	
10. CONCLUSIONES PERSONALES ADQUIRIDAS EN ÉSTE TRABAJO.....	104
11. BIBLIOGRAFÍA.....	106

# **CAPÍTULO 0: DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS.**

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN DEL TRABAJO.**

En este capítulo inicial se realiza una breve explicación del tema principal del trabajo, el posicionamiento dinámico, añadiendo una pequeña reseña histórica y por último, los motivos por los que se ha elegido este campo para llevar a cabo dicho trabajo.

## **CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE CONTROL MARINOS.**

En este capítulo se habla acerca de estos sistemas de control marinos, entendidos como la ciencia que estudia los métodos de análisis, de seguimiento y de control de estos sistemas. Después de hablar de los campos en los que se aplican este tipo de sistemas de control, y de la evolución tan importante que éstos han tenido a lo largo de los años, se detalla finalmente con más precisión las estructuras de control. Ésta estructura de control supone un elemento de gran importancia dentro del sistema, y se subdivide a su vez en tres elementos: los accionadores de control, el control de planta y la optimización local.

## **CAPÍTULO 3: POSICIONAMIENTO DINÁMICO.**

En este capítulo se habla de los principios fundamentales del posicionamiento dinámico, por lo que podríamos decir que es uno de los capítulos principales del trabajo.

Primero se sientan las bases del surgimiento del sistema de posicionamiento dinámico mediante una reseña histórica. De esta manera se hace mucho más sencilla la comprensión de la evolución desde sistemas mucho más primitivos, hasta conseguir, tras años de investigación, pruebas y tecnologías, llegar al que actualmente se conoce como sistema DP. Aunque hubo que esperar a la llegada del siglo XX cuando Elmer Sperry construyó el primer dispositivo de conducción automática.

Más adelante se lleva a cabo una pormenorizada descripción del sistema DP, que no es más que un sistema de control por ordenador y de forma automática. Sus diferentes tipos de propulsión con los cuales es capaz de realizar estas funciones son las hélices transversales y los propulsores azimutales.

El siguiente punto del capítulo habla sobre los grados de libertad del buque, ya que una de las funciones del sistema es contrarrestar los movimientos propios del buque, que puedan ser generados por viento, corriente y oleaje.

Pasamos a otro de los puntos fundamentales del capítulo, que es el de los principios básicos del sistema DP y los sistemas DP conocidos. De esta manera, se habla de los sistemas de referencia de posición, como pueden ser los GNSS, GPS y el sistema Glonass, entre otros. Dentro de este apartado se incluye un estudio acerca de los sensores, explicando sus características y los diferentes tipos de sensores, relacionándolos con los buques o tipos de industrias en los que se utilizan.

Por último, se hace una referencia al modelo matemático en el que se basa el sistema de posicionamiento dinámico.

#### CAPÍTULO 4: BARCOS QUE UTILIZAN DP Y SUS OPERACIONES.

Este capítulo, que puede ser considerado como uno de los más interesante en el estudio del posicionamiento dinámico, trata sobre los diferentes buques e industrias que hacen uso del sistema DP. Desde buques de buceo (ROV), la industria del off-shore, o el campo militar, hasta los cruceros y yates, los campos de utilización de este sistema son muy variados. Se incluyen interesantes imágenes y datos actualizados de los buques.

#### CAPÍTULO 5: REDUNDANCIA Y CLASES DE EQUIPOS PARA BUQUES CON DP.

En este capítulo se explica el fundamental concepto de la redundancia, intentado aclarar y detallar el motivo de su vital importancia para el correcto funcionamiento de un sistema de posicionamiento dinámico. Además se detallan los tipos o clases de equipos, en función de su atención o no al concepto de la redundancia y otros.

#### CAPÍTULO 6: SEGURIDAD.

En este capítulo se habla de los elementos necesarios para que el sistema de posicionamiento dinámico trabaje de manera correcta y fiable, manteniendo el rumbo y la posición del buque.

Además, se detallan los llamados subsistemas de seguridad y se explica finalmente el proceso conocido como análisis de fallos, que consiste en un pormenorizado estudio de estos elementos y subsistemas en las fases más iniciales del diseño del buque, para poder anticiparse a problemas que pudiesen surgir posteriormente.

#### CAPÍTULO 7: NORMATIVA.

En este capítulo se expone una lista con las publicaciones en las que se encuentran actualmente la mayor parte de las normas relacionadas con el sistema de posicionamiento dinámico.

#### CAPÍTULO 8: PRINCIPALES PRODUCTORES DE SISTEMAS DP.

Este es un capítulo de carácter más comercial o empresarial, por así decirlo, ya que se exponen las principales empresas que, a día de hoy, fabrican y comercializan productos y sistemas de posicionamiento dinámico.

#### CAPÍTULO 9: ENSEÑANZA Y CERTIFICACIÓN DE LOS OPERADORES DE DP.

Este capítulo puede resultar de gran importancia para alumnos o personas interesadas en este sistema ya que en él se incluye una lista muy detallada de los centros que actualmente imparten formación y cursos para la certificación de manejo de sistemas de DP.

#### CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES PERSONALES ADQUIRIDAS EN ÉSTE TRABAJO.

#### CAPÍTULO 11: BIBLIOGRAFÍA.

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN DEL TRABAJO.**

Éste trabajo de investigación ha sido la consecuencia del estudio del alumno para el Trabajo de Final de Grado (TFG) necesario para la obtención del título de Graduado en Ingeniería Náutica y Transporte Marítimo como parte integrante en el plan de estudios de la Escuela de Náutica de Santander perteneciente a la Universidad de Cantabria.

El objetivo que tiene éste trabajo es dar una visión general del sistema de Posicionamiento Dinámico, dando una idea de su evolución a lo largo de la historia hasta nuestros días y su importancia en el mundo naval a día de hoy dando también una introducción al sistema, a sus principios de operación, modelos y aplicaciones, y realizando una explicación de todos los elementos que lo forman, haciendo especial énfasis en los diversos sensores y sistemas de referencia de posición (GPS, DGPS, sistemas hidroacústicos, láser, etc.) siendo éstos elementos muy importantes del sistema.

En el trabajo no se distingue entre buques civiles o militares, simplemente se basa en la explicación general del DP haciendo un recorrido por los aspectos de seguridad, normativa, productores de sistemas, enseñanza y certificación de los operadores, centros de enseñanza, modelos operativos, su funcionalidad y módulos.

Esta información que el alumno ha ido cosechando de diferentes fuentes como tesis, informaciones impartidas en cursos en centros de enseñanza, Universidades, libros, etc, ha sido con el fin de dar una visión global del sistema para cualquier persona que quiera curiosear o indagar en el tema sin tener que estar días para tan sólo obtener algo de información, teniendo en éste trabajo todo lo esencial agrupado para iniciarse en el sistema y conseguir entender de una forma muy trillada lo que es el Posicionamiento dinámico, sus características y las operaciones navales en las que se utiliza.

# **CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE CONTROL MARINOS.**

Se define por sistemas de control marinos como la ciencia que estudia las técnicas, los métodos de análisis, el seguimiento y el control de los sistemas marinos.

## **2.1 CAMPOS DE APLICACIÓN.**

Sus principales campos de aplicación son las tres grandes industrias marítimas:

- El transporte por mar.
- La exploración de los recursos de gas e hidrocarburos por método offshore.
- La explotación de la pesca y la acuicultura.

Todas éstas industrias demandan medios tecnológicos enfocados a la seguridad y a la reducción de los costes de sus actividades. La mayoría de las actividades offshore tienen lugar en aguas profundas con bases en plataformas flotantes en combinación con instalaciones submarinas. La necesidad de realizar las operaciones marinas a lo largo de todo el año en los espacios oceánicos con variada complejidad, aumentan y motivan el desarrollo de la robótica con elevada autonomía. **[MCS-NOR 13] [DPS-DELFT 06] [MSC 96]**

## **2.2. LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.**

La evolución de los sistemas de control marinos se ha hecho de forma paralela al desarrollo y utilización del potencial eléctrico permitiendo computerizar el barco en orden a operar con seguridad reduciendo también los costes pero la sobreutilización a partir de los años 90 ha generado una serie de problemas:

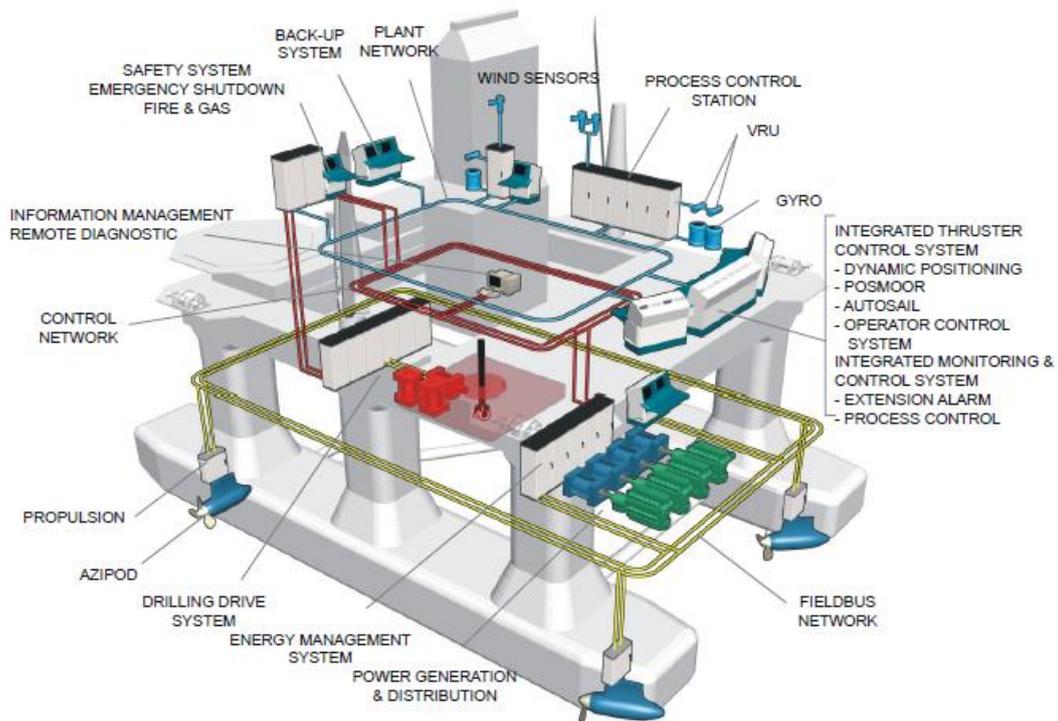
- Aspectos de integración y de compatibilidad en el diseño y en la especificación de nuevos procedimientos.
- Fallo en los métodos y en las pruebas de análisis del sistema en conjunto.

Hay que tener en cuenta, dentro de los sistemas de control marino, los sistemas de potencia, los sistemas de propulsión, los sistemas de Posicionamiento dinámico, los sistemas de automatización marinos la potencia y manejo de la energía, la industria marítima y las reglas y las regulaciones. De todas éstas, haré más hincapié en las tres primeras:

- Sistema de potencia. Consideramos como sistema de potencia a todos los sistemas que suministran energía al barco. Se divide en las siguientes partes:
  - Planta generadora de potencia con fuerza motriz y generadores.
  - Sistema de distribución de potencia eléctrica.
  - Transformadores.
  - Suministro eléctrico ininterrumpido para equipos básicos.
  - Conversores de frecuencia.
  - Cableado.
- Sistema de propulsión.
  - Motores diesel.
  - Generadores.
  - La transmisión.
  - Hélices.

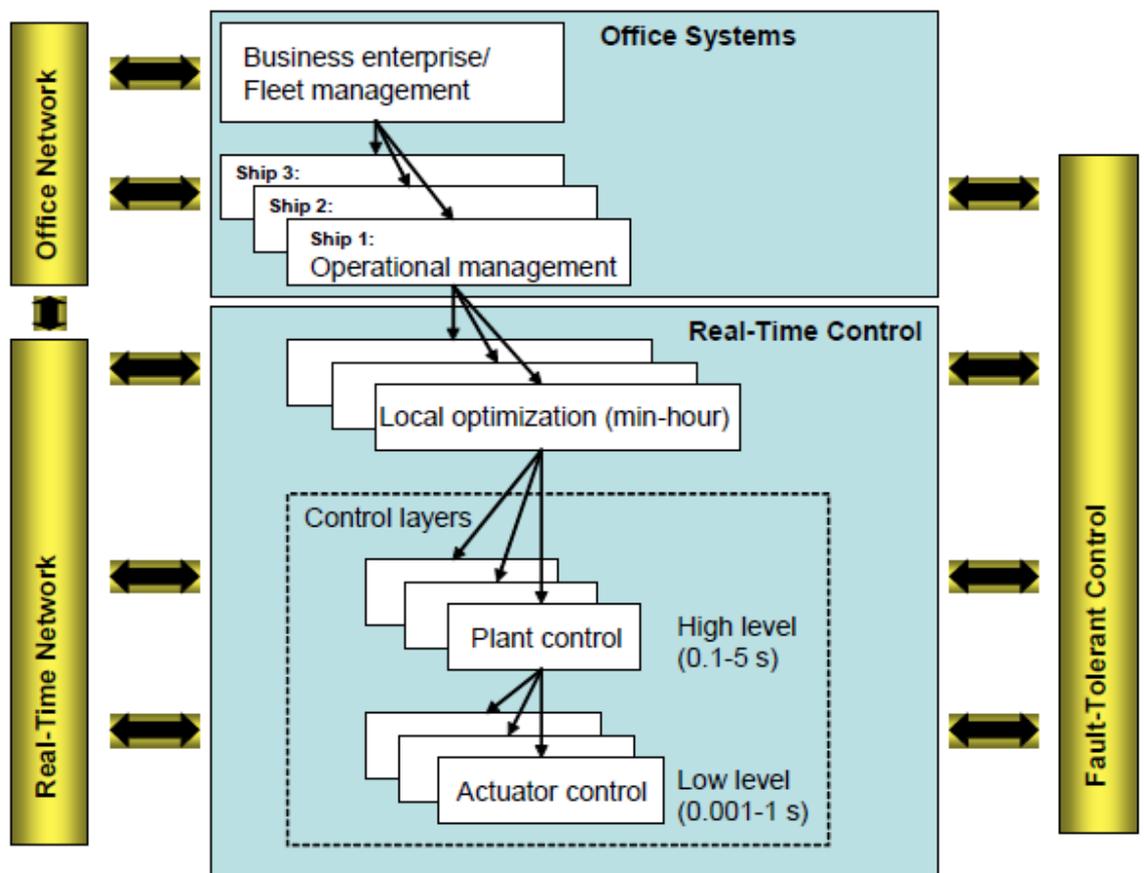
- Los sistemas de Posicionamiento Dinámico: En los casos de los barcos tipo Offshore, como por ejemplo una plataforma de perforación, un sistema de Posicionamiento dinámico está constituido por los siguientes subsistemas:
  - Sistema de potencia.
  - Sistema de automatización.
  - Sistemas de posicionamiento dinámico y sistemas de amarre asistido por propulsores.
  - Sistema de navegación automática en los que se encuentran el autopiloto, el radar, el sistema de identificación automática y el GPS.
  - Sistema de Joystick para el control manual del sistema de propulsión.
  - Sistema manual e individual de cada propulsor.
  - Equipos dependiendo de la actividad desarrollada.
  - Sistemas de amarre principalmente para semisumergibles y plataformas.
  - Sistemas de seguridad
  - Sistemas auxiliares como ventiladores o sistemas hidráulicos.

**[DPS-DELFT 06] [MCS-NOR 13]**



Los sistemas de control marinos se dividen en dos áreas principales: el control en tiempo real (real-time control, del cual haré más hincapié) y monitorización y manejo operativo de carácter empresarial. [MCS-NOR 13] [MSC 96]

## 2.3. LA ESTRUCTURA DE CONTROL.



Estructura de control

La estructura de control en tiempo real se divide en el control de bajo nivel, un control de planta de alto nivel y en una optimización local. Ésta estructura de control en tiempo real para sistemas de barcos con sistemas de posicionamiento dinámico consistirían en:

- Los accionadores de control: para un sistema de posicionamiento dinámico, se define como los propulsores, hélices y timones. El control local de las hélices y de los propulsores puede realizarse controlando por ejemplo la velocidad (rpm), el par y la potencia o como una combinación de todos ellos ya sea de forma hidráulica, mecánica o eléctrica.
- El control de planta: en operaciones que necesitan estabilidad, los sistemas de posicionamiento dinámico contrarrestan las perturbaciones como son las olas, el viento y la deriva producida por las corrientes que actúan sobre el barco.
- Optimización local: los barcos con posicionamiento dinámico deben trabajar en conjunción con el tipo de trabajo específico que van a desarrollar (operaciones de perforación, instalación de tuberías...)

***[DPS-DELFT 06] [MCS-NOR 13]***

## **CAPÍTULO 3: POSICIONAMIENTO DINÁMICO.**

### **3.1. RESEÑA HISTÓRICA.**

La idea de un gobierno completamente automatizado había comenzado a forjarse tras la aparición del primer timón servocontrolado en 1864, aunque hubo pocos avances en este sentido debido a la ausencia de sensores de orientación adecuados. La sensibilidad de las agujas magnéticas no permitía utilizarlas como parte de un sistema de gobierno sin distorsionar su medida. Hubo que esperar al desarrollo de los girocompases (principalmente por Anschutz-Kämpfe y Elmer Sperry a comienzos del siglo XX) para poder hacer las primeras pruebas de automatización de buques.

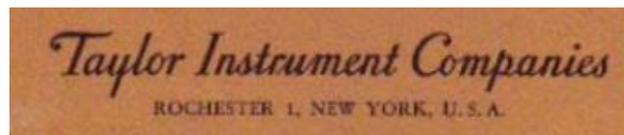
La historia del control automatizado del barco comenzó con Elmer Sperry (1860-1930), quien construyó el primer dispositivo de conducción automática de los buques en 1911 para el mantenimiento del rumbo (Allensworth and Bennet). Éste dispositivo de nombre “Metal Mike” compensaba las variaciones del rumbo usando un giroscopio.



**Elmer Sperry (1860-1930)**

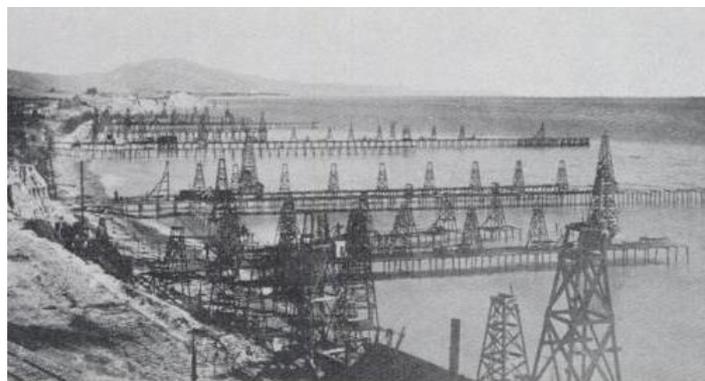
**Massachusetts Institute of Technology MIT School of Engineering**

Fue en 1922, mucho antes de su comercialización, cuando Nicolás Minorsky (1885-1970), había analizado las propiedades de los controladores tipo PID (un regulador que incluye acciones proporcional, integral y derivativo) en su publicación *“Estabilidad direccional de cuerpos dirigidos automáticamente”*. Dicho trabajo, que constituye una de las primeras discusiones sobre Teoría de Control, describe el uso de los controladores de tres términos para el gobierno de la dirección de un buque: el “New Mexico”. Así pues, los controladores tipo PID nacieron para el gobierno automático de buques y puede decirse que fueron descubiertos por el científico Nicolás Minorsky. (Minorsky), Sin embargo, la idea de un controlador de tres términos de propósito general con una acción de control variable no fue introducido hasta finales de la década de 1930. Concretamente se dice que fue la Taylor Instrument Company la que introdujo el primer controlador de este tipo.



La exploración offshore y la explotación de hidrocarburos favorecieron el desarrollo de los sistemas de posicionamiento dinámico en los barcos.

Al principio dichas actividades se desarrollaban en los lagos y cerca de la costa, aunque poco a poco fueron alejándose hacia mar adentro mientras permanecían conectados a tierra.



**Fig. 1.3.** Summerland in 1902.  
(Courtesy of M.R. Campbell, US Geological Survey.)

### Dynamic Positioning Systems: Principles, Design and Applications

Escrito por Hubert Fay

Las plataformas requerían un cambio de posición, lo que las hizo evolucionar y operar en aguas cada vez más profundas y las hizo utilizar sistemas de amarre convencionales que consistían en mantener a la plataforma anclada en una posición fija para evitar su movimiento.

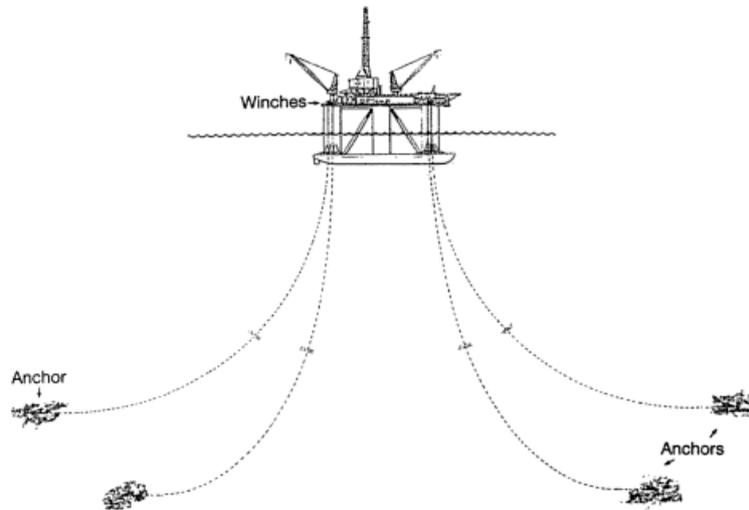


Fig. 1.5. Schematic of a four-point mooring system.

### Dynamic Positioning Systems: Principles, Design and Applications

Escrito por Hubert Fay

Éste sistema no era muy efectivo, sobre todo a grandes profundidades debido a su composición y a los movimientos de oscilación continuos en mares hostiles y a la pobre maniobrabilidad, lo que favoreció el desarrollo en 1957 como parte del proyecto American Mohole Project la necesidad de sustituir los sistemas de amarre por un sistema de propulsores que mantuviesen al barco en una posición fija y estable.

Para alcanzar los objetivos del proyecto Mohole, se equipó al barco Cuss1 con 4 motores controlados de manera manual, fijados a las 4 esquinas del barco, que permitían contrarrestar los efectos del viento, de las corrientes y de las olas. Para obtener y controlar la posición del barco, un radar de superficie recibía los ecos de cuatro boyas y con un sonar se inspeccionaba el fondo marino. El control manual simultáneo se hizo muy difícil y tedioso y como consecuencia, se desarrolló la idea de inventar un controlador de posición automático central.

Photographs of (left) an outboard motor used for dynamic positioning on CUSS I and (right) CUSS I at sea. Basalt was reached on April 1, 1961 at the Experimental Mohole test site near Guadalupe Island, Mexico.



PLATE V Harbormaster 250-hp diesel-powered outboard motor, similar to those which will be used to power CUSS I during the experimental drilling. The engine is fixed but shaft and propeller can turn to exert thrust in any direction.

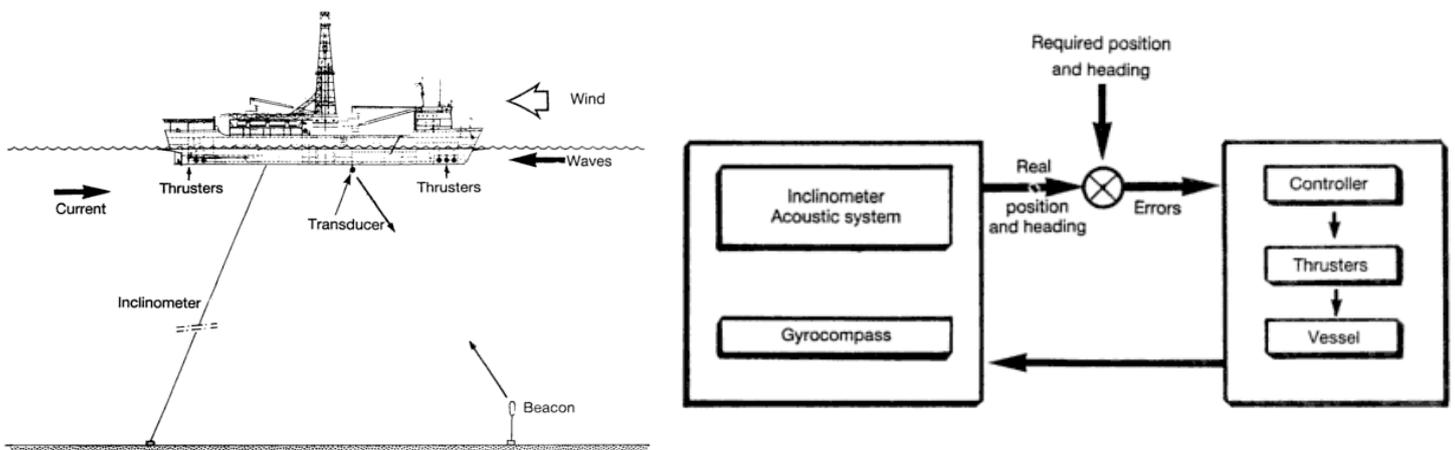


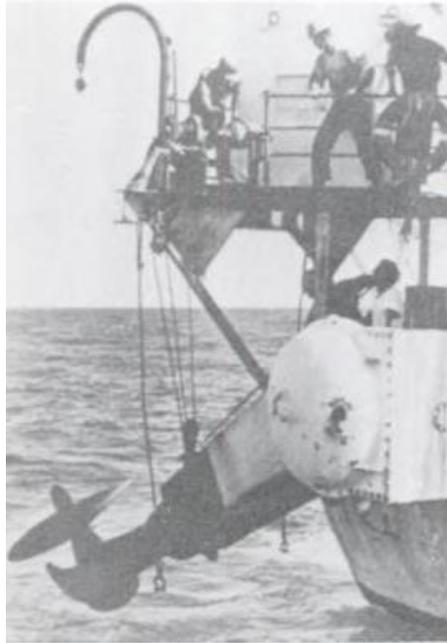
PLATE VI CUSS I during the Guadalupe Island experiments, April 1961. It successfully held position and, for the first time, drilled into the deep-sea floor.

from Bascom (1961) *A Hole in the Bottom of the Sea*

Como consecuencia de éstos avances, se definió el Posicionamiento Dinámico de un barco como:

“El proceso que incluye la acción de los propulsores que dirigidos por un controlador y oponiéndose a las fuerzas ambientales, mantiene a un barco o a cualquier medio flotante en la vecindad de un punto de referencia y estabiliza su rumbo. La posición es conocida en todo momento por los datos transmitidos a través de un sistema de referencia de posición.” [MCS-NOR 13]





En los años 60 se introdujo el primer sistema de posicionamiento dinámico para los movimientos horizontales en los barcos, tales como el oleaje, el balanceo y los desvíos laterales de la proa, utilizando un algoritmo de control de PID con una entrada y una salida única. En los años 70, se produjeron más avances en los métodos de control de salida basados en el control óptimo de multivariables y en la teoría de Filtros de Kalman propuesta por Balchen , Jenssen y Saelid (1976). Ese trabajo inicial posteriormente fue mejorado y ampliado por Balchen, Jenssen, Mathisen, Saelid (1980), Jenssen (1981), Sorheim (1982), Saelid, Jenssen y Balchen (1983), Fung y Grimble (1983), Grimble y Johnson (1988), Fossen (1994), Sorensen, Sagatun y Fossen (1996), Fossen, Sagatun y Sorensen (1996), Katebi, Grimble y Zhang (1997), Mandzuka y Vukic (1995), Kijima, Murata y Furukawa (1998), Tannuri y Donha (2000), Volovodov, Chernjaeb, Kaverinski, Volovodov y Lampe (2004) y Pérez y Donaire (2009).

La introducción de observadores con técnicas de filtración de ondas basadas en la teoría del Filtro de Kalman (Fossen y Pérez, 2009) por Balchen, Jessen y Saelid supuso un gran avance en los sistemas de control marinos, que constituyó un modelo de inspiración para muchas otras aplicaciones.

En los años 90, los diseños de controladores de Posición dinámica no lineales fueron propuestos por varios grupos de investigadores para reducir la complejidad en el control del software. Stephens, Burnham y Reeve (1995) propusieron los controladores "Fuzzy". Aarset, strand y Fossen (1998), Strand y Fossen (1998), Fossen y Grovlen (1998) y Bertin Bittantai, Meroni y Savaresi (2000), Fossen y Strand (1999).

Pettersen y Fossen( 2000), Pettersen, Mazenc, y Nijmeijer (2004) y Bertin y colaborador(2000) evaluaron el control para el Posicionamiento Dinamico en los barcos submarinos. Agostinho, Tannuri y Moratelli(2010) propusieron el uso del control en modo no lineal deslizante para el posicionamiento dinamico. Volovodov, Smolnikov, Volovodov y Lampe (2007) idearon un controlador para operaciones de posicionamiento dinamico en 3D para objetos móviles ( vehículos submarinos) usando la aproximación de Lyapunov.

Sorensen y Strand (2000) introdujeron una ley del posicionamiento dinámico de buques de pequeña área de flotación para amortiguar los movimientos de cabeceo y balanceo del barco. Sorensen, Leira, Strand y Larssen (2001) mejoraron los estudios sobre el posicionamiento dinámico para actividades de perforación en aguas profundas, aunque Fossen y Strand en ese mismo año desarrollaron un sistema de control de barcos por medio de posicionamiento dinámico reduciendo el consumo de combustible. Ya en el 2010, Jenssen incluyó un sistema de posicionamiento dinámico para la colocación de tuberías submarinas el cual se sigue usando a día de hoy.

La mayoría de los sistemas de posicionamiento dinámico se diseñaron para operar bajo ciertos límites en las condiciones atmosféricas y limitadas por la capacidad del timón y de la potencia de los motores. Como consecuencia de la exactitud y disponibilidad de las unidades de medida de inercia (IMU), Lindegarg (2003) propuso el feedback de aceleración para aumentar el rendimiento del posicionamiento dinámico en aguas bravas y proporcionaba una masa virtual además de una masa física del barco, y en consecuencia el barco era menos sensible a las alteraciones ambientales, mejorado posteriormente en los trabajos de Soresen, Strand y Nyberg.

El uso de la teoría del control híbrido fue propuesto por Hespanha (2001), Hespanha y Morse (2002) y Hespanha, Liberzon y Morse (2003) junto con los trabajos de Blanke, Kinnaert, Lunze y Staroswiecki (2003) desarrolló controladores multi-función combinando acontecimientos discretos y un control continuo.

Sorensen, Quek, Nguyen (2005), Nguyen (2006), Nguyen, Sorensen y Quek (2007, 2008), Nguyen y Sorensen (2009) mejoraron los controladores de posicionamiento dinámico para poder ser usados también en condiciones adversas del mar incluyendo el interés por los hidrocarburos en el Ártico, Nguyen, Sorbo y Sorensen (2009).

Con la mayor demanda en operaciones basadas en el posicionamiento dinámico, los software de verificación de dichos sistemas son cruciales para la seguridad y la eficacia de los mismos y están siendo desarrollados en los trabajos de Johansen, Fossen y Vik (2005, 2007), Johansen y Sorengen (2009) y Smogeli (2010).

**[MCS-NOR 13]**

### **3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DP.**

Un Barco con Posicionamiento Dinámico es definido por Det Norske Veritas (DNV), American Bureau of Shipping (ABS), y por la Lloyd's Register (LRS) como **“un barco que mantiene su posición y su rumbo exclusivamente por medio de propulsión activa. Esto se obtiene instalando hélices transversales en el casco del barco además de su hélice principal o usando los propulsores azimutales.”**

El Posicionamiento Dinámico es un sistema de control por ordenador y de forma automática. Como ya se ha comentado con anterioridad en la definición, sus diferentes tipos de propulsión que se usan para éste cometido son dos, las hélices transversales que producen propulsión en movimientos laterales, y los propulsores azimutales.



Synergy Propulsion

Estos propulsores azimutales, con su rotación de 360°, son capaces de mantener al barco en el plano horizontal. Ambos son sumamente necesarios debidos a las fuerzas ambientales y a los cambios que se producen de magnitud y de dirección y es solamente complementario en los sistemas de posicionamiento por amarre.

Los barcos en navegación están sujetos a varias fuerzas y momentos debido a las olas, vientos, corrientes, sistemas de propulsión y alteraciones no previstas provocadas por los sistemas de propulsión.

En la práctica un barco no puede mantener una posición completamente estática en el mar y mantener la posición deseada, lo que refleja los límites de la capacidad del sistema. Por eso un sistema de Posicionamiento Dinámico eficiente es aquel que alcanza estas metas con el mínimo consumo de carburantes y que tolera errores transitorios o fallos en la propulsión y en los sistemas de medida.

Un sistema de Posicionamiento Dinámico completo lo constituyen tres partes fundamentales:

- El sistema de potencia.
- El sistema de propulsión.
- El sistema de control de posicionamiento dinámico.

*[DPS-DELFT 06] [DPS-NV 11] [SFDP 00] [MCS-NOR 13] [MSC 94] [MSC 96]*

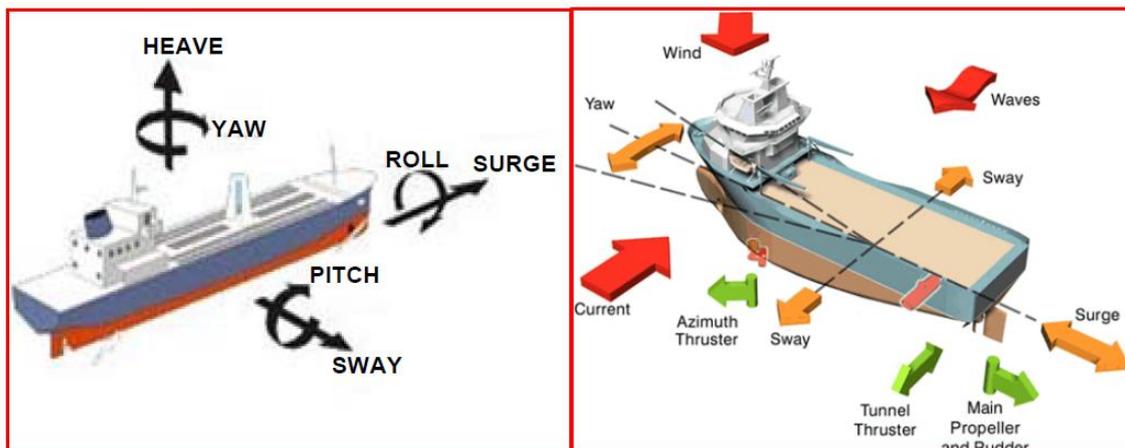
### **3.3. GRADOS DE LIBERTAD DEL BUQUE.**

Una de las funciones del sistema de posicionamiento dinámico es contrarrestar los movimientos propios del buque generados por el viento, la corriente y el oleaje para no perder en ningún momento la posición que queremos que el buque mantenga.

Los movimientos de un barco puede describirse como los seis grados de libertad (DOF-Six degrees of freedom), ya que un barco se puede mover en seis diferentes direcciones las cuales se pueden encuadrar en dos categorías:

### 3.3.1 MOVIMIENTOS DE TRASLACIÓN.

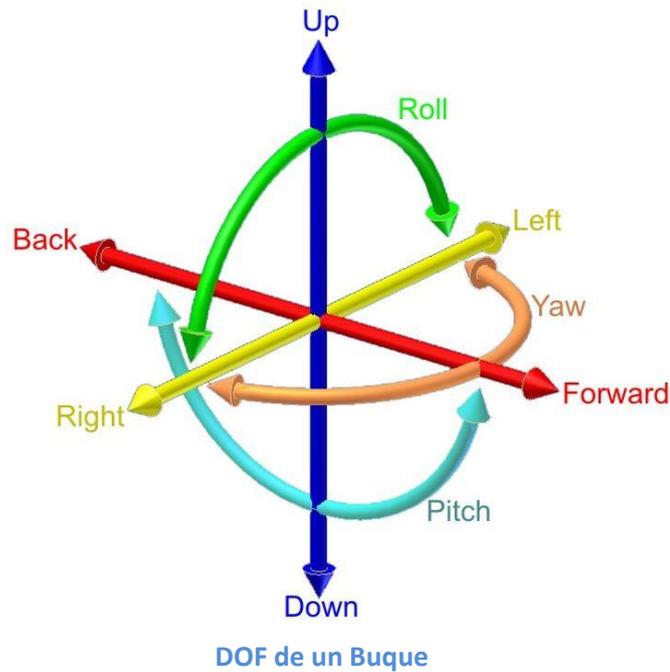
- Surge, en el plano horizontal, movimiento en retroceso (popa / popa) y movimientos hacia adelante (proa / proa).
- Sway, en el plano transversal con movimientos transversales (de estribor a babor).
- Heave, en el plano vertical con movimientos ascendentes y descendentes.



[www.km.kongsberg.com](http://www.km.kongsberg.com)

### 3.3.2. MOVIMIENTOS DE ROTACIÓN.

- Balanceo (Roll), rotación alrededor del eje longitudinal.
- Cabeceo (Pitch), rotación sobre la línea horizontal transversal.
- Guiñada (Yaw), rotación sobre el eje vertical.



El Sistema de Posicionamiento Dinámico compensará estos movimientos por medio de la planta propulsora generando fuerzas contrarias a las generadas por los movimientos del buque surgidos por el viento, la corriente y el oleaje como hemos citado anteriormente. La fuerza que ha de crear la planta propulsora no será aleatoria si no que será proporcional a las fuerzas de las olas que estén actuado en ese momento y zona determinada, de la corriente presente y el viento que esté soplando. Éste último, el viento, es el elemento más importante ya que afecta a toda la estructura de la obra muerta del barco.

El Sistema de Posicionamiento Dinámico calcula estas variables y calcula la cantidad de potencia que la planta propulsora debe generar para que el error generado se transforme en nulo. El modelado y filtrado de todos éstos datos, genera un dead reckoning que actúa como una memoria y que es muy útil cuando se pierden las referencias de posición ya que el buque o estructura equipada con el DP seguirá manteniendo la posición de forma automática, es decir, el sistema es capaz de responder por sí sólo cuando se ha perdido toda referencia de posición no necesitando seleccionar de forma inmediata el control manual.

Como hemos citado anteriormente, los primeros Sistemas de Posicionamiento Dinámico tenían controladores analógicos del tipo PDI (Integrador Proporcional Derivativo) con el consiguiente problema de que no se adaptaban a las condiciones marinas del buque en su totalidad. Como ya hemos visto, las mejoras en el filtro de Kalman y a la transmisión digital de datos, han mejorado de forma impresionante la precisión en el mantenimiento de la posición y del rumbo, aunque también, todavía existen varios inconvenientes que poco a poco y con la importancia que tiene este sistema, se lograrán paliar.

Tales inconvenientes son:

- Si el equipo falla, puede generar un fallo en la posición deseada.
- Cuanto más se mejora el sistema, se encarece su precio.
- Al estar la planta propulsora en continuo funcionamiento, se genera un alto consumo de aceites lubricantes y combustible para el propulsor.
- A día de hoy, no es del todo fiable en condiciones climatológicas adversas y en zonas con fuertes corrientes.
- Existe un factor humano con su consiguiente posible fallo en el control de la posición o en el control del manejo de los equipos.
- Se necesita más personal para el mantenimiento de todos los equipos.

***[DPS-DELFT 06] [DPS-NV 11] [MCS-NOR 13]***

### **3.4. PRINCIPIOS Y SISTEMAS DP.**

Como ya se ha citado con anterioridad, la función de un sistema de Posicionamiento Dinámico es la de mantener la posición y el rumbo en una zona delimitada.

Los componentes del sistema deben de ser fiables y los requisitos de redundancia deben ser tenidos en cuenta. En la fase de diseño es imprescindible asegurarse que la cantidad de potencia y la capacidad de propulsión instalada en el barco proporcione la capacidad necesaria para mantenerse en su posición. Esto puede realizarse por análisis estático o dinámico, en el análisis estático se considera únicamente las fuerzas que varían lentamente como consecuencia del viento las corrientes y las olas. Los datos que se requieren en tal análisis incluyen:

- Las características particulares de cada barco como son el desplazamiento, la eslora, la manga y el calado.
- Dirección del viento, las corrientes y el coeficiente de ola a partir de las cuales, las fuerzas y el momento pueden extraídas.
- Las condiciones ambientales en las que los barcos operan con Posicionamiento Dinámico. Parámetros importantes son el periodo de la ola y la descripción estadística de las olas las cuales vienen definidas por las formulaciones de espectro de una onda como por ejemplo los espectros de Bretschneider, el espectro de Pierson-Moskowitz o el espectro de La Joint North Sea Wave Project (JONSWAP).

Una norma fundamental dentro de los propulsores es que el que mantiene la propulsión principal, no debe superar el 80% del empuje máximo en el entorno de diseño para compensar las cargas estáticas, (API). El 20% que se deja de margen es para compensar las variaciones dinámicas. El análisis de las cargas estáticas debe ser

complementado con las cargas dinámicas, como hemos citado antes, donde la distribución de empuje, los propulsores dinámicos inherentes y la pérdida de propulsión dinámica prohibidos en sectores azimutales se toma todo en cuenta en los estudios de dichos análisis. **[MSC 94]**

En el seno de los sistemas de posicionamiento dinámico son imprescindibles:

### **3.4.1 SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN.**

La cuantificación de los sistemas de referencia en un buque depende de factores como el nivel de riesgo que genera la operación, la redundancia y de la disponibilidad o pérdida de uno o más de estos sistemas.

Los más utilizados son los sistemas DGPS, GLONASS, los TAUT WIRE, los hidroacústicos, los láser, SYLEDIS, los microondas, TRISPONDER y el ARTEMIS.

Al no existir un método visiblemente mejor o más fiable, la mejor opción será la combinación de varios tipos de sistemas. **[GFD 11] [DPS-DELFT 06] [MCS-NOR 13]**

#### **3.4.1.1 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS).**

Pretende englobar los sistemas de posicionamiento que ya tenemos a día de hoy como son el GPS, GLONASS y GALILEO (éste último aún en su fase de creación).

#### **3.4.1.2 GPS.**

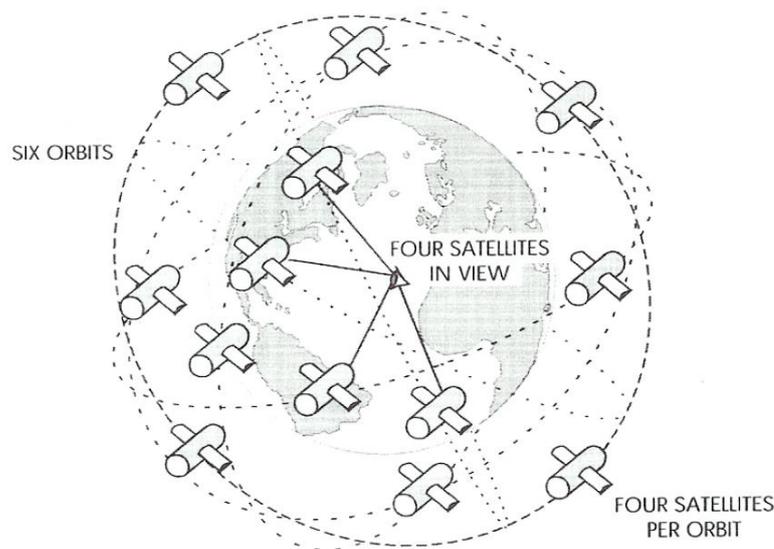
El sistema marino más común en la navegación a día de hoy es el Navstar GPS que es un sistema de navegación por satélite Estadounidense que es global.

Su antecesor fue el TRANSIT también desarrollado por los Estados Unidos. Fue creado en 1964 y abierto al mundo civil en 1977 como un recurso mundial para posicionarse en la Tierra.

Está formado por 27 satélites de los cuales 24 están funcionando y los 3 restantes son de reserva. Son del tipo NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging).

Los satélites NAVSTAR GPS transmiten dos portadoras correspondientes a las dos bandas L1 y L2, generadas a partir de un oscilador local que tiene una frecuencia fija de 10,23 Mhz y está estabilizado por un reloj de cesio. La banda L1 transmite en la frecuencia de 1575,42 Mhz y la L2 en la de 1227,6 Mhz.

Estas señales L1 y L2 llevan los mensajes de los satélites conteniendo información del movimiento y estado de los satélites, y contienen códigos PRN (Pseudo Random Noise), que es una sucesión de ceros y unos en orden aleatorio, y que sirve para identificar al satélite (cada uno posee su propio código conocido por el navegador del receptor), para permitir al receptor centrarse en la señal del satélite y también para permitir medir los retrasos producidos en la señal en su viaje del satélite al navegador del receptor.



GPS TUDelft

Del GPS no solo actúan los satélites, si no que también hay un segmento de control terrestre y el segmento del usuario. En el de control terrestre, se reciben los datos del satélite. Consta de 5 estaciones ( Isla de Ascensión, Hawai, Isla de Diego García, Kwajalein y Colorado), una estación de control y tres antenas a tierra.

El segmento de usuario consiste en los dispositivos que reciben las señales de los satélites y las utilizan según las peticiones del usuario.

El funcionamiento es de la siguiente forma, mediante la medición del tiempo del viaje de las señales que son transmitidas desde los satélites, un receptor GPS situado en tierra determina la distancia desde cada satélite. Y con la medición de la distancia desde 4 satélites diferentes y la formulación de un sinnúmero de fórmulas matemáticas, el receptor calcula la latitud, longitud, altitud, y posición en cualquier lugar de la tierra con una precisión inferior a 100 metros. Todo ello con una frecuencia superior a una vez por segundo, existiendo incluso receptores de alta precisión (normalmente de uso militar) que proporcionan una posición con un error no superior a un metro.

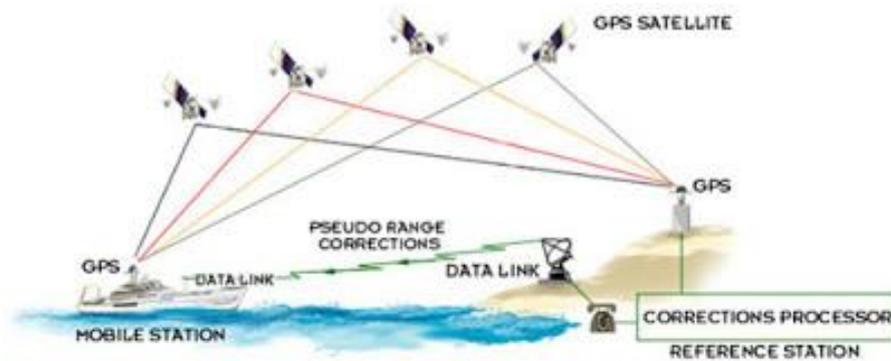
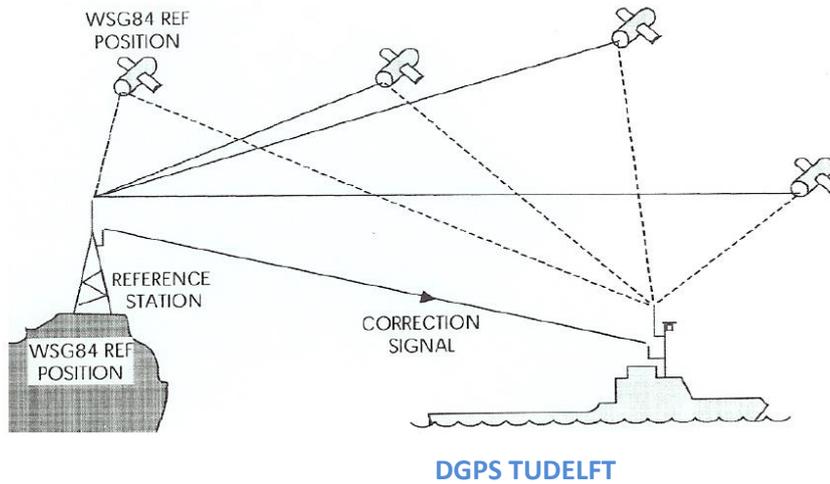
Aunque su exactitud dependerá del número de satélites que estén a nuestra “vista”, de su altura y azimut y del receptor que se esté utilizando.

Su mayor ventaja es que está a disposición de toda aquella persona con un dispositivo GPS siendo gratis la información que recibes y dando cobertura mundial.

***[DPS-DELFT 06] [DPS-NV 11] [MCS-NOR 13] [ALC 03]***

### 3.4.1.3 GPS DIFERENCIAL.

Se utiliza para áreas muy específicas. Su objetivo es mejorar las prestaciones del GPS dándole mayor precisión midiendo cambios infinitesimales en las variables para corregir las posiciones de los satélites.



<http://what-isthe.blogspot.com.es/2010/04/what-is-accuracy-of-dgps.html>

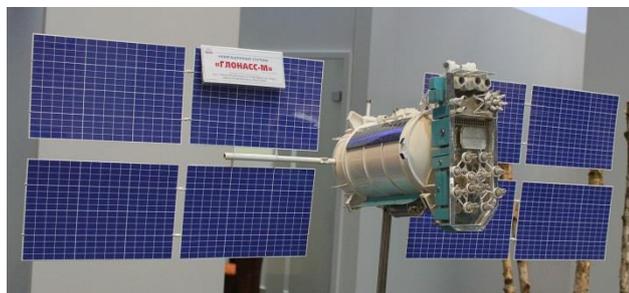
### 3.4.1.4 EL SISTEMA GLONASS.

De origen Ruso, surgió en 1960 para poder posicionarse en tierra, mar, aire y espacio como mejora del sistema Tsiklon.

Se puso en funcionamiento en 1976 pero el primer satélite no tocó el espacio hasta 1982 y no comenzó a operar hasta 1993.

Está formado por 24 satélites que como los EEUU tienen a 21 funcionando y 3 de reserva.

Su funcionamiento sigue los pasos del GPS en cuanto a la transmisión de datos y métodos de posicionamiento se refiere. Una diferencia es que su segmento de tierra se encuentra únicamente en Rusia.



Glonass-M small. CeBIT 2011 Samstag PD 110

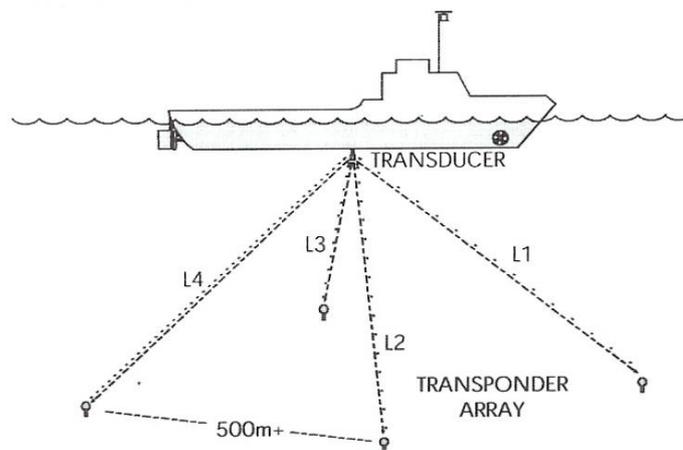
Y para posicionamiento sumamente más exactas, el Carrier Differential GPS (CDGPS). A día de hoy se siguen desarrollando nuevos sistemas para la navegación por satélite como por ejemplo el WAAS (sistema de aumentación de área ancha).

#### 3.4.1.5 SISTEMAS DE REFERENCIA HIDROACÚSTICOS.

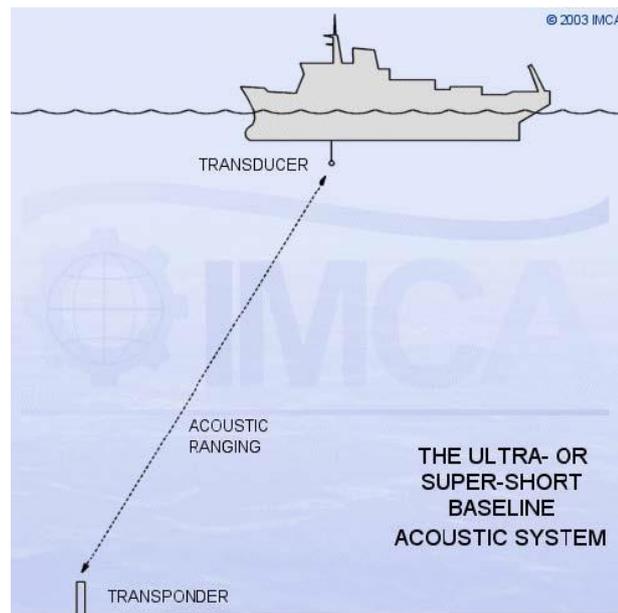
Mediante frecuencias acústicas que se localizan en el casco los cuales se les llama transductores. Usan Varios transpondedores situados en el fondo del mar.

Funciona de la siguiente manera: se emite una señal del transductor que recibe el tranpondedor situado en el fondo marino y emite una respuesta de vuelta al transductor. La exactitud del sistema depende de la profundidad del agua y de la distancia horizontal entre el transpondedor y el transductor. Midiendo el tiempo que tarda la señal en ser emitida y en ser recibida, se puede calcular la posición del buque respecto al transpondedor que se encuentra en el fondo marino.

Gracias a su gran fiabilidad para proporcionar una referencia precisa en el que guiarse el DP, es usado en la mayoría de las operaciones con Posicionamiento Dinámico.



Long baseline acoustic measurement system TUDelft



#### 3.4.1.6 TAUT WIRE.

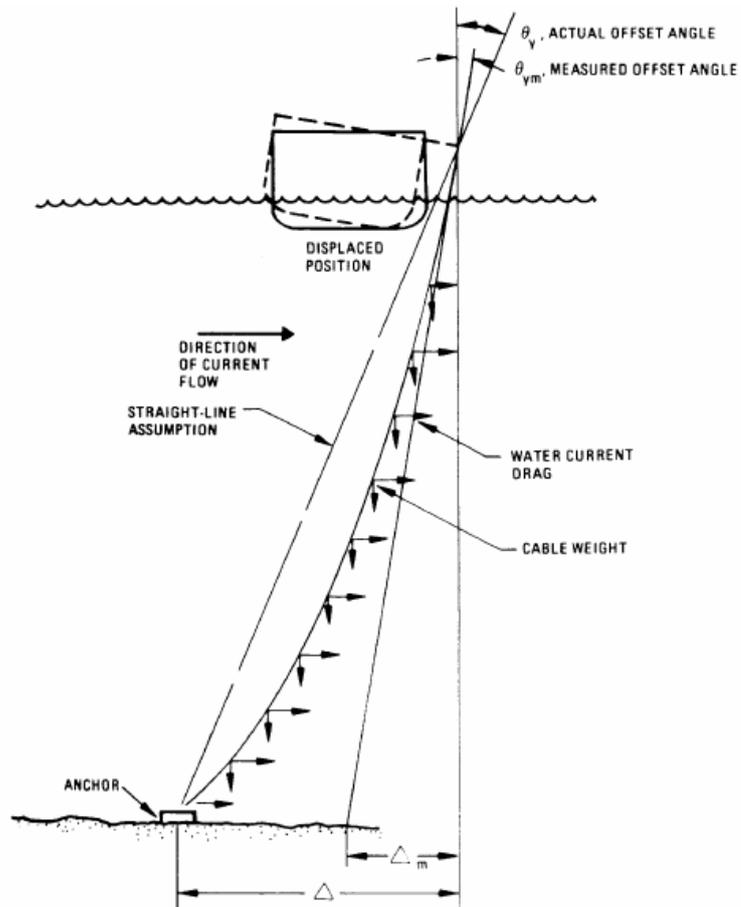
Mide la posición relativa de un barco en reposo. Consiste en una carga pesada localizada en el fondo del mar y conectada al barco por medio de un cabestrante con una cadena metálica de tensión constante. Se mide el ángulo en sus extremos y la longitud de la conexión. La posición relativa se obtiene solucionando 3 ecuaciones geométricas con 3 variables desconocidas.

Se emplea cuando el buque debe estar en un punto fijo durante largos periodos de tiempo y cuando la profundidad de las aguas es en torno a los 500 metros.

Existen buques con Taut Wire horizontales o de superficie basándose en los mismos principios de funcionamiento.

El ángulo que se mide está limitado a 20° como máximo.

**[DPS-DELFT 06] [MCS-NOR 13]**



Taut wire position measurement Delft University



Light Taut Wire

3.4.1.7 SYLEDIS.

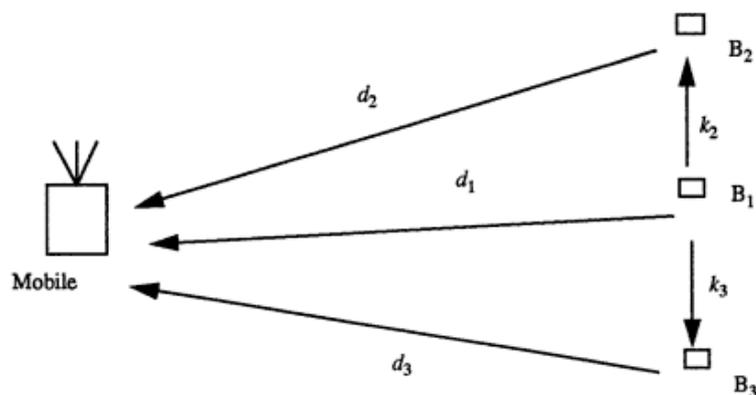
También es un sistema de posicionamiento que trabaja en la banda de UHF (Ultra High Frecency) desarrollado por Sercel que es una empresa francesa.

Está formado por dispositivos en tierra que determinan la posición en unas áreas.

Tiene una precisión elevadísima (1 metro) pero tan sólo en un rango de 100 Km y siempre que no se obstaculice la línea de visión.

Existen dos sistemas de Siledis, el modo range-range que se rige según una serie de radiotranspondedores (normalmente dos o tres) que intercambian señales con otro radio-transpondedor que se encuentra a bordo.

Midiendo los tiempos de emisión y respuesta, y las demoras es posible calcular la posición del buque, y el modo hiperbólico en el cual el buque recibe dos señales por parte de dos radio-transpondedores fijos que están sincronizadas con una baliza master. Estas dos señales definen una hipérbola sobre la que se encuentra el buque, y con tres hipérbolas trazadas el buque puede ser posicionado.



Syledis Passive mode

#### 3.4.1.8 MICROFLIX.

Otro sistema de posicionamiento y reconocimiento de corto alcance es el Microflix. Trabaja en las bandas microondas y su alcance es bastante limitado pues son 50 Km y también está limitado a 16 usuarios.

#### 3.4.1.9 TRISPONDER.

De características muy parecidas al Microflix pero abarca a la banda UHF (Ultra High Frecency).

Se basa igualmente en la medida de tiempos para determinar las distancias existentes entre el buque y hasta 8 puntos fijos en tierra. Es muy preciso y es el sistema utilizado por algunos cazaminas por ello.

#### 3.4.1.10 ARTEMIS.

Capaz de posicionar a un buque tomando demora y distancia al barco.

Fue desarrollado en Holanda por el laboratorio Christian Huygens y puesto en el mercado en el año 1989 con el modelo MK IV.

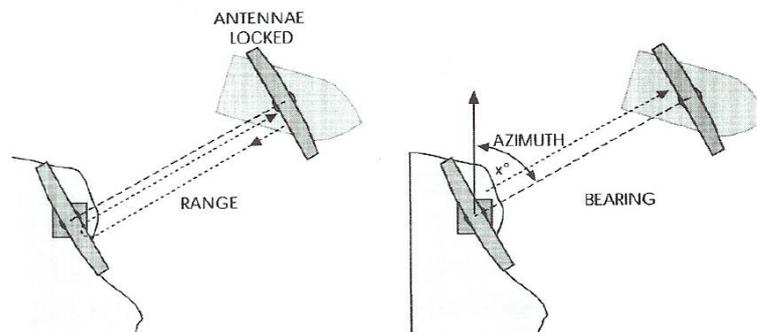
El sistema está formado por dos antenas que al alinearse, se transfieren datos mediante microondas (con una frecuencia de 9.2 Ghz) de distancia y demora.

Unas de las antenas se encuentra en una zona fija (en tierra), y la otra es móvil (se encuentra en el barco).

Su alcance es bastante pobre si lo comparamos con otros sistemas vistos anteriormente ya que su rango de cobertura son entre los 10 y los 30 Km, eso

sí, con una cobertura de  $360^\circ$  y teniendo una precisión impresionante ya que ésta es de 5 cm si la alineación de las antenas es menor a los 3 Km y de 15cm si las antenas se encuentran a 30 Km.

Obviamente, no es un sistema mundialmente utilizado ya que depende de la previa instalación de antenas por la costa y su posterior re calibración.



Artemis position determination TUDelft

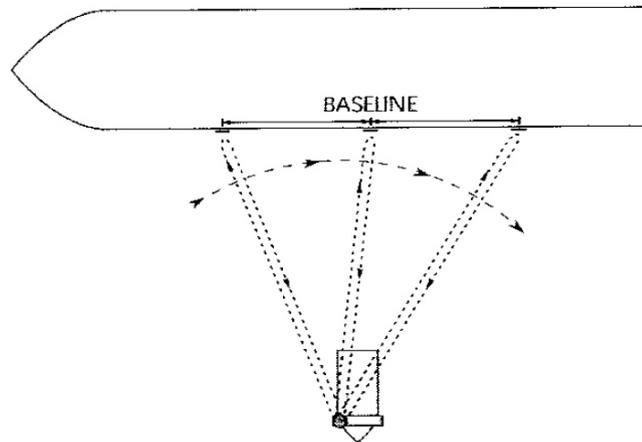
#### 3.4.1.11 SISTEMAS LÁSER.

##### a. Cy Scan.

Sistema laser de gran precisión pero de corto alcance para el posicionamiento y seguimiento.

Su alcance es de tan solo 250 metros con una precisión de 20 cm en la distancia y una precisión en el ángulo de demora de  $0.01^\circ$ . La distancia y la demora se calculan según las medidas del tiempo que emplea la emisión láser en su viaje del escáner a los reflectores y vuelta, y el tiempo de giro del mismo entre la emisión de un pulso y el siguiente.

Para poder tener más campo de visión, se instala arriba del puente (como las cámaras térmicas o visión nocturna que llevan incorporados los barcos)



Cyscan laser system TUDELFT

b. Fan Beam.

Es otro sistema de posicionamiento y seguimiento por láser. Al igual que el Cy Scan, es de corto alcance ya que su radio de acción es de entre 200 y 500 metros, aunque su máximo son 2 Km. Su precisión es de 20 cm con una precisión en el ángulo de la demora de  $0.02^\circ$ .

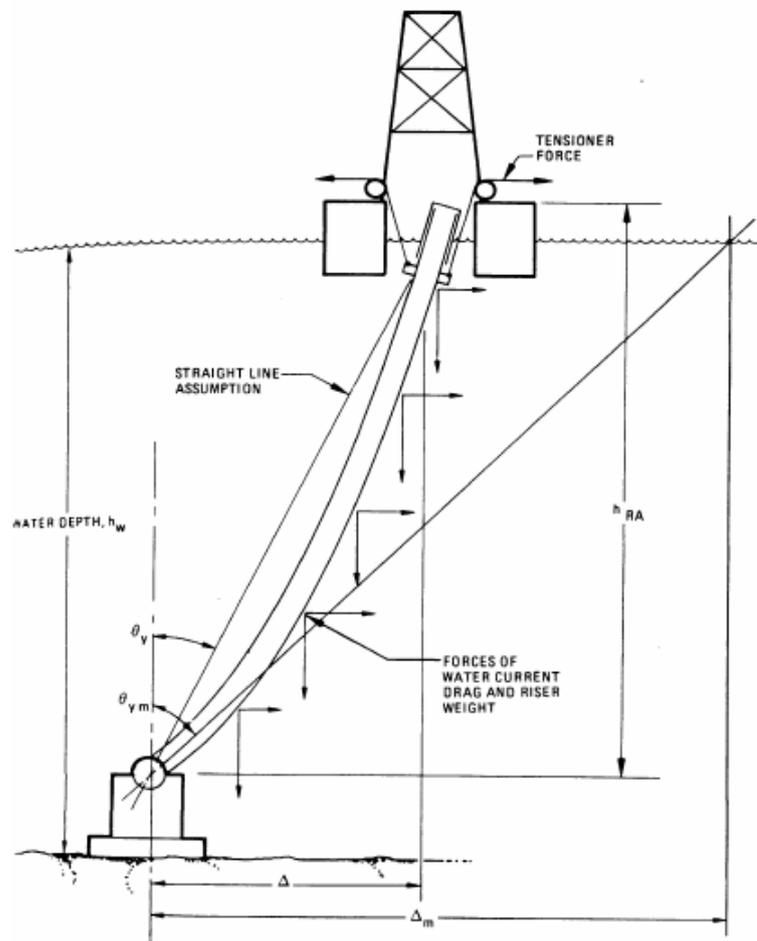


Direct Industries

3.4.1.12 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO MEDIDO POR ÁNGULO ELEVADO.

Utilizados en operaciones de perforación. No son de una precisión muy fiable y su funcionamiento es parecido a los Taut Wire aunque con diferentes propiedades dinámicas.

Su esquema así como sus debilidades se pueden ver en la siguiente fotografía de TUDelft:



### 3.4.2 LOS SENSORES.

En este apartado se habla de los principales sensores, sus características y lugares en los que se emplean. Aunque se conozcan como sensores, el término que deberíamos utilizar sería el de transductores, por tratarse de un concepto más amplio.

El análisis se centrará en los transductores con salida a modo de señal eléctrica ya que este término suele asociarse a los de este tipo, aunque también existen ejemplos en los que la salida no es una señal eléctrica, como es el caso de algunos termómetros.

Los transductores transforman una magnitud física entrante en una señal eléctrica codificada, ya sea analógica o digital. Suelen constar de las siguientes partes:

- Captador, o elemento sensor: convierte en variaciones eléctricas (conocidas como señal) las variaciones de las magnitudes físicas entrantes.
- Bloque de tratamiento de señal: no es indispensable. Su función es la de filtrar, amplificar, linealizar y modificar la señal obtenida por el primer elemento, sirviéndose para ello de circuitos electrónicos.
- Etapa de salida: formada por los amplificadores, interruptores, conversores de código, transmisores y el resto de elementos que adaptan la señal a las necesidades de la carga exterior.

A los transductores de tipo eléctrico o magnético se les puede clasificar desde diferentes puntos de vista:

- Según el tipo de señal de salida que generan, pueden ser:
  - Analógicos: dan como salida un valor de tensión en forma continua, dentro del campo de medida. Estas señales son valores normalizados de 0-10 V ó 4-20 mA.

- Digitales: la señal es en forma de pulsos o de una palabra digital codificada en binario, BCD u otro.
- Todo-nada: sólo indican cuando se supera un determinado umbral límite de la variable detectada.
- Según la magnitud física que deben detectar:  
se basan en los cambios de resistividad, electromagnetismo o inducción electromagnética, piezoelectricidad, efecto fotovoltaico y termoelectricidad. En la industria existe una gran variedad de este tipo de sensores. **[GFD 11] [MCS-NOR 13] [ALC 03]**

### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SENSORES

Debido a que es imposible encontrar un transductor real con comportamiento ideal, en el que la relación entre las magnitudes de entrada y salida sean proporcionales e instantáneas, se recurre a su comparación con transductores patrón y se definen unos parámetros que permiten conocer las desviaciones con respecto a ese modelo ideal.

Estos parámetros son:

- Parámetros estáticos: cuando las variables a medir por el sensor son permanentes o con lentos cambios. Son los siguientes:
  - Campo de medida: valores máximo y mínimo que puede detectar un sensor aceptando una tolerancia de error.
  - Resolución: capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada. Se mide por la mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir.

- Precisión: es la máxima desviación entre la salida real obtenida de un sensor en unas condiciones que se han generado y su propio valor teórico en esas condiciones.
- Repetibilidad: máxima desviación entre los valores obtenidos de un sensor medidos varias veces con las mismas condiciones y el mismo sensor.
- Linealidad: cuando existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de la señal de salida con los de entrada.
- Sensibilidad: un sensor será más sensible cuanto mayor sea la variación de la salida producida por una determinada variación de entrada.
- Ruido. el ruido es toda aquella perturbación aleatoria del sensor.
- Histéresis: cuando la salida depende de si la entrada se alcanzó con aumentos en sentido creciente o en sentido decreciente.
- Parámetros dinámicos: describen la actuación del sensor en régimen transitorio, dando una respuesta temporal ante determinados estímulos estándar, indicando las constantes de tiempo relevantes.
  - Velocidad de respuesta: la velocidad con la que la señal de salida actúa justo después de la señal de entrada.
  - Respuesta frecuencial: es la relación entre la sensibilidad que tiene un sensor y la frecuencia cuando la entrada es una excitación senoidal.
  - Estabilidad y derivas: nos indica la desviación de salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos al que se pretende medir (condiciones medioambientales...).

**[DPS-NV 11] [MCS-NOR 13] [TNI 99] [ALC 03]**

LOS PRINCIPALES SENSORES SON:

3.4.2.1 GIROCOMPASES Y/O COMPASES MAGNÉTICOS.

Dan información del rumbo que sigue el barco. El funcionamiento de este dispositivo se basa en su giro en torno a un punto fijo de la periferia de una masa, creando otro eje de rotación cuando se aplica otra fuerza en dicho eje de giro (conocido como “efecto de precisión”).

Para una correcta señalización, es necesaria información adicional sobre la latitud en la que se encuentra el girocompás, de manera que éste pueda ajustarse debidamente e indicar así el Norte verdadero, alineándose con él. A su vez, se hace menos efectivo cuanto menor sea la distancia a los polos.



3.4.2.2 VRU.

Se trata de una unidad de referencia vertical. Regula el cabeceo y balanceo del barco gracias a las medidas que obtiene del GPS, al sistema de referencia acústica... Para las operaciones de Posicionamiento Dinámico en aguas profundas la precisión de las señales de balanceo y cabeceo debe ser muy eficientes.

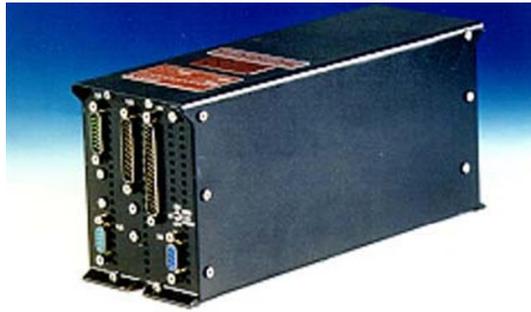
La unidad de referencia vertical instalada a bordo de un buque determina la diferencia entre la vertical local y el plano de referencia del mismo. Los datos obtenidos se utilizan más para el posicionamiento que para el propio mantenimiento del rumbo.

Los sistemas acústicos, así como el sistema TAUT WIRE, emplean los valores de compensación del cabeceo y del balanceo. Estos valores de compensación no se utilizan específicamente para el posicionamiento dinámico, pero si se tienen en cuenta, por ejemplo, para el aterrizaje o despegue de helicópteros en los buques.

La precisión de estas unidades VRU se encuentran en valores del 5% para la subida/bajada, con un rango de  $\pm 10$  metros, siendo la del cabeceo/balanceo de 0,1%, en un rango de  $\pm 30$  metros.

Los VRU utilizan diversos mecanismos de funcionamiento:

- Péndulo simple o nivel de líquido: fue el primero de todos en emplearse. Depende de la aceleración lateral.
- Péndulo complejo: son elementos generalmente simples, pero fiables. El inconveniente principal son sus grandes dimensiones.
- Unidades giroestabilizadas: no se profundiza en su descripción ya que raramente se encuentran en buques, siendo más comunes en aviación.
- Unidades de estado sólido: miden el ángulo de inclinación mediante giróscopos de cristal y acelerómetros de cintas.



#### 3.4.2.3 IMU.

Está formado por giróscopos y acelerómetros de 3 ejes y se utilizan para medir los aumentos en las aceleraciones de los cuerpos fijos, el balanceo, las velocidades angulares de giro, inclinación, guiñada y los ángulos de Euler correspondientes.

Se le puede integrar junto al GPS diferencial o al sistema de referencia hidroacústica para aumentar su precisión.

#### 3.4.2.4 SENSORES DE VIENTO O ANEMÓMETROS.

Miden la velocidad del viento así como su dirección relativa respecto al barco, proporcionando datos que permiten cambiar las demandas de los propulsores, optimizando el control de la posición del buque.

Para mayor efectividad, es usual instalar dos sensores por separado, para medir independientemente velocidad y dirección. El que mide la dirección, con una precisión del  $\pm 3\%$ , consta de un sincronizador dotado de un rotor y un estator, necesitando una fuente de alimentación. El que mide la velocidad del viento lo hace por medio de un molinillo helicoidal o de copas, el cual es capaz de registrar velocidades de entre 1m/seg hasta 60 m/seg, con una precisión de  $\pm 0,3$  m/seg.



#### 3.4.2.5 CORREDERA DOPPLER.

Es un sensor que mide la velocidad (tanto longitudinal como transversal) del buque respecto al fondo, utilizando el eco del sonido y el efecto Doppler.

Es insensible al efecto del cabeceo/balaneo, y tampoco le afectan la temperatura ni la salinidad del agua, debido a que es usado en bajas profundidades (hasta 600 metros). La velocidad longitudinal medida es efectiva entre -5 y 30 nudos, con una precisión mejor al 2%. No son muy utilizados en operaciones de DP.



3.4.2.6      **SENSORES DE CALADO.**

Se usan en barcos que operan en diferentes zonas con diferentes calados.

3.4.2.7      **SENSORES AMBIENTALES.**

Muy comunes en estaciones offshore altamente sofisticadas. son, sensores de olas y sensores de corriente. No son exigidos con obligatoriedad.



axystechnologies

### 3.4.3 LOS MODELOS OPERATIVOS.

El control de funcionabilidad del DP y del PM está estrechamente conectado a las olas que halla, a la guiñada, y al balanceo los cuales pueden ser entendidos como parte independiente a la configuración de la propulsión y pueden ser controlados por los siguientes modos de control siempre que haya suficiente capacidad de empuje como la que se ha demandado para la propulsión y además podrán ser utilizados en conjunto.

Así pues, podremos utilizar un control manual para el control de las olas el balanceo y las guiñadas, mientras el rumbo se controla automáticamente (semiautomático).

- Control manual: un operador del barco puede controlar la ola, el balanceo y la guiñada por medio de un joystick.
- Control de atenuación: cuyo objetivo es regular el barco en un eje específico hacia cero. Se utiliza en barcos de amarre para atenuar el movimiento oscilatorio relacionado con el periodo de resonancia del amarre del barco(del cual hablaremos más adelante).
- Control por Set-point: cuyo objetivo es el de mantenerse en el mismo eje de un específico set-point. Dentro del sistema DP, el control por set-point de 3 ejes es el más utilizado.
- Control de seguimiento: la referencia del seguimiento de la trayectoria del buque. Se computariza desde antigua a la nueva posición, ya sea del Set-point o del rumbo.

***[DPS-DELFT 06] [DPS-NV 11] [MCS-NOR 13] [TNI 99]***

#### 3.4.4 FUNCIONALIDAD Y MÓDULOS.

La funcionalidad del Posicionamiento Dinámico está basado, más o menos, en los mismos principios:

- Procesamiento de señal.

Las señales procedentes de los sensores externos tienen que ser analizadas y comprobadas en un módulo de procesamiento de señal separada. Las señales se comprobarán de forma individual (rango de señal y variación entre otros) y si se encuentra algún error, no será utilizada por el sistema de posición.

- Observer del buque.

La estimación y la comprobación son características importantes de un sistema de Posicionamiento Dinámico. Las medidas de la posición y de rumbo están distorsionadas por el viento, las olas y las corrientes oceánicas, sin embargo, sólo las perturbaciones que varían lentamente deberían ser contrarrestadas por el sistema de propulsión, mientras que el movimiento oscilatorio debido a las olas, no debe entrar en un bucle de realimentación.

El llamado modulación de frecuencia de la ola, producirá un desgaste en los sistemas de propulsión, en los que se utilizan observers llamados técnicas de onda filtrada, se separan las medidas de posición y rumbo en una baja frecuencia (LF) y en una frecuencia de onda (WF). El observer será de utilidad incluso cuando las medidas de posición y de rumbo no están disponibles. A ésta situación se la conoce como “dead reckoning” y es cuando las predicciones del observer empiezan a trabajar.

- Controladores lógicos.

Todo tipo de manipulación del estado interno del sistema, así como los modos de transición o los modelos de adaptación, están controlados por los controladores lógicos. Lo que hace es proporcionar transiciones suaves entre los diferentes modos de operación, alarmas y advertencias.

- Ley de control Feedback.

El feedback se produce gracias a la estimación de la posición LF (low frequency) y las desviaciones del rumbo.

- Sistema de guía y de referencia trayectorias.

En las *tracking operations* donde el barco se mueve de una posición a otra con un rumbo también diferente, se necesita un sistema de referencia para lograr una transición suave.

Un ejemplo muy básico sería el de que un operador desea estar en una nueva posición con un rumbo diferente al actual, entonces es cuando el modelo de referencia genera un camino para que siga el barco.

- Distribución de la propulsión.

El módulo de la distribución de la propulsión computa la fuerza y la dirección de cada propulsor. Los controladores de los propulsores de bajo nivel controlan el paso de la hélice, la velocidad, el par, y el poder satisfacer las demandas de empuje deseados. Éste módulo es también el principal link entre el sistema de posicionamiento y el sistema de control de la potencia (PMS). También, lo que hace este módulo es controlar el gasto de combustible y el desgaste de los propulsores.

- Modelo de adaptación.

En un modelo basado en la observación y control del diseño, el sistema de posicionamiento debe proporcionar automáticamente las correcciones necesarias del Barco tales como los cambios en el calado del barco, la zona de viento y las variaciones del estado de la mar. Esto se puede conseguir ya sea por técnicas de propagación de ganancia o de forma continua mediante el uso no lineal y formulaciones adaptativas. Además, otros controles adaptativos y métodos de estimación se pueden aplicar, como por ejemplo el procesamiento en línea.

**[MCS-NOR 13] [TNI 99]**

### 3.4.5 LOS SISTEMAS DE ASESORAMIENTO PARA DIAGNÓSTICOS.

Los sistemas de asesoramiento para el diagnóstico, el análisis y simulación de las futuras necesidades operativas sujetas a diversas condiciones ambientales y operacionales, se están haciendo cada vez más e importantes para una planificación operativa óptima.

Dichos sistemas están integrados en el sistema de posicionamiento y sus características principales son:

- Simulador del movimiento del barco DP (Posicionamiento dinámico) y PM.  
Dichos simuladores incluyen modelos matemáticos del medio ambiente y el movimiento del barco con los que el operador puede simular el comportamiento del sistema de posicionamiento, ya sea utilizando las condiciones ambientales prevalecientes o simular otras condiciones del medio ambiente.  
También se pueden simular unas condiciones adversas hipotéticas que podrían llegar a darse tales como la falta de energía eléctrica o la deriva entre otras.
- Análisis de las Consecuencias.  
Es una versión avanzada dentro del análisis de la viabilidad del posicionamiento del barco que verifica continuamente que el buque sea capaz de mantener la posición y el rumbo para diferentes escenarios de fallo durante las condiciones que se están dando.

***[DPS-NV 11] [MCS-NOR 13]***

### **3.5 MODELO MATEMÁTICO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO DINÁMICO.**

Los sistemas modernos de control de Posicionamiento Dinámico para los buques, usan controladores basados en modelos matemáticos. Éstos modelos matemáticos describen la hidrodinámica, el medio, las amortiguaciones y el control de fuerzas y momentos actuando sobre el barco. *[DPOF 12]*

#### **3.5.1 LAS ECUACIONES DINÁMICAS DEL MOVIMIENTO DE LOS BARCOS.**

Al estudio de las ecuaciones dinámicas de un sistema mecánico se le puede dividir en dos partes: las ecuaciones cinemáticas del movimiento y las ecuaciones cinéticas del movimiento:

##### **3.5.1.1 LAS ECUACIONES CINEMÁTICAS DEL MOVIMIENTO.**

Como se ha citado anteriormente, un barco en el agua tiene seis grados de libertad. Son dos las zonas que se consideran para describir el movimiento: Una zona de referencia inercial Earth-fixed y una zona de referencia relativa Body-fixed.

Para el Posicionamiento Dinámico, sólo se considera el movimiento en el plano horizontal. La  $\eta = [x \ y \ \psi]^T$  nos da la posición (x,y) y el rumbo  $\psi$  del barco en la zona de referencia inercial, la velocidad en la zona de referencia inercial vendrá descrita como  $V = [u \ v \ r]^T$ .

Por lo que las ecuaciones cinemáticas del movimiento en forma vectorial serán:

$$\dot{\eta} = J(\psi)v.$$

Y si la transformamos en una matriz obtendremos:

$$J(\psi) = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

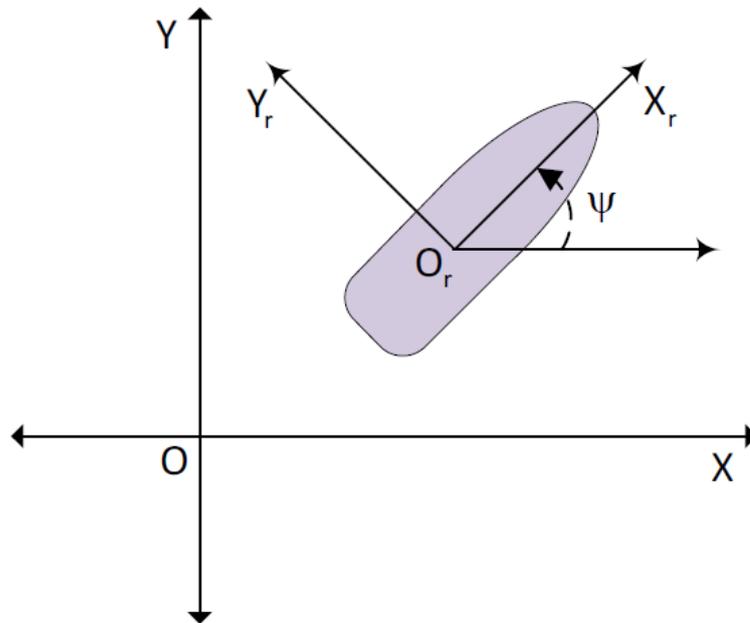
Para los buques convencionales, es una suposición adecuada decir que el cabeceo y los movimientos de balanceo son oscilatorios con una media de cero y una amplitud limitada. Esto también es debido a la estabilidad metacéntrica en la que existen momentos de restauración de dichas direcciones de cabeceo y balanceo. Por ello, solo la matriz de rotación de guiñada es la que se utiliza para describir la ecuación cinemática del movimiento.

### 3.5.1.2 LAS ECUACIONES CINÉTICAS DEL MOVIMIENTO. [DPOF 12]

Las ecuaciones del movimiento cinético no lineal se pueden formular gracias a la mecánica Lagrangiana y a la mecánica Newtoniana o mecánica vectorial cuya teoría, aunque es muy generalizable, la formulación básica de la misma se desarrolla en los sistemas de referencia inerciales donde las ecuaciones básicas de movimiento se reducen a las leyes de Newton.

Las ecuaciones del movimiento cinéticas no lineales en forma vectorial son:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{v}} &= -M^{-1}D\mathbf{v} + M^{-1}\boldsymbol{\tau} + M^{-1}J^T(\psi)\mathbf{b}, \\ \boldsymbol{\tau} &= B_u\mathbf{u}. \end{aligned}$$



Cuadrícula de referencia de un barco en estado fijo en una posición fija de la Tierra

De las ecuaciones anteriores, el vector:

$$\tau = [X, Y, N]^T \in \mathbb{R}^{3 \times 1}$$

Representa el control de las fuerzas y el momento actuando sobre el barco en un punto fijo dentro del cuadro de referencia todo esto proporcionado por el sistema de propulsión del barco. El vector  $\mathbf{u}$  describe el control de entradas y es el comando para los actuadores que se supone que tienen mucha más velocidad de respuesta dinámica que la que pueda tener el barco. El vector  $\mathbf{B}\mathbf{u}$  representa la asignación del comando del actuador a la fuerza generada por los actuadores.

Para sistemas de Posicionamiento Dinámico, la matriz de inercia es la siguiente:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m - X_{\dot{u}} & 0 & 0 \\ 0 & m - Y_{\dot{v}} & mx_G - Y_{\dot{r}} \\ 0 & mx_G - N_{\dot{v}} & I_z - N_{\dot{r}} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$$

Donde la  $m$  es la masa que tiene el barco,  $I_z$  es el momento de inercia sobre el barco fijo en el eje Z, y el  $x_G$  es la posición longitudinal del centro de gravedad del barco con relación al sistema relativo de referencia.

Las masas que se han de añadir debido a los movimientos de aceleración del cabeceo, balanceo y guiñada vienen definidos por:

$$X_u \triangleq \frac{\partial X}{\partial u}, \quad Y_v \triangleq \frac{\partial Y}{\partial v}, \quad N_r \triangleq \frac{\partial N}{\partial r}, \quad Y_r \triangleq \frac{\partial Y}{\partial r}, \quad N_v \triangleq \frac{\partial N}{\partial v}$$

Gracias a la simetría entre estribor y babor del barco, la masa añadida anteriormente del balanceo debido a las aceleraciones angulares en la guiñada, es igual a la masas añadidas de la guiñada debida a la aceleración del balanceo, es decir,  $Y_r = N_v$ . Por lo tanto, en aplicaciones de Posicionamiento Dinámico, asumiremos que la matriz  $M$  es simétrica y tendrá que ser estrictamente de valor positivo.

El movimiento del barco va a generar olas, lo que significa energía transmitida del barco a al agua y cuya energía está encuadrada en el término de amortiguación lineal cuya matriz  $D$  se la define como:

$$D = \begin{bmatrix} -X_u & 0 & 0 \\ 0 & -Y_v & -Y_r \\ 0 & -N_v & -N_r \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$$

En la mayoría de los casos en Posicionamiento Dinámico, dicha matriz la asumimos que es real, que no es simétrica y que es positiva. Esto no será siempre, ya que para bajas velocidades, asumiremos que  $N_v = Y_r$  y en éste caso diremos que dicha matriz es real, será simétrica y positiva.

**[DPOF 12]**

### **3.5.2 LAS PERTURBACIONES AMBIENTALES INCORPORADAS AL MODELO MATEMÁTICO EN LA DINÁMICA DE LOS BARCOS.**

Las fuerzas que actúan en un barco se las puede agrupar en dos grupos: los momentos y fuerzas internas las cuales están formuladas en funciones de aceleración, velocidad, propulsión y excitación del timón; y por otra parte los momentos y fuerzas externas que actúan sobre el barco y que podemos dividir en tres categorías:

#### **3.5.2.1 PERTURBACIONES ADITIVAS.**

Son las perturbaciones que actúan de forma aditiva al barco debido al fenómeno del viento, de las olas, de las corrientes marinas, etc.

#### **3.5.2.2 PERTURBACIONES MULTIPLICATIVAS.**

Un barco en la mar está sujeto a los parámetros variables en el tiempo como lo son las condiciones de la carga, la profundidad reinante, los cambios de velocidad, etc.

#### **3.5.2.3 PERTURBACIONES DE MEDIDA.**

Son las debidas al mal funcionamiento en los dispositivos de medida como lo puedan ser el GPS Diferencial y el giro-compás.

## **CAPÍTULO 4: BUQUES QUE UTILIZAN DP Y SUS OPERACIONES.**

En este apartado se hablará de los buques que utilizan el sistema de posicionamiento dinámico por la necesidad de las actividades llevadas a cabo en ellos.

El uso del posicionamiento dinámico en los buques está aumentando progresivamente, así como se va desarrollando las actividades del sector naval y su industria. *[DPS-DELFT 06] [IMO 94] [MSC 94]*

### **4.1 INDUSTRIA OFF-SHORE DEL GAS Y DEL PETRÓLEO.**

Esta industria es la que más desarrollo ha experimentado en cuanto al sistema DP para el desarrollo de sus actividades.

La actividad de los buques se localiza cada vez más lejos de la costa, en búsqueda de recursos marinos, necesitando su aproximación a aguas más profundas. Este hecho está provocando una creciente demanda de buques polivalentes de apoyo en alta mar (offshore).

Un ejemplo de un buque utilizado en esta industria es el siguiente:



**Main Particulars**

Length Overall	191.50m
Length b.p.	175.00m
Breadth	40.00m
Depth	13.20m
Draught	7.50m
Dead Weight	37,500 m <sup>3</sup>

**Propulsion**

- Diesel Electric propulsion
- Five (5) Diesel generators 4,500 kW each
- Four (4) Azimuth Propellers 3,350 kW each
- Two (2) Bow Thrusters
- Two (2) Retractable Thrusters

**Specific Equipment**

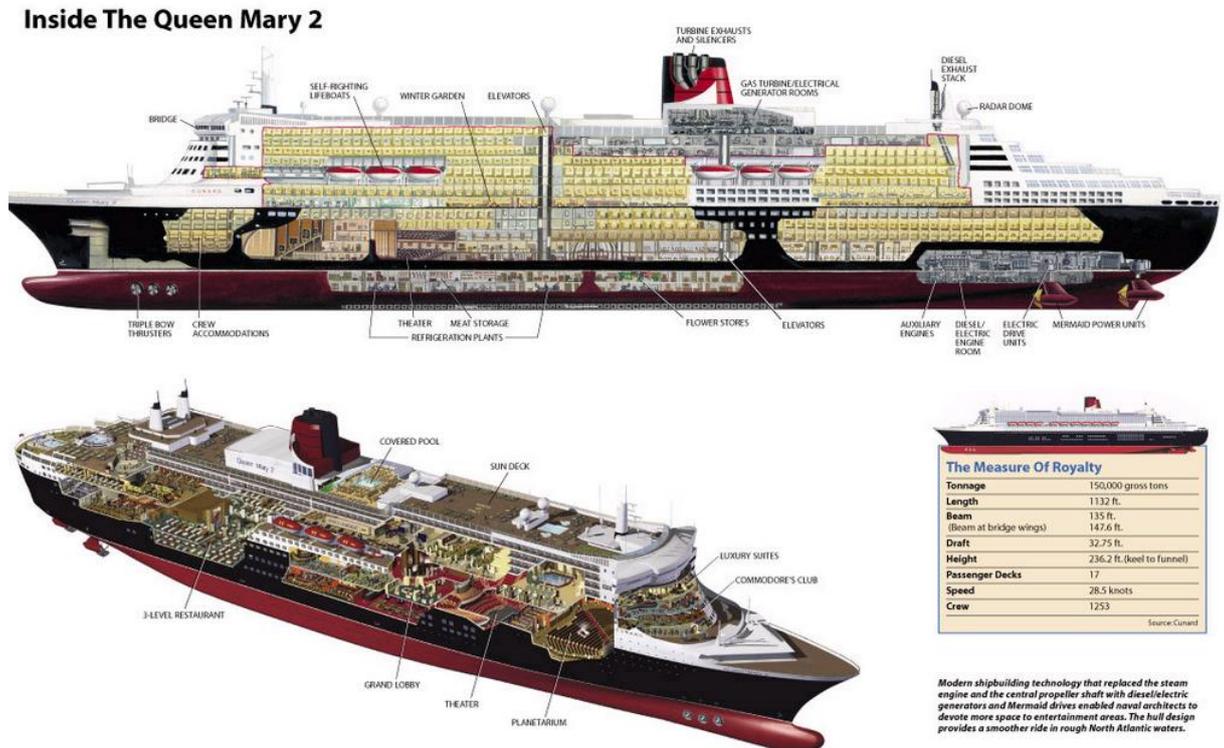
- Two (2) Stones storage units on main deck
- Two (2) Scavator cranes
- One (1) Fall Pipe Module
- Two (2) Conveyor belts
- One (1) Helicopter deck

<http://www.lanaval.es/es/productos/buques-offshore/33500-fallpipe-mining-vessels/>

## 4.2 CRUCEROS Y YATES.

Debido al incremento de esta actividad en los últimos años, también se está observando un avance en el uso del posicionamiento dinámico en estos tipos de buques. En estos casos el sistema DP se utiliza como medio de estacionamiento en zonas en las que el fondeo con anclas no está permitido, y también para las entradas y salidas de los puertos, incluso para el mero estacionamiento del barco en una determinada área.

Como ejemplo de buques de este tipo encontramos el conocido Queen Mary II, ya que es uno de los mejores y más avanzados ejemplos de crucero con posicionamiento dinámico para su mayor maniobrabilidad. Es capaz de realizar complicadas maniobras con un simple joystick desde el puente de mando.



### **4.3 PESCA.**

En la actualidad muchos buques se benefician de los avances tecnológicos en este campo para llevar a cabo una labor de captura más rentable y selectiva, así como la reducción del consumo y a su vez los costes de combustible. Esto lo consiguen gracias a los sofisticados sistemas de guiado y navegación, utilizando los equipos de posicionamiento dinámico.

### **4.4 BUQUES DE GUERRA.**

En este tipo de buques, por las herramientas que se utilizan y las operaciones que se llevan a cabo, la alta precisión es un aspecto primordial. Por ello, necesitan estar dotados de sistemas avanzados de posicionamiento, que garanticen una gran fiabilidad.

Estos sistemas se utilizan en operaciones tales como la aproximación a minas o su mera colocación así como la colocación de plataformas lanza-misiles.



Zumwalt Class

## 4.5 NAVEGACIÓN MERCANTE.

Además del uso del actual autopiloto, se comienza a incorporar el sistema de posicionamiento dinámico en los buques mercantes como una mejora más en su desarrollo. Esto significa que junto a los sistemas automáticos del control del rumbo se usan también métodos de guiado, tanto en altas como en bajas velocidades.

También se están desarrollando otros sistemas de atraque y desatraque automáticos, los de rutas con difícil acceso como pueda ser entrar en un canal.

Al igual que en los cruceros, el uso de DP evitaría los fondeaderos mejorando el medioambiente y disminuyendo el desgaste del ancla y todos sus elementos.



## 4.6 OCEANOGRÁFICOS.

Debido al tipo de actividad que realizan, tales como el estudio del fondo marino, se precisan rumbos y posiciones muy exactos. Es en esta tarea en la que el posicionamiento dinámico cumple un objetivo esencial.



## 4.7 BUCEO (ROV).

Los ROV (Remoted Operated Vehicle) permiten llevar a cabo gran cantidad de operaciones subacuáticas. Los ROV's, que cuentan con una rápida movilidad a la zona de trabajo, les hace idóneos para su uso en zonas de difícil accesibilidad a buceadores.

Sus principales operaciones son:

- Inspecciones y peritajes.
- Arqueología submarina.

- Filmaciones subacuáticas.
- Búsqueda y rescate.
- Investigación y oceanografía.
- Oil y Gas.



Ocean exploree NOAA.

## 4.8 OIL SPILL RECOVERY.

Recupera restos líquidos del agua y cerca de las costas, como respuesta a posibles derrames de petróleo en el medio marino.



[Damen.com](http://Damen.com)



<http://www.chouest.com/vessels.html>

## 4.9 PLATAFORMAS/ANCHOR-HANDLING.

Los Anchor Handling & Towing manipulan las anclas de las instalaciones flotantes en alta mar y/o realiza operaciones de remolque. Utilizan el DP para todas estas actividades ya que es necesaria una alta precisión que asegure unas óptimas condiciones de seguridad y eficacia.

Un ejemplo de buque es el siguiente:

### LOVE VIKING

#### MAIN CHARACTERISTICS:

Length o.a. ....	85,20 metres
Length b.p. ....	76,20 metres
Beam, moulded ....	22,00 metres
Depth to main deck ....	9,00 metres
Draft, design ....	6,00 metres
Deadweight at 7,60 m ....	4.500 tons
Accommodation ....	45 persons
Speed ....	17 knots
Bollard pull ....	210 tons
Endurance ....	9.000 miles

#### PROPULSION:

Main engines ....	MAK 2x6M32 + 2x8M32
Output ....	14.000 kW at 600 rpm
Main Propellers ....	2 x CPP
Forward retractile thruster ....	1 x 830 kW
Forward tunnel thruster ....	2 x 830 kW
Aft tunnel thrusters ....	2 x 830 kW

#### DECK MACHINERY:

Main Anchor/Towing winch ....	400 Tons at 18,7 m/min
Brake holding ....	525 Tons 1st layer
Secondary Winch ....	138 Tons at 28 m/min
Brake holding ....	62 Tons 1st layer
2 Deck Cranes (sliding) ....	6/12 Tons at 20/10 mts
2 Tugger winch ....	24 Tons at 22 m/min
2 Towing pins ....	300 Tons
2 Karm Forks ....	600 Tons
2 Capstans ....	14 Tons at 24 m/min

**TANK CAPACITIES:**

Fuel oil .....	1.000 m3
Fresh water .....	1.247 m3
Ballast .....	2.013 m3
Oil Recovery .....	1.989 m3
Rig chain locker .....	665 m3
Liquid mud .....	965 m3
Brine .....	628 m3
Special products .....	187 m3
Dry bulk .....	220 m3

**AUXILIARY GENERATING SETS:**

Diesel generating sets .....	2 x 720 ekW. 440 V. 60 Hz
Shaft generators .....	2 x 2.700 ekW. 440 V. 60 Hz
Emergency generator set .....	1 x 400 ekW. 440 V. 60 Hz

**DYNAMIC POSITIONING SYSTEM: DP 2**

**FIFI I+II**

**CLASS: DnV**

DnV, + 1A1, ICE-1A, TUG, SUPPLY VESSEL, OILREC, SF, E0, Fi Fi I+II, DYNPOS-AUTR, NAUT- OSV(A), CLEAN DESIGN, COMF-V(3), DEICE, T-MON, BIS, DK(+), HL(2.8), LFL\* STAND-BY

**NOFO 2005**



<http://www.zamakonayards.com/esp/blog/clasificacion-de-los-buques-de-apoyo-en-alta-mar-osv/>

## **4.10 SUPPLY.**

Este tipo de buque se utilizan para trasladar carga (cemento en polvo, lodo de perforación, combustible, productos químicos e incluso agua potable), material y suministros a las plataformas Off Shore así como para apoyarlas cuando fuese necesario. Entre estas labores de apoyo se pueden citar algunas como la contención de vertidos tóxicos, transporte de herramientas y personal y extinción de incendios.

Para llevar a cabo todas éstas tareas, este tipo de buques se diseñan con una cubierta de grandes dimensiones en la popa, debajo de la cual se encuentran un gran número de tanques.

Por todo esto, el sistema de DP es esencial en éstos buques para su estabilización durante la realización de éstas tareas, muchas de las cuales conllevan peligro tanto biológico como humano, así como para la optimización de los consumos de combustible.

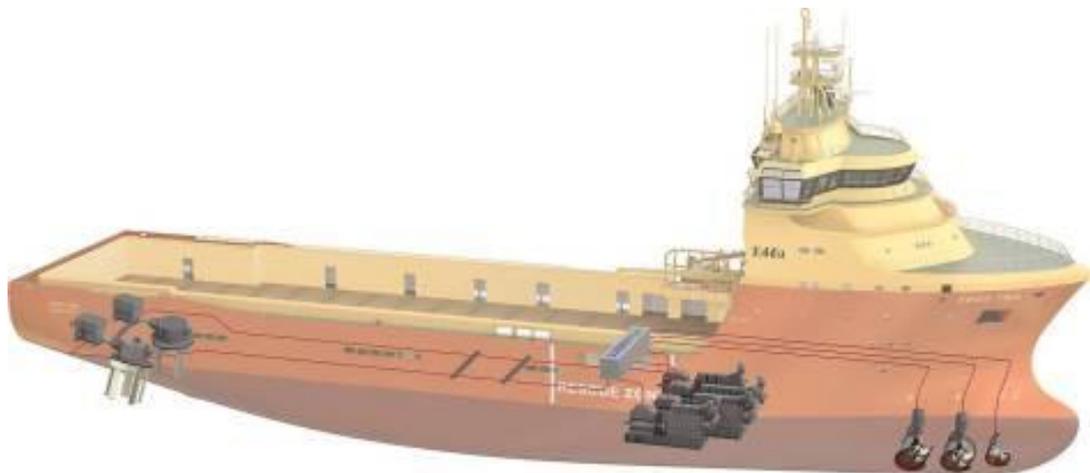
Buque Edda Ferd: Con 90 metros de eslora y 20,6 metros de manga, el buque dispone de una cubierta de más de 1.000 metros cuadrados, y aloja a 40 personas. El buque es propulsado a 16 nudos mediante dos propulsores cicloidales Voith Schneider de 2.700 kW cada uno, que obtienen su energía del conjunto generador formado por cuatro MAK, dos de 2.000 kW y otros dos de 3.000 kW cada uno. La potencia generada por estos motores se entrega al sistema de administración de energía Blue Drive C+, que optimiza el consumo de combustible en función de la potencia. Además el barco incorpora un generador de emergencia Caterpillar de 158 kW.

Los gases de exhaustación son tratados con un sistema catalítico selectivo, con la intención de reducir las emisiones de Nox.

Tres hélices en túnel a proa del buque, dos de 1.400 kW y una de 800 kW forman parte del sistema de posicionamiento dinámico DP2 del Edda Ferd. Para ayudar en los trabajos sobre cubierta el barco cuenta con dos grúas MacGregor, una con una capacidad de elevación de 1,5 toneladas a un alcance máximo de 8 metros, y otra de 3 toneladas de capacidad de elevación a un alcance máximo de 10 metros.

Debajo de la cubierta el buque alberga los tanques, que portan productos químicos, agua potable, agua de lastre, salmuera, aceite, metanol o cemento en polvo.

El barco utiliza dos bombas de 150 metros cúbicos por hora para la descarga de fuel, y otras seis de 100 metros cúbicos por hora para los tanques de salmuera, lodos o productos químicos. El agua de perforación y agua dulce se descargan mediante dos bombas de 250 metros cúbicos por hora, mientras que el para el metanol se utiliza una bomba de 75 metros cúbicos por hora.



<http://ostensjo.no/?fleet=eddaferd>

## 4.11 GRÚAS FLOTANTES.

Se utilizan para operaciones en el mar que no se podrían hacer de ninguna otra forma. Están diseñadas para poder mover de forma milimétrica enormes pesos.



Setec elevación "KAISHO"

## 4.12 DRAGADO.

Son buques utilizados para extraer cualquier material por debajo del agua. Serían como las excavadoras del océano siendo utilizadas para aumentar canales, puertos, embalses o dársenas.

Hay de diferentes tipos:

- La draga retroexcavadora.
- La draga de cuchara.
- La draga de pala.
- La draga de rosario.
- Dragas de succión.
- Dragas de pala.
- Dragas especiales.



Tecnología marítima.

### **4.13 PIPE-LAYING.**

Es un buque que se usa para la instalación de tuberías submarinas para el transporte de gas principalmente con las plataformas Offshore con las refinerías en tierra.



Pipelayer vessel. Maritime Conector

### **4.14 CABLEROS.**

Se usan en la colocación de cables en el fondo del mar para las telecomunicaciones, transmisión de electricidad y otros propósitos.

Son barcos de gran precisión siendo fundamental el sistema de Posicionamiento Dinámico.



Cablelayer. Maritime conector

#### **4.15 OTRAS OPERACIONES.**

- Recuperación de naufragios.
- Movimientos de rocas.
- Estimulación de pozos.
- Transvase de buque a buque de cargas.
- Actividades hidrográficas.
- Servicios Flotel (acomodación).

## **CAPÍTULO 5: REDUNDANCIA Y CLASES DE EQUIPOS PARA BUQUES CON DP.**

Antes de empezar a hablar de las clases de equipos de DP, es necesario tener nociones acerca de la redundancia y su implicación en la seguridad. De hecho es uno de los parámetros que entran en juego a la hora de clasificar los equipos.

La redundancia tiene como misión conseguir que el sistema funcione correctamente aunque se produzca la pérdida de uno de los elementos o de un subsistema pudiendo mantener un rumbo o una posición establecida.

Por todo esto, queda clara la necesidad de la redundancia. Ésta necesidad se manifiesta a modo de tres niveles diferentes a los cuales también se puede llamar equipamientos de clase. Estos tres niveles de equipamiento de clase se ordenan de un número mayor a uno menor marcando el mayor o menor nivel necesario de redundancia, respectivamente. Por lo tanto, uniendo todo esto al concepto de DP la clasificación final sería buques clase DP0, DP1, DP2 y DP3, los cuales desarrollaremos posteriormente.

Toda esta clasificación está especificada por la IMO Guidelines for Vessels With DP systems, las cuales, junto con algunas recomendaciones, son publicadas por la OMI (Organización Marítima Internacional) y aceptadas en esta industria con carácter mundial.

Como ya se ha descrito anteriormente, un equipo DP está formado por una serie de elementos que forman un sistema conjunto, el cual permite conseguir una posición fija y fiable del buque.

Las necesidades por las que este tipo de sistema se hace imprescindible, son agrupadas en tres tipos de equipos.

El tipo de equipo a instalar en el buque debe ser elegido en la fase de diseño según una serie de parámetros, para su dedicación a unas u otras tareas. Todo ello será precisado por un acuerdo entre el armador y el propio usuario del buque, previo estudio de las necesidades y riesgos a los que se verá expuesto el mismo, y las consecuencias que supondría la pérdida de posición en esas actividades.

Además de estos dos agentes ya mencionados, también entra en juego el papel de la Administración del Estado, la cual decide finalmente cual será el equipo a instalar, asignándole una clase o categoría. Todo ellos quedará registrado en el FSVAD (*Flag State Verification and Acceptance Document* o Documento de Verificación y Aceptación bajo Bandera). [**GDO 07**]

Los tipos de equipos se clasifican de la siguiente manera:

- Clase 0 (DP0)

Para esta clase, la redundancia no es necesaria. Por ello, cualquier fallo producido en cualquier parte del sistema de posicionamiento dinámico produciendo una pérdida de posición es aceptable. No obstante, solo podrá ser de esta clase los barcos cuya pérdida de posición no conlleve un peligro de vidas humanas o medioambientales. Ningún barco con piloto automático se puede considerar de Clase DP0.

- Clase 1 (DP1)

Los tipos de equipos que pertenecen a esta categoría se consideran bastante básicos debido a que el buque pierde la posición tras un fallo simple.

- Clase 2 (DP2)

En este tipo de equipos no se tienen en cuenta los componentes cuya protección ya puede estar demostrada, tales como los estáticos o pasivos (cables, tuberías y válvulas de accionamiento manual, entre muchos otros).

Debido a este hecho, la posición de buque no se pierde cuando el fallo se localiza en los componentes activos, que son los paneles de control, las hélices, válvulas de control remoto, generadores, etc.

- Clase 3 (DP3)

Además de cumplir todo lo descrito en los equipos de clase 2, en esta categoría también se presenta la posibilidad de fallos en componentes estáticos. Dentro de esta clase también entran en juego los fallos que se puedan producir debido a inundaciones, independientemente del compartimento en el cual tengan lugar, así como en casos de incendio.

Estas “Clases de equipo” quedan especificadas en la notación del buque. De esta manera es posible hablar de “buques de apoyo clase 2”. La asignación de una determinada clase a un buque significará que podrá realizar las funciones de esa clase en concreto y de las inferiores a ella.

Se podría llevar a cabo una clasificación más pormenorizada de los diferentes equipos de DP, en la que se describirían los elementos necesarios en cada tipo.

Se Muestra en el siguiente cuadro esquema:

		<u>DP0</u>	<u>DP1</u>	<u>DP2</u>	<u>DP3</u>
Requerimientos mínimos para las clases					
<b>Subsistema o componente</b>		<b>AUTS</b>	<b>AUT</b>	<b>AUTR</b>	<b>AUTRO</b>
Generadores		No redundancia	No redundancia	redundancia en el diseño técnico	Redundancia en el diseño técnico y en la separación física
Centralita		1	1	1 Con Bus-tie	2 con componentes separados
Bus-tie Breaker		0	0	1	2. Uno en cada MSB
Sistema de distribución		No redundancia	No redundancia	redundancia en el diseño técnico	Redundancia en el diseño técnico y en la separación física
Control de potencia		No	No	Si	Si
Propulsor		No redundancia	No redundancia	redundancia en el diseño técnico	Redundancia en el diseño técnico y en la separación física
Disposición de los propulsores		Si	Si	Si	Si
Niveles simples para cada propulsor en el centro de control de DP		1	1	2	2 mas una estación de control alternativa
Control: numero de sistemas por ordenador		No	Si	Si	Si
Control Manual con Joystick		1	2	3	2+1 estación de control alternativa
Sistema de posición de referencia		1	1	2	1
Sensores		Viento	1	2	2
		VRS	1	2	2
		Compassgyro	1	3	2
Suministrador ininterrumpido de energía (UPS)		0	1	2	2+1 En compartimento separado
Impresora		si	si	si	si

Siendo:

AUT la denotación de DNV (*Det Norske Veritas*) para un Sistema de DP similar a IMO Clase 1.

AUTR DNV (*Det Norske Veritas*) para un sistema similar a IMO Clase 2.

AUTRO DNV (*Det Norske Veritas*) para un sistema similar a IMO Clase 2.

**[DPS-NV 11] [DPS-DELFT 06] [DPS-NV 11] [TTE 06] [MSC 94] [GDO 07]**

## **CAPÍTULO 6: SEGURIDAD.**

Para garantizar el buen funcionamiento de un sistema de posicionamiento dinámico, los elementos de dicho sistema deben ser fiables en cuanto al mantenimiento de la posición o el rumbo dentro de unos límites y dentro de unas condiciones atmosféricas presentes. El diseño de los mismos jugará un papel fundamental en este aspecto.

**[DPS-NV 11]**

### **6.1 CAPACIDAD Y SIMULACIÓN.**

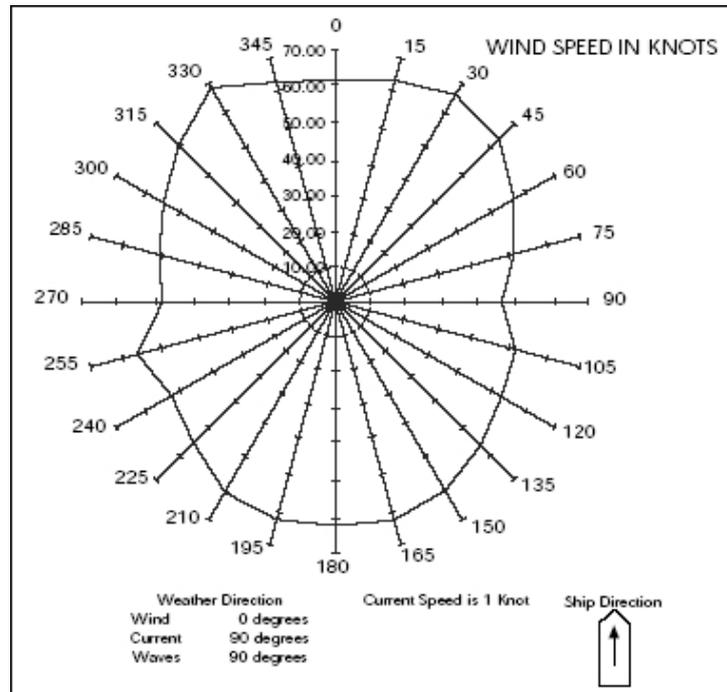
Resulta imprescindible asegurar que la propulsión y potencia instaladas en el buque sean capaces de responder a posibles necesidades que surjan posteriormente. Para ello, en la fase de diseño, se realizan análisis estáticos y dinámicos en los que los elementos significativos, tales como viento, corrientes y olas, vayan variando progresivamente. **[IG 09]**

En este análisis se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

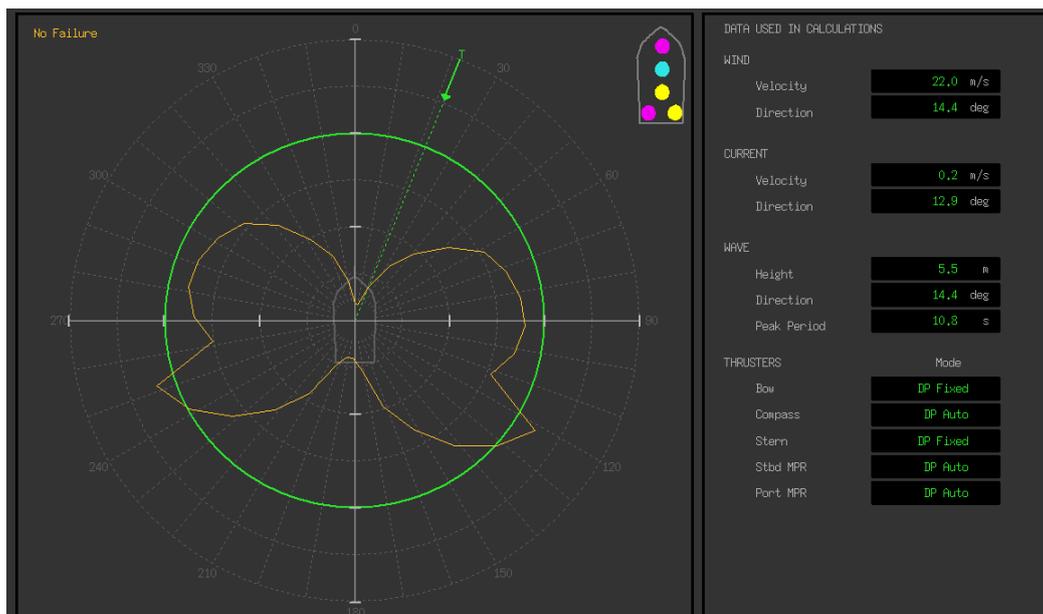
- Desplazamiento, eslora, manga y calado; aspectos que dependen únicamente del buque.
- Dirección y fuerza de viento.
- Coeficientes de la corriente y de las olas.

Una regla inquebrantable consiste en que el propulsor más cargado no puede superar el 80% del máximo empuje existente según el diseño, quedando el 20% restante destinado a compensar las variaciones dinámicas.

El análisis tendrá como resultado una representación gráfica, conocida como “Gráfico de capacidad”.



La siguiente curva se obtiene haciendo rotar los parámetros atmosféricos alrededor del buque con un ángulo de 360°.



Typical DP capability plot for a supply ship - DP consequence analysis

Se observa que en los sectores 120-133° y 240-250° la curva corta la circunferencia. Esto indica la ausencia de capacidad del sistema para mantener la posición/rumbo para las condiciones con las que se realiza el análisis.

Por ello todo esto resulta de gran utilidad para diseñar la planta propulsora, sus propulsores y potencia de los mismos, etc. *[DPS-DELFT 06] [DPS-NV 11]*

## **6.2 SUBSISTEMAS DE SEGURIDAD.**

Hablando de seguridad, el sistema de DP puede subdividirse a su vez en cuatro subsistemas diferentes, formados también por niveles menores:

- Subsistema 1:
  - Nivel 1: sistema de potencia.
  - Nivel 2: generación, distribución y transmisión de potencia.
  
- Subsistema 2:
  - Nivel 1: planta propulsora.
  - Nivel 2: hélice principal, hélices de proa y acimutales.
  
- Subsistema 3:
  - Nivel 1: sistema de control de la propulsión.
  - Nivel 2: ordenadores y consolas del operador.
  
- Subsistema 4:
  - Nivel 1: sensores.
  - Nivel 2: girocompás, sistemas referenciales de posición, anemómetros, etc.

*[MCS-NOR 13] [DPS-DELFT 06] [IG 09] [DPS-NV 11] [GDO 07]*

### **6.3 ANÁLISIS DE FALLOS.**

Tanto desde el punto de vista económico como del de ahorro de tiempo, los estudios previos durante de la fase de diseño resultan de gran importancia. Fallos que podrían solucionarse de manera rápida y sencilla durante esta primera fase, podrían más tarde resultar tremendamente complicados de resolver, así como derivar en un coste económico muy elevado.

Por todo esto durante esta primera etapa de diseño, debe ser pormenorizada la fiabilidad del sistema al completo, determinando la misma mediante diferentes métodos, los cuales permitan la detección de errores durante el diseño, minimizando los riesgos.

Entre estos sistemas de valoración de la fiabilidad destaca el FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) o Análisis de Tipo de Fallo y Efecto.

**[IG 09] [DPS-NV 11] [SFDP 00] [GDO 07]**

## **CAPÍTULO 7: NORMATIVA.**

La mayor parte de las normas y reglas relacionadas con el posicionamiento dinámico vienen recogidas en las siguientes publicaciones:

- *Classification of Dynamic Positioning Installations*, Bureau Veritas.
- *Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems*, MSC/Circ.645, IMO, 1994.
- *The training of DP operators, Merchant Shipping Notice, ("M" Notice) No. M.1292*, Department of Transport, 1987.
- *Certification of DP operators, Guidelines and Notes*, No.23, Norwegian Maritime Directorate.
- *Guidelines for the Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels*, IMCA, 1999.
- *Rules and Regulations for the Classification of Ships, Part 7, Chapter 4, Rules for the Construction and Classification of Dynamic Positioning Systems Installed in Ships*, Lloyd's Register of Shipping.
- *Rules and Regulations for the Classification of Mobile Offshore, Units, Part 6, Chapter 7, Dynamic Positioning Systems*, Det Norske Veritas.

**[DPS-NV 11]**

## **CAPÍTULO 8: PRINCIPALES PRODUCTORES DE SISTEMAS DP.**

En la actualidad existen numerosas empresas que fabrican y comercializan equipos DP; además como se ha comentado anteriormente, es un mercado en auge en el que cada día surgen nuevos competidores con sistemas cada vez más desarrollados tecnológicamente. *[DPS-DELFT 06]*

Numerosos fabricantes son productores y suministradores de estos sistemas de posicionamiento dinámico, entre los cuales destacan:

### **8.1 KONGSBERG-SIMRAD.** ([www.kongsberg-simrad.com](http://www.kongsberg-simrad.com))

Es sin lugar a dudas una de las mayores empresas en este mercado actualmente. Se trata de una corporación internacional con su sede principal localizada en Noruega, aunque realmente obtiene las tres cuartas partes de sus beneficios comercializando con otros países. Por ello, ha creado un gran número de sedes en otros 20 países, con más de 4200 empleados a su cargo.

Su actividad se centra y divide en dos grandes grupos de industria: la industria marítima y la militar y aeroespacial.

### 8.1.1 KONGSBERG MARITIME

Se divide a su vez en tres grupos:

- OFF-SHORE & SUBSEA, dedicados a actividades en el mar y bajo su superficie.
- MARINA MERCANTE.
- CRUCEROS Y PESCA, campo en el que destaca por sus avanzados equipos de posicionamiento dinámico automatizados, simuladores, sistemas hidroacústicos, sistemas de navegación, comunicaciones y manejo de información.

### 8.1.2 KONGSBERG DEFENCE & AEROSPACE

Se encarga de suministrar, tanto a Noruega como a otros países, de sistemas de defensa de alta tecnología. Como se ha dicho anteriormente, es el líder en la fabricación y venta de este sector, especialmente en lo que se refiere a misiles anti-buque, sistemas de control de armas y de comunicaciones militares.



## 8.2 **ABB.** ([www.abb.com](http://www.abb.com))

Se trata de la otra gran empresa del sector, y por lo tanto principal competidora de KONGSBERG SIMRAD. Además, ABB es capaz de fabricar por completo su propio sistema DPT (Controller System, Power System & Thruster System).

Su principal mercado se centra en tecnologías de energía y automatización, siendo operativo en cien países y empleando a un número aproximado de 120.000 personas. Todo ello les hace capaces de conseguir mejorar progresivamente sus tecnologías, y de esta forma también sus rendimientos, todo lo cual permite que reduzcan en gran medida el impacto ambiental de sus operaciones.

Este grupo se ha centrado en tres campos de trabajo:

- **Tecnologías de la Energía:** siendo la principal, cuenta con una gran variedad de productos, servicios y sistemas. Produce y distribuye gas, electricidad y aplicaciones del agua a sus clientes, que pueden ser tanto de carácter industrial como individual.
- **Tecnologías de la Automoción:** proporciona productos dedicados al control de operaciones, protección, servicios de control e integración, gracias a una amplia gama de servicios, procesos y productos industriales.
- **División de Petróleo, Gas y Petroquímica:** cuenta con un gran número de fabricaciones para explotaciones de petróleo y gas, tanto para tierra como para mar, así como el suministro a refinerías y plantas petroquímicas.



### 8.3 **NAUTRONIX.** ([www.nautronix.com](http://www.nautronix.com))

Otra empresa que juega un papel fundamental en el mercado actual. Su producción también se puede focalizar en dos campos:

- OFF-SHORE

En este tipo de industria la empresa de Nautronix es considerada como uno de los suministradores líderes de sistemas de comunicación subacuáticos y de tecnologías de posicionamiento.

Son productores del sistema Acoustic Digital Spread Spectrum (ADS2), o Espectro Acústico Digital: este tipo de sistema cuenta con una avanzada tecnología que permite la transmisión de mayor cantidad de datos. a mayor profundidad y con mayor precisión. Por ello, todas las actividades relacionadas con la exploración y la producción en cuanto a medios acústicos se refiere, dependen de este avanzado sistema.

Nautronix también es considerada como empresa experta en sistema de DP, telemetría acústica, sensores, sistemas integrados de control de buques, comunicaciones submarinas y tendido de cables de alta precisión.

- DEFENSA

Ésta empresa es considerada como una de las productoras líderes en el campo de la guerra submarina a nivel mundial, debido a su lucha continua en el avance en nuevas tecnologías y nuevas aplicaciones. Además en esta empresa la inversión en la formación de los trabajadores es un punto importante, lo que los otorga una gran competencia y calidad en los productos finales que comercializan.

En el año 2000, Nautronix se adhirió a MaxiPro, creando Nautronix-

MaxiPro. Esta nueva facción está localizada principalmente en Santa Bárbara (California) y se dedica a sistemas submarinos de rastreo mediante técnicas de test y evaluación ( T&E) y tecnologías asociadas a ellos, que incluyen sistemas de cableado, telemetría acústica, comunicaciones submarinas, sistemas de vigilancia, entre otros. Se considera al nuevo grupo como uno de los líderes en este sector, lo que les permite tener entre sus clientes de defensa a la US Navy, entre otros.



#### 8.4 **ALSTOM.** ([www.alstom.com](http://www.alstom.com))

Conocida como CEGELEC en el pasado, esta corporación se especializa en la producción de energía y en la fabricación de infraestructuras, ambas dedicadas al transporte marítimo y ferroviario.

Al igual que las anteriores, también divide su producción en diferentes campos:

- **POWER GENERATION (GENERACIÓN DE ENERGÍA)**

Como su propio nombre indica, este negocio se dedica a la generación de energía, así como de servicios y equipos destinados a la industria en general y a todos los niveles de especialización, desde componentes básicos hasta plantas completas y de mayor grado de complejidad.

- **POWER CONVERSION (TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA)**

Fabricante de gran variedad de motores, generadores y transmisores principalmente, proporciona soluciones a la electrónica de potencia y también a los sistemas de ingeniería eléctrica, integración de sistemas, diseño y sistemas de automoción.

- **RAIL TRANSPORT (TRANSPORTE FERROVIARIO)**

En este campo se lleva a cabo la producción de equipos y elementos destinados a varios tipos de usuarios, como puedan ser de tipo urbano, intercity, e incluso también a propietarios de infraestructuras.

- **SHIP BUILDING AND MARINE SYSTEMS (SISTEMAS MARINOS Y DE CONSTRUCCIÓN NAVAL)**

En este campo, Alstom destaca como uno de los principales constructores navales, principalmente de buques de guerra, de pasaje, de ferrys pudiendo ser estos de alta velocidad, gaseros LNG, petroleros y otros tipos de buques especializados.



## **8.5 AUTONAV.**

Se trata de una empresa pujante en el mercado, la cual ha realizado encargos de sistemas de DPT para grandes compañías como, por ejemplo, la Seacor Marine Houston.

## **8.6 SIEMENS, IMO y IHCS.**

Siemens como empresa productora se une frecuentemente con Nautronix para trabajar conjuntamente en la producción, por ejemplo, de sistemas para buques COSCO. Siemens, particularmente en su sede en Hamburgo, también se dedica a la fabricación de sus propios sistemas DPT.

IMO (Imtech Marine & offshore) y IHC Sistemas han desarrollado un sistema de DPT juntos. Aunque IMO mantiene el liderazgo en el mercado de defensa y de sistemas de IHC en el mercado de dragado.

## **CAPÍTULO 9: ENSEÑANZA Y CERTIFICACIÓN DE LOS OPERADORES DP.**

Siguiendo con el tema de los sistemas de posicionamiento dinámico, como ya se ha comentado anteriormente, se trata de una tecnología cada vez más avanzada tecnológicamente, lo que conlleva a que su uso signifique un cierto grado de complejidad. Por ello, para realizar una correcta y eficiente utilización de estos sistema, es necesaria la previa adquisición de una serie de conceptos y técnicas.

Las personas destinadas a este tipo de aprendizaje son los conocidos como Oficiales de las Marinas Mercantes, quienes reciben una formación de carácter especializado, a modo de cursos teórico-prácticos, llamados también simuladores. Además esta formación de carácter más teórico necesita ser cumplimentada por otra más práctica, que se lleva a cabo mediante periodos de práctica a bordo de buques en los cuales se utilicen sistemas DP. Esto permite a los alumnos de dichos cursos acabar con una completa formación, perfeccionando las nociones teóricas al poder aplicarlas directamente sobre el terreno en el que serán usadas.

El programa de aprendizaje no es alternativo, sino que se ciñe a unas pautas marcadas por el NMD (Norwegian Maritime Directorate o Departamento Noruego para la Marina Mercante) y por el NI (Nautical Institute, o Instituto Náutico de Londres), los cuales a su vez dependen finalmente del organismo de la OMI (Organización Marítima Internacional).

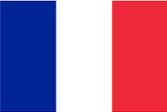
Los títulos de Formación finalmente con expedidos por el NI al final del periodo de formación del operador. Este título acredita al alumno como operador, y garantiza sobre su conocimiento de la técnica y manejo de dichos sistemas DP.

## 9.1 CENTROS DE ENSEÑANZA DEL POSICIONAMIENTO DINÁMICO.

	<p><u>CENTRO Y PERSONA DE CONTACTO:</u></p>	<p><u>CÓMO CONTACTAR:</u></p>
<p><b>1 RUSIA</b></p> 	<p>Admiral Makarov State Maritime Academy Makarov Training Centre Sergey Aysinov</p>	<p>15a Kosaya Liniya, Saint Petersburg, 199106, Russia 5 Zanevsky Prosp, Saint Petersburg, 195196, Russia T: +7 812 444 0004 F: +7 812 444 5934 E: info@mtc.spb.su; v.kuzmin@gma.ru W: www.makarov.spb.ru www.gma.ru</p>
<p><b>2 CROACIA</b></p> 	<p>Apave Mare Training Centre Previous name: Adriamare Capt G Baraka</p>	<p>Kopilica 62. 21000 - Split – Croatia T: +385 21 485 724 / +385 21 485 726 F: +385 21 485 730 E: info@apavemare.com W: www.adriamare.net Milutina Baraca 19 – 5100 Rijeka – Croatia T: +385 51 684 437 F: +38/5 51 684 436 E: info@apavemare.com W: www.adriamare.net</p>
<p><b>3 EGIPTO</b></p> 	<p>Arab Academy for Science, Technology and Maritime Transport (AAST) / GE General Electric Capt. Ahmad Abdel Maksoud</p>	<p>Arab Academy for Science, Technology and Maritime Transport Integrated Simulators Complex Building (AAST-GE DP TRAINING CENTRE) Egypt Abo Qeer P.O. Box: 1029 ALEXANDRIA EGYPT T: + +2 01001636281 / + 2035622466 ext.: 1242 F: +203 5628801 E: dp@aast-ge.org; dp@aast.edu (for registration – Ms Mai Nasrallah) W: www.aast-ge.org</p>

<p><b>4 NORUEGA</b></p> 	<p>Ålesund University College Terje Fiskerstrand</p>	<p>Larsgårdsvegen 2, N-6025 Ålesund, Norway T: +47 70 16 12 00 F: +47 70 16 13 00 E: terje.fiskerstrand@hials.no W: www.hials.no</p>
<p><b>5 AUSTRALIA</b></p> 	<p>AMC DP Unit- Perth Cathy Wilson</p>	<p>PO box 169, Northbridge, Perth WA 6003 Australia T: +61 3 6324 9850 F: +61 3 6326 3790 E: dpu@amc.edu.au W: www.amcsearch.com.au</p>
<p><b>6 UK</b></p> 	<p>ASET Fraser Tunstall</p>	<p>Aberdeen College, Gallowgate, Aberdeen, AB25 1BN, UK T: +44 1224 612157 F: +44 1224 859640 E: aset-enquiry@abcol.ac.uk W: www.aset.co.uk</p>
<p><b>7 UCRANIA</b></p> 	<p>Bibby Ship Management (Eastern Europe) Aleksy Ershov</p>	<p>42A Marshala Biryuzova Street, Sevastopol, Ukraine T: +38 0692 540909 / 403 F: +38 0692 543852 E: dpdesk@ee.bibbyshipmanagement.com W: www.ee.bibbyshipmanagement.co</p>
<p><b>8 BRASIL</b></p> 	<p>Bram Offshore Training Centre Mario Medina</p>	<p>Rua S-5 S/N, Lotes 25A Quadra Z, Novo Cavaleiros MACAÉ (RJ) – Brazil 27933-375 T: +55 (22) 2105-0488 Ext.: 54088 +55 (22) 9961 5394 E: Mario.medina@chouest.com/ Adriana.maraga@chouest.com W: www.bramoffshore.com.br</p>
<p><b>9 CANADA</b></p> 	<p>British Columbia Institute of Technology (BCIT) Capt. Louis D’Mello</p>	<p>Marine Campus, 265 West Esplanade North Vancouver – British Columbia – Canada – V7M 1A5 T: +1 604 453 4111 F: +1 604 9852862 E: Louis_D’Mello@bcit.ca W: www.bcit.ca</p>

<p><b>10 CANADA</b></p> 	<p>CentreForMarineSimulation, Marine Institute, St. John's Glenn Fiander</p>	<p>PO Box 4920, St. John's, Newfoundland, Canada, A1C 5R3 P: +1709 778 0539 &amp; +1709 778 0453 F: +1 709 778 0664 E: Glenn.Fiander@mi.mun.ca W: www.mi.mun.ca/cms/</p>
<p><b>11 BRASIL</b></p> 	<p>Centro de Simulação Aquaviária – CSA – Brazil Mario Calixto</p>	<p>Fundação Homem do Mar – Av. Presidente Vargas, 309 – 14º th floor – Centro – Rio de Janeiro – RJ – Zip Code: 20040-010 T: +55 21 31257600 F: +55 21 31257657 E: secretaria@fhm.org.br W: www.csaq.org.br</p>
<p><b>12 SUECIA</b></p> 	<p>Chalmers University of Technology Ab Christopher Anderberg</p>	<p>CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Department of Shipping and Marine Technology Division of Maritime Operations SE-412 96 Gothenburg, Sweden T: +46 31 772 1000 F: +46 31 772 5944 E: christopher.anderberg@chalmers.se W: http://www.chalmers.se</p>
<p><b>13 GRECIA</b></p> 	<p>Cosmos Nautical Training Centre Captain Panagis Tzortzatos</p>	<p>Cosmos Nautical Training Centre 126 Kolokotroni Str 3rd &amp; 5th Floors 185 35 Piraeus, Greece T: +30 210 45.11.114 F: +30 210 45.11.131 E: administration@cosmostraining.gr W: http://www.cosmostraining.gr</p>
<p><b>14 EEUU</b></p> 	<p>ECO Training Centre L.L.C Formally known as Galliano Training Centre LLC Dane Foster</p>	<p>16201 East Main Street, Cut Off LA 70345-3804, USA T: +1 985 601 4444 F: +1 985 632 1756 E: dane.foster@chouest.com W: www.chouest.com</p>

<p><b>15 SINGAPUR</b></p> 	<p>EMAS Academy Kenneth Hanks</p>	<p>EMAS Academy, Ezra Holdings PTE LTD, 20 Ubi Crescent 01 – 02, Singapore, 408565 T: +65 6349 8535 E: emas.academy@emas.com W: <a href="http://www.emas.com/">http://www.emas.com/</a></p>
<p><b>16 FILIPINAS</b></p> 	<p>Excellence and Competency Training Center Inc Soliman V Dilag</p>	<p>Exact building, 891 Galicia St. cor. Espana, Sampaloc, Manila - Philippines T: +63 2 732 4452 / 516-3574/516-3575 E: exact@pltdsl.net W: <a href="http://www.exact-center.com">www.exact-center.com</a></p>
<p><b>17 FRANCIA</b></p> 	<p>Ecole Nationale de la Marine. Marchande de Marseille Thierry Leprovost</p>	<p>39 avenue du Corail, 13 285 Marseille, Cédex 08, France T: +33 4 91 76 82 82 F: +33 4 91 73 88 64 E: thierry.leprovost@supmaritime.fr W: <a href="http://www.supmaritime.fr">www.supmaritime.fr</a></p>
<p><b>18 AUSTRALIA</b></p> 	<p>Farstad Shipping Offshore Simulator Centre Capt. J. P. Knight</p>	<p>86 Discovery Drive Bibra Lake - WA 6163 Australia T: + 61 08 9494 5600 F: + 61 08 9494 5699 E: jeff.knight@farstadsimulation.com W: <a href="http://www.farstadsimulation.com">www.farstadsimulation.com</a></p>
<p><b>19 EEUU</b></p> 	<p>Energy Power Conversion Technical Training Center</p>	<p>3993 W Sam Houston Pkwy N Ste 300 Houston Texas 77043 USA T: +1 713 895 0068 F: +1 713 895 0072 E: David.Johnson@ge.com W:<a href="http://www.convertteam.com">http://www.convertteam.com</a></p>
<p><b>20 EEUU</b></p> 	<p>Houston Marine International Training Center Greg Szczurek</p>	<p>Houston Marine Training Center. 2506 Williams Boulevard Kenner, LA 70062 USA Phone: 1-800-947-7737 &amp; 1-504-468-4447 Fax: 504-468-4476 E: marsales@houstonmarine.com W: <a href="http://www.houstonmarine.com">www.houstonmarine.com</a></p>

<p><b>21 FILIPINAS</b></p> 	<p>International Maritime &amp; Offshore Safety Training Institute (IMOSTI) Tristan Diaz</p>	<p>1104 11th Floor Victoria Building, United Nations Avenue, Ermita 1000, Manila - Philippines T: +63 2 302 3168 F: +63 2 524 7983 E: tristan.diaz@imosti.com W: www.imosti.com</p>
<p><b>22 ITALIA</b></p> 	<p>Italian Maritime Academy Technologies Rosario Trapanese</p>	<p>Viale degli Oleandri n.1 – Castelvolturno Caserta, Italy T: +39 081 5099303 F: +39 081 5099487 E: ima2006@libero.it W: www.itma.it</p>
<p><b>23 SUECIA</b></p> 	<p>Kalmar Maritime Academy, Sweden Bengt Karlsson</p>	<p>S-391 82 Kalmar, Sweden T: +46 480 49 76 23 F: +46 480 49 76 50 E: bengt.karlsson@lnu.se ; raoul.johansson@lnu.se W: <a href="http://lnu.se/schools/kalmar-maritime-academy?l=en">http://lnu.se/schools/kalmar-maritime-academy?l=en</a></p>
<p><b>24 EEUU</b></p> 	<p>Kongsberg Maritime Training Centre, Houston Bryan Hoyem</p>	<p>5373 W Sam Houston Parkway N, Suite 200, Houston TX 77041 T: +1 713 329 5580 F: +1 713 329 5581 E: km.training.houston@km.kongsberg.com W: www.kongsberg.com</p>
<p><b>25 NORUEGA</b></p> 	<p>Kongsberg Maritime Training Centre. Anne Toril Kasin</p>	<p>P. O. Box 483, 3601 Kongsberg, Norway T: +47 32 28 50 00 F: +47 32 28 58 65 E: km.training@kongsberg.com W: www.kongsberg.com</p>
<p><b>26 SINGAPUR</b></p> 	<p>Kongsberg Maritime Training Centre. Singapur Anne Toril Kasin</p>	<p>81 Toh Guan Road East. #04-01 Secom Centre. Singapore 608606 T: +65 6411 6400 F: + 65 6411 6401 E: km.training@kongsberg.com W: www.kongsberg.com</p>

<p><b>27 ESCOCIA</b></p> 	<p>Kongsberg Maritime Training and Marine Simulation Centre Aberdeen Kerry Johnston</p>	<p>15 Abercrombie Court, Prospect Road, Arnhill Business Park, Westhill, Aberdeen AB32 6FE T: +44 1224 278400 &amp; +44 1224 278402 F: E: km.training.aberdeen@kongsberg.com W: www.kongsberg.com</p>
<p><b>28 BRASIL</b></p> 	<p>Kongsberg Maritime Training do Brasil Tom Willy Wilhelmsen</p>	<p>Rua Teófilo Otoni, 44, Centro - Rio de Janeiro, RJ - Brasil , CEP: 20090 – 070 T: +55 21 3178 0247 E: km.training.brazil@kongsberg.com W: www.kongsberg.com</p>
<p><b>29 CHINA</b></p> 	<p>Kongsberg Maritime Training Centre. Shangai. Wu Ping An</p>	<p>Kongsberg Maritime China (Shanghai) LTD No.6 Building, 401 Chuanqiao Road , Jinqiao Export and Processing Zone - Pudong District, Shanghai, 201206, China T: +86 21 31279222 F: +86 21 31279555 E: ping.an.wu@kongsberg.com W: www.kongsberg.com</p>
<p><b>30 DUBAI</b></p> 	<p>Kongsberg Maritime Training Centre. UAE David Wilson</p>	<p>P. O. Box 361023, Dubai , UAE T: +971 (4) 8991800 F: +971 (4) 8991801 E: km.training@kongsberg.com W: www.kongsberg.com Kongsberg Maritime Middle East DMCCO Dubai Investment Park Falcon House, Dubai, UAE Tel: +971 (4) 8991800 Fax: +971 (4) 8991801 W: km.training.dubai@kongsberg.com</p>
<p><b>31 BRASIL</b></p> 	<p>L3 Communications DP &amp; Control Systems (Brazil) Lucas Correa</p>	<p>Av. Joao Cabral de Mello Neto, No. 400 - sala 601 - Barra da Tijuca, 22775-057 - Rio de Janeiro – RJ T: +55 21 3489-3315 E: lucas.correa@l-3com.com</p>

<p><b>32 EEUU</b></p> 	<p>L-3 communications, Dynamic Positioning &amp; Control Systems Houston Training Center Sherry McCard</p>	<p>Bondeson Tech Center, 6610 West Sam Houston Parkway North, Suite 300, Houston, TX 77041, USA T: +1 (713) 880 2866 F: +1 (713) 880 2734 E: Sherry.McCard@L-3com.com W:<a href="http://www.l-3mps.com/dpcs/training.asp">http://www.l-3mps.com/dpcs/training.asp</a></p>
<p><b>33 SINGAPUR</b></p> 	<p>L-3 communications, Dynamic Positioning &amp; Control Systems Singapore Training Center Paul Kendall</p>	<p>1 Science Park Road, The Capricorn, 01 – 01/04, Singapore 117528 T: +65 6333 8119 F: +65 6333 8114 E: noel.leong@L-3.com.com W:<a href="http://www.l-3mps.com/dpcs/training.asp">http://www.l-3mps.com/dpcs/training.asp</a></p>
<p><b>34 UCRANIA</b></p> 	<p>Lerus Training Centre Ruslan Gromovenko</p>	<p>Office 41, # 23 Chernomorskogo Kazachestva Odessa, 65003 Ukraine T: +38 (048) 955 88 55 F: +38 (048) 734 24 87 E: <a href="mailto:training@lerus-online.com">training@lerus-online.com</a> W: <a href="http://www.lerus-training.com">www.lerus-training.com</a></p>
<p><b>35 UK</b></p> 	<p>Lowestoft College Lesley Scrivener</p>	<p>Lowestoft College, St. Peter's Street, Lowestoft, NR32 2NB, UK T: +44 1502-525025 F: +44 1502-500031 E: <a href="mailto:maritime@lowestoft.ac.uk">maritime@lowestoft.ac.uk</a> W: <a href="http://www.lowestoft.ac.uk/maritime.asp">www.lowestoft.ac.uk/maritime.asp</a></p>
<p><b>36 DUBAI</b></p> 	<p>Maersk Karsten Haegg</p>	<p>Dubai Investments Park 598-1121 PO Box 1788 – Dubai - U.A.E T: + 971 4 8121333 F: + 971 4 8121300 E: <a href="mailto:kha054@maersktraining.com">kha054@maersktraining.com</a></p>

<p><b>37 BRASIL</b></p> 	<p>Maersk Training Brazil Keila Torres</p>	<p>Av. Das Americas, 3301 bloco 3 sala 302 Barra da Tijuca Rio de Janeiro - CEP 22631-003 Brazil T: +55 21 3576 2777 E: Kto022@maersktraining.com W: www.maersktraining.com</p>
<p><b>38 DINAMARCA</b></p> 	<p>Maersk Training Centre, Svendborg Karsten Haegg</p>	<p>4 Dyrekredsen, Rantzausminde, DK-5700 Svendborg, Denmark T: +45 70 263 283 F: +45 70 263 284 E: kha054@maersktraining.com W: www.maersktraining.com</p>
<p><b>39 SINGAPUR</b></p> 	<p>Maersk - Marine Technology, Singapore Frode Klepshvik Karsten Haegg</p>	<p>17D Tuas Road Singapore – 637817 T: +65 3106 4070 F: +65 3106 4071 E: frode@marine-technologies.com E: kha054@maersktraining.com W: www.marine-technologies.com</p>
<p><b>40 HOLANDA</b></p> 	<p>Maritime Institute Willem Barentsz Pim Werner</p>	<p>100 Water Street, Summerside, Prince Edward Island, Canada, C1N 1A9 T: +1 902-888-6485 F: +1 902 888 6404 E: smacfarlane@hollandcollege.com W: http://www.hollandcollege.com</p>
<p><b>41 CANADA</b></p> 	<p>Maritime Training Centre of Holland College Steve MacFarlane</p>	<p>100 Water Street, Summerside, Prince Edward Island, Canada, C1N 1A9 T: +1 902-888-6485 F: +1 902 888 6404 E: smacfarlane@hollandcollege.com W: http://www.hollandcollege.com</p>

<p><b>42 POLONIA</b></p> 	<p>Maritime University of Szczecin (Akademia Morska Szczecinie) Pawel Zalewski Przemyslaw Jackowski</p>	<p>Waly Chrobrego 1-2 Str.,70-500, Szczecin, Poland T: +48914809717 F: +48914809489 E: sdko@am.szczecin.pl W: http://sdko.am.szczecin.pl</p>
<p><b>43 EEUU</b></p> 	<p>MPT Maritime Professional Training Capt. Ted Morley</p>	<p>Main Campus: 1915 South Andrews Ave – Ft Lauderdale Florida 33316 USA MPT SMART Campus Simulation Campus: 915 SW 26th Street Ft Lauderdale – FL 33315 USA T: +1 9545251014 / 1-888-839-5025 F: +1 954 764 0431 E: ted@MPTusa.com W: http://www.mptusa.com/</p>
<p><b>44 ALEMANIA</b></p> 	<p>MTC Marine Training Center Hamburg GmbH Sebastian Lepinat</p>	<p>Schnackenburgallee 149, 22525 HAMBURG Germany T: +49 (0)40 5330742-01 F: +49 (0) 40 5330742-69 E: Info@mtc-simulation.de W: www.mtc-simulation.com</p>
<p><b>45 NORUEGA</b></p> 	<p>NordkappMaritime Fagskole Ove Bentsen</p>	<p>Nordkapp Maritime Fagskole Klubbveien 9 Honningsvag 9750 – Norway T:+47 78 96 49 00 E:ove.andreas.bentsen@ffk.no&amp;nordkappvgs@ffk.no W: www.nordkapp.vgs.no</p>
<p><b>46 NORUEGA</b></p> 	<p>Norwegian Training Centre Manila with SMS Capt. Rex O. Recomite</p>	<p>Norwegian Training Centre, TESDA Complex, East Service Road, Taguig, Metro Manila T: +632 8120742 F: +632 8126728 E: training.manager@ntcm.com.ph W: www.ntcm.com.ph</p>

<p><b>47 LETONIA</b></p> 	<p>Novikontas Maritime College (Novikontas Juras Koledza) Janis Sticenko</p>	<p>17a Dunties St., Riga – LV 1005 – Latvia T; +371 6739 9999 F: +371 6739 9998 E: js@novikontas.lv W: www.novikontas.lv</p>
<p><b>48 UCRANIA</b></p> 	<p>Odessa Maritime Training Center (OMTC) Anatoliy Savelev</p>	<p>16 Pastera Street, 65026 Odessa, Ukraine T: +38 (048) 723 04 70 (113), +38(068)345 82 30 F: +38 (048) 723 52 20 E: dp_training@omtc.com.ua W: http://www.omtc.com.ua</p>
<p><b>49 FILIPINAS</b></p> 	<p>OSM Maritime Services, Inc., Ponch A. Ala</p>	<p>VNP Bldg. 479 Pedro Gil Street, Ermita Manila, The Philippines T: +63 2 523 88 71 F: +63 2 302 11 32 E: Ponciano.Ala@osm.biz W: www.osm.no OSM provides INTERNAL training only</p>
<p><b>50 POLONIA</b></p> 	<p>Officer Training Centre of Gdynia Maritime University Ltd Jarek Cydejko</p>	<p>Al.Jana Pawla II 3 81- 345 Gdynia, Poland T: (058) 620 19 68/ 620 12 01 (ext 11) F: (058) 621 02 11 E: SDK@am.gdynia.pl W: http://sdk.am.gdynia.pl/</p>
<p><b>51 EGIPTO</b></p> 	<p>Pan-Arab E-Navigation Captain Sabry Atteiatallah</p>	<p>Smouha, AlFardoos St. AlFardoos Building'A', Alexandria, Egypt T: +203 544 4511 F: +203 544 4336 E: dp@pa-en.com W: www.pa-en.com</p>

<p><b>52 RUMANIA</b></p> 	<p>Romanian Nautical College Assn. DP Offshore Centre Capt. Stelian Cojocaru</p>	<p>SoS. Chitila Padure nr. 2 bis Mogosoia - 077135 Romania T: +40753535353 / +40769234560 F: +40213199988 E: dp@nauticalcollege.org W: www.colegiulnautic.ro</p>
<p><b>53 INDIA</b></p> 	<p>Samundra Institute, Samundra Institute of Maritime Studies Cdr S Das/ Maneesh Jha</p>	<p>5th floor, Sai Commercial Centre Govandi Station Road Near Deonar Bus Depot Mumbai 400 088 T:+91-22-67993545/46/67551709/67031571 E:dp@samundra.com ; vprincipal.mum@samundra.com W: www.samundra.com</p>
<p><b>54 FINLANDIA</b></p> 	<p>Satakunta University of Applied Sciences Janne Lahtinen</p>	<p>Technology &amp; Maritime Management, Satakunta University of Applied Sciences Suojantie 2, FIN-26100 Rauma, Finland T: +358 500 828 648 F: +358 2 620 3680 E: janne.lahtinen@samk.fi E:heikki.koivisto@samk.fi W: www.samk.fi</p>
<p><b>55 NORUEGA</b></p> 	<p>Ship Modelling &amp; Simulator Centre AS Lars Arntzen</p>	<p>Laderhammerveien 4, 7041 Trondheim, Norway T: +47 7356 1400 F: +47 73 99 18 20 E: Lars.arntzen@smc.no W: www.smc.no</p>
<p><b>56 INDIA</b></p> 	<p>Sir Derek Bibby Maritime Training Centre Capt S N Thakur</p>	<p>St. Xavier's Technical Institute, Mahim Causeway, Mahim, Mumbai, T: +91 22 24463565 E: enquiries@india.bibbyshipmanagement.com W: www.india.bibbyshipmanagement.coc</p>
<p><b>57 INDIA</b></p> 	<p>Sir Derek Bibby–Oceans XV Maritime training Centre Capt S N Thakur</p>	<p>F322 Lado Sarai, New Delhi 110030 T: +91 11 46035710 F: +91 11 46035711 E: training@oceansxv.net W: www.oceansxv.net</p>

<p><b>58 HOLANDA</b></p> 	<p>STC B.V (Rotterdam) Mr Van Reem</p>	<p>Lloydstraat 300 - 3024 EA Rotterdam PO Box 63140 - 3002 JC Rotterdam The Netherlands T: +31 10 48 66 654 F: +31 10 48 46 071 E: reem@stc-r.nl W: www.stc-bv.nl</p>
<p><b>59 NORUEGA</b></p> 	<p>Simsea AS (Haugesund) Lars Gustavsen</p>	<p>Karmsundgaten 72, 5529 Haugesund, Norway T: +47 94 00 58 80 E: lg@simsea.no W: http://www.simsea.no/hjem</p>
<p><b>60 SINGAPUR</b></p> 	<p>Swire Marine Training Centre Capt. Noel Leith</p>	<p>1 Loyang Way 4 Singapore 507028 T: +65 6309 3750 F: +65 6309 3760 E: Noel.leith@swire.com.sg W: www.swire.com.sg Swire Marine provides INTERNAL training only</p>
<p><b>61 SINGAPUR</b></p> 	<p>Singapore Maritime Academy Singapore Polytechnic Capt Gopal Krishnan</p>	<p>500 Dover road, Singapore 139651 T: +65 6772 1409 F: +65 6772 1958 E: lieu_hui_ping@sp.edu.sg W: www.sma.sp.edu.sg</p>
<p><b>62 EEUU</b></p> 	<p>Star Centre – Florida Phil Shullo / Brian Long</p>	<p>2 West Dixie Highway, Dania Beach Florida 33004 – USA T:+1 954 920 3222 F:+1 954 926 7299 E: skauslan@star-center.com / E: blong@star-center.com W: www.star-center.com</p>
<p><b>63 UK</b></p> 	<p>The Dynamic Positioning Centre C-Mar Group Nathaly Garnier</p>	<p>37 Shad Thames, London, SE1 2NJ, UK T: +44 20 7407 3131 F: +44 20 7357 9621 E: courses@thedpcentre.com W: http://www.c-mar.com/pages/view/dp-training/</p>

<p><b>64 SINGAPUR</b></p> 	<p>The Dynamic Positioning Centre</p>	<p>No.5 International Business Park #02-02 Mewah Building Singapore 609914 T: +65 6318 4950 F: +65 6318 4951 E: courses@thedpcentre.com W: <a href="http://www.c-mar.com/pages/view/dp-training/">http://www.c-mar.com/pages/view/dp-training/</a></p>
<p><b>65 BRASIL</b></p> 	<p>The Dynamic Positioning Centre</p>	<p>Av.Presidente Wilson, 228 – 8 floor, centro, Rio de Janeiro, Brazil, 20030-021 T: +55 21 2240 7109 T : +55 21 2240 7255 E: courses@thedpcentre.com W: <a href="http://www.c-mar.com/pages/view/dp-training/">http://www.c-mar.com/pages/view/dp-training/</a></p>
<p><b>66 INDIA</b></p> 	<p>The Dynamic Positioning Centre. (Mumbai) Surendra Upadhyay</p>	<p>501 Delphi “A” Wing, Orchard Avenue, Hiranandani Business Park, Powai, Mumbai, 400076 India T: +91 226150 4700 F: +91 226150 4701 E: surendra.upadhyay@thedpcentre.com W: <a href="http://www.c-mar.com/pages/view/dp-training/">http://www.c-mar.com/pages/view/dp-training/</a></p>
<p><b>67 EEUU</b></p> 	<p>The Marine Training Institute. (TMTI) Tamicka Kane-Howard</p>	<p>4228 W Main St., Gray, LA, USA T: +1 985 8730031 E: info@marineinst.com W: <a href="http://www.themarineinstitute.com">www.themarineinstitute.com</a></p>
<p><b>68 SUDÁFRICA</b></p> 	<p>Unique Hydra Training Centre Waldo Fourie</p>	<p>No 152 -156, Gunners Circle, Epping Industrial, Cape Town, Eppindust P.O.Box 895, SA T: +27 21 534 3600 F: +27 21 534 3610 E: info@hydra.co.za W: <a href="http://www.hydra.co.za">http://www.hydra.co.za</a></p>
<p><b>69 BRASIL</b></p> 	<p>Vision Marine Training Center Daniela Pinheiro</p>	<p>Av. Das Americas, 7899 – Bloco 2 Sala 603, Barra da Tijuca – CEP 27797-081, Rio de Janeiro (RJ) - Brasil T: +55 (21) 2111 8077 F: +55 (21) 2111 8088 E: daniela.pinheiro@visionmarine.com.br W: <a href="http://www.visionmarine.com.br">www.visionmarine.com.br</a></p>

<p><b>70 INDIA</b></p> 	<p>YAK DP Training Centre</p>	<p>301 Gauri Complex, Sector-11,                  CBD Belapur Navi Mumbai – 400614 - India                  T: +91-22-27580009 / 65162288 / 65162277                  F: +91-22-27580602                  E: <a href="mailto:dptraining@yakindia.com">dptraining@yakindia.com</a>                  W: <a href="http://www.yakindia.com">http://www.yakindia.com</a></p>
--	-------------------------------	---

Estos son los Centros náuticos que acreditan el PD, dicha lista se actualizó en Julio de 2014. Información gracias a “The Nautical Institute”. **[NIA] [TTE 06]**



## **CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES PERSONALES ACERCA DEL DP.**

Este trabajo me ha dado unas nociones básicas y generales sobre el sistema DP en aspectos teóricos del cual gracias a ello y a su enorme importancia en el sector naval espero poder ampliar con los cursos presentados en éste trabajo para darle una enfoque más práctico, pues a día de hoy no he tenido esa posibilidad.

No obstante, el hecho de haber empezado desde lo más bajo, en cuanto a buscar información se refiere, creo que me servirá en un futuro para tener una buena base y para comenzar a construir sobre unos conocimientos suficientes los posteriores entendimientos prácticos.

Lo primero que he aprendido con todo este desarrollo es la importancia que tiene el sistema DP en la actualidad, sobre todo en la industria Off-Shore. Aunque también es cierto que cada año se va desarrollando en más actividades, incluso no sólo en el transporte de mercancías, sino que también en buques de pasaje se empieza a ver esta novedad cada vez más común.

Otro aprendizaje ha sido el de adquirir conocimientos desde dentro desde un punto de vista empresarial, analizando los diferentes productores de sistemas DP. De este análisis se puede sacar como conclusión que, a día de hoy, el más importante y a la vez el más caro es el de Kongsberg, como casi todos los demás sistemas que puede tener el puente de un buque. Otro punto importante ha sido el conocimiento de la gran cantidad de centros de enseñanza que imparten clases sobre este tipo de sistema, ya que cuando empecé mi aventura en el mundo de la ingeniería náutica y el transporte marítimo, mis conocimientos eran limitados y no tenía ninguna idea acerca de donde poder obtener los cursos acreditativos para el sistema DP.

Con todo esto, y a la vista de la enorme dificultad que hay a día de hoy para encontrar un buen embarque, estoy al 100% decidido en obtener el certificado de acreditación de manejo de barcos con DP pues actualmente sigue siendo un sistema novedoso y con una avanzada tecnología, y por lo tanto no es demasiada la gente que es capaz de manejarlo y trabajar con ello. Y eso es lo que busco, diferenciarme, aumentar mis conocimientos y formación, y poder ofrecer algo más en mi CV.

Aun así, estoy seguro de que en tan sólo unos años los cursos de DP se impartirán en las escuelas náuticas como parte del programa docente como lo pueda ser la navegación o la meteorología ya que el sistema DP en un futuro no muy lejano será parte integrante del puente como un equipo más.

## **CAPÍTULO 11: BIBLIOGRAFÍA.**

- **[TNI 99]** THE NAUTICAL INSTITUTE MONOGRAPH *DYNAMIC POSITIONING OPERATOR TRAINING*, SECOND EDITION 1999. CAPTAIN D.BRAY FNI
- **[MSC 96]** *MSC CIRC 738. GUIDELINES FOR DYNAMIC POSITIONING (DP) OPERATOR TRAINING*. IMO. JUNE 1996
- **[MSC 94]** *MSC ORE 645. GUIDELINES FOR VESSELS WITH DYNAMIC POSITIONING SYSTEMS*. IMO. JUNE 1994
- **[DPS-NV 11]** DYNAMIC POSITIONING SYSTEMS - OPERATION GUIDANCE. RECOMMENDED PRACTICE DET NORSKE VERITAS DNV-RP-E307. JANUARY 2011
- **[DPS-DELFT 06]** Dynamic Positioning OE 5663. TUDELFT. SEPTEMBER 2006
- **[IG 09]** INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE SAFE OPERATION OF DYNAMICALLY POSITIONED. OFFSHORE SUPPLY VESSELS. REV.I. AUGUST 2009
- **[MCS-NOR 13]** MARINE CONTROL SYSTEMS. PROPULSION AND MOTION CONTROL OF SHIPS AND OCEAN STRUCTURES. DEPARTMENT OF MARINE TECHNOLOGY. NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. ASGEIR J. SØRENSEN. NTNU 2013
- **[DPOF 12]** DYNAMIC POSITIONING OF SHIPS. A NONLINEAR CONTROL DESIGN STUDY. MASTER OF SCIENCE IN MATHEMATICS. ISLAMIA UNIVERSITY BAHAWALPUR, PAKISTAN. SHAH MUHAMMAD. 2012
- **[NIA]** NAUTICAL INSTITUTE ACCREDITED DP TRAINING CENTRES
- **[ALC 03]** ALCALDE, J. F. *ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA GUERRA DE MINAS*. WWW.REVISTANAVAL.COM, SEPTIEMBRE 2003.
- **[GDO 07]** GUIDELINES FOR THE DESIGN AND OPERATION OF DYNAMICALLY POSITIONED VESSELS IMCA M 103 Rev. 1 December 2007
- **[IMO 94]** INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. GUIDELINES OF VESSELS WITH DYNAMIC POSITIONING SYSTEMS. IMO. JUNE 1994
- **[TTE 06]** THE TRAINING AND EXPERIENCE OF KEY DP PERSONNEL. IMCA M 117 REV. 1 FEBRUARY 2006

- **[SFDP 00]** SPECIFICATION FOR DP CAPABILITY PLOTS IMCA M 140 REV.I JUNE 2000
- **[IG 09]** INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE SAFE OPERATION OS DYNAMICALLY POSITIONED OFFSHORE SUPPLY VESSELS. REV.I AUGUST 2009
- **[GFD 11]** GUIDANCE FOR DEVELOPING AND CONDUCTING ANNUAL DP TRIALS PROGRAMMES FOR DP VESSELS. IMCA M 190. JUNE 2011

#### PÁGINAS WEB

- ABB [www.abb.com](http://www.abb.com) y [www.abb.no](http://www.abb.no)
- ASIAN GPS [www.asiangps.net](http://www.asiangps.net)
- CORVALLIS MICROTECHNOLOGY INC. [www.cmtinc.com](http://www.cmtinc.com)
- CRUISE REVIEWS [www.cruisereviews.com](http://www.cruisereviews.com)
- DEL NORTE TECHNOLOGY INC. [www.delnorte.com](http://www.delnorte.com)
- DET NORSKE VERITAS [www.dnv.com](http://www.dnv.com)
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE [www.meteochile.cl](http://www.meteochile.cl)
- FURUNO [www.furuno.com](http://www.furuno.com)
- GERMAN FEDERAL AGENCY FOR CARTOGRAPHY AND GEODESY [www.ifag.de](http://www.ifag.de)
- GLOBAL MARITIME [www.globalmaritime.com](http://www.globalmaritime.com) y [www.globalmaritime.no](http://www.globalmaritime.no)
- GPS WAREHOUSE [www.gpsw.co.uk](http://www.gpsw.co.uk)
- GUIDANCE CONTROL SYSTEMS, LTD. [www.gcslltd.co.uk](http://www.gcslltd.co.uk)
- HYDRO NORSK [www.hydro.com](http://www.hydro.com)
- IMCA (International Marine Constructors Association) [www.imca.org](http://www.imca.org)
- INTERNET GUIDE TO MARINERS [www.navis.gr](http://www.navis.gr)

- KONGSBERG [www.kongsberg.com](http://www.kongsberg.com)
- KONGBERG SIMRAD [www.kongsberg-simrad.com](http://www.kongsberg-simrad.com)
- KINGDOM DRILLING [www.kingdomdrilling.co.uk](http://www.kingdomdrilling.co.uk)
- LITEF [www.litef.com](http://www.litef.com)
- MEASUREMENT DEVICES LTD. [www.mdl.co.uk](http://www.mdl.co.uk)
- MINISTERIO DE DEFENSA ESPAÑOL [www.mde.es](http://www.mde.es)
- NASA [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)
- <http://www.imo.org/Pages/home.aspx>
- NAVAL TECHNOLOGY [www.naval-technology.com](http://www.naval-technology.com)
- NORWEGIAN PETROLEUM DIRECTORATE [www.npd.no](http://www.npd.no)
- OFFSHORE TECHNOLOGY [www.offshore-technology.com](http://www.offshore-technology.com)
- RUSSIAN SPACE SCIENCE INTERNET WEB SERVER [www.rssi.ru](http://www.rssi.ru)
- SEA WORX BV [www.seaworx.nl](http://www.seaworx.nl)
- SHELL [www.shell.com](http://www.shell.com)
- SONARDYNE [www.sonardyne.co.uk](http://www.sonardyne.co.uk)
- SONTEK [www.sontek.com](http://www.sontek.com)
- SPACE AND TECH [www.spaceandtech.com](http://www.spaceandtech.com)
- SPYDERCANYON PUBLICATIONS [www.spidercanyon.com](http://www.spidercanyon.com)
- THALES NAVIGATION [www.thales-navigation.com](http://www.thales-navigation.com)
- UNITED STATES NAVAL OBSERVATORY [www.usno.navy.mil](http://www.usno.navy.mil)
- VISION MARINE [www.gabaritando.com.br](http://www.gabaritando.com.br)