



# **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Curso 2015/2016**

**Sistemas de Maniobra:**

**Análisis de las Unidades Portátiles de Pilotaje**

**Tutor: Juan Antonio Rojas Manrique**

**Alumno: Sergio Domínguez Alfonso**

**Grado: Náutica y Transporte Marítimo**

# **Resumen**

En este trabajo se exponen las características que ofrecen las unidades portátiles de pilotaje como un sistema de maniobra bastante interesante. Conoceremos algunos de los software más punteros, además de equipos que están teniendo bastante aceptación tanto dentro de las comunidades de prácticos de todo el mundo como en las operaciones de maniobra Offshore.

# **Palabras Clave**

PPU, Maniobra, Sistemas, Seguridad, Información.

# **Abstract**

In this document, the features offered by the portable pilot units exposed as a system rather interesting maneuver. We know some of the state-of-the-art software as well as PPU that are having enough acceptance both within communities of practice around the world and moved for operations for offshore industries.

# **Keywords**

PPU, Maneuver, Systems, Safety, Information.

# Índice

1.	Introducción.....	5
2.	Sistemas Base.....	6
2.1.	GNSS.....	6
2.2.	SBAS.....	7
2.3.	Sistema de identificación Automático (AIS).....	8
3.	Concepto de PPU.....	10
4.	Requerimientos Generales.....	11
5.	Funcionamiento.....	13
6.	Software.....	17
6.1.	ORCA.....	19
6.2.	Qastor.....	21
6.3.	SafePilot App.....	25
	SafePilot Engine.....	27
	SafePilot Shore.....	29
7.	Compañías Distribuidoras.....	30
7.1.	MARIMATECH.....	30
7.1.1.	CAT ROT.....	31
7.1.2.	CAT I.....	33
7.1.3.	PPU CAT II.....	33
7.1.4.	PPU CAT III.....	34
7.2.	AD Navigation.....	35
7.2.1.	ADX DUO PPU.....	36
7.2.2.	ADX XR Lite.....	38
7.2.3.	ADX XR PPU.....	40
7.2.4.	AD Navigation ADQ-2.....	42
7.3.	Navicom Dynamics.....	44
7.3.1.	HarbourPilot.....	45
7.3.2.	ChannelPilot.....	47

7.3.3.	HarbourPilot Triton .....	49
7.3.4.	ShuttlePilot.....	50
8.	Formación Profesional .....	53
9.	Conclusión.....	55
10.	Bibliografía .....	57

# 1.Introducción

Entendemos como una maniobra a aquel movimiento u operación que se hace para controlar la acción deseada del buque. Por tanto, y en base a esta descripción un sistema de maniobra es una herramienta o sistema que permite la ayuda y ejecución de la maniobra pertinente.

Estos sistemas pueden ser equipos tradicionales y que a pesar de no estudiarlos en profundidad en este trabajo poseemos unos ligeros conocimientos en cuanto a su funcionamiento. Estos equipos tradicionales, como equipos de propulsión como las hélices o aparatos de gobierno como los timones, se encuentran en la inmensa mayoría de los buques. De los cuales, existen muchos diseños y sistemas integrados a estos equipos con el fin de aumentar sus cualidades.

Sin embargo, vivimos en una era de avances tecnológicos con la aparición de nuevas tecnologías que día a día se van integrando más en nuestra sociedad. El ámbito marítimo no escapa a estos avances pues muchos de estos sistemas, que se han usado durante años y continúan usándose actualmente, han conseguido dar un aumento significativo para todas las operaciones que pueda desempeñar un buque.

Un Sistema de Maniobra que está teniendo bastante aceptación son las denominadas Unidades Portátiles de Pilotaje o simplemente, en sus siglas en ingles, PPU. Estas unidades se ofrecen como una buena herramienta de apoyo para las maniobras que tenga que efectuar un práctico experimentado.

Sin embargo, y para comprender mejor lo relativo a esta unidad, describiremos otros sistemas relacionados, tales como AIS, GNSS, sistema SBAS, y la corrección de errores RTC.

Como ocurre en todos los mercados tecnológicos existen un determinado número de empresas dedicadas al estudio, diseño e innovación de los distintos equipos PPU así como de un software o programa hecho a medida por expertos, tanto por informáticos como por marinos cualificados, a fin de convertir este nuevo y novedoso sistema de maniobra, en una herramienta práctica y fácil de usar.

En España no ha calado muy hondo entre las distintas corporaciones de prácticos del país, pero siempre existen algunos pioneros dispuestos a probar las nuevas tecnologías.

## 2.Sistemas Base

Un sistema PPU está basado fundamentalmente en sistemas de navegación y maniobra que llevan usándose de manera individual y combinadas entre si desde hace ya varios años en el ámbito marítimo.

Muchos de estos sistemas han supuesto una gran herramienta a bordo del puente de todos los buques pues lo que se intenta conseguir siempre es aumentar la seguridad de la navegación y sus operaciones en todo momento.

Describiendo, de manera breve, solo aquellos sistemas que influyen en el funcionamiento de los equipos PPU tratando de conseguir así un enfoque mucho más directo. Sistemas como AIS, GNSS, sistema SBAS serán los sistemas base para el estudio de las Unidades Portátiles de Pilotaje.

### 2.1. GNSS

GNSS es el acrónimo inglés para Sistema Global de Navegación por Satélite que es una constelación de satélites que transmiten un rango de señales utilizados para determinar el posicionamiento y la localización en cualquier parte del planeta.

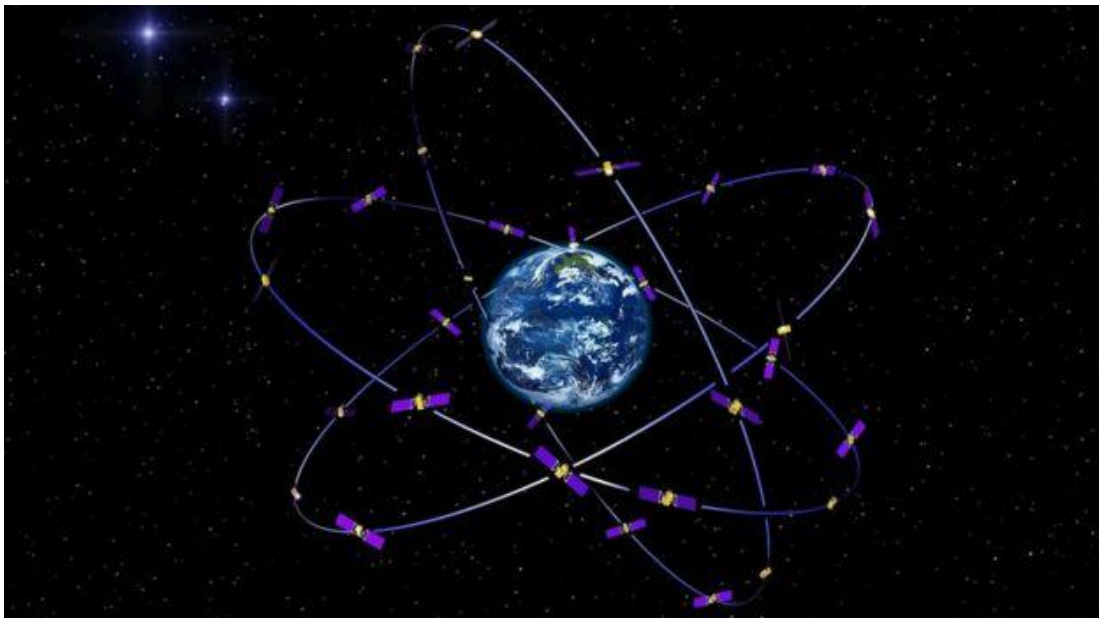


Fig.1 Red Global de Satélites. [1]

La Navegación por satélite se fundamenta en el cálculo de una posición sobre una superficie midiendo las distancias existentes entre tres satélites con una posición conocida. Además, un cuarto satélite nos aporta la altitud de dicha posición. Luego

un receptor recopila las señales de sincronización de los satélites que contienen la posición de los satélites y el tiempo exacto en que la información fue emitida.

La precisión de la posición depende de la exactitud de la información de tiempo. Para ello, estos satélites van equipados con un reloj atómico sincronizado con el resto de satélites. Así el receptor al recibir la señal compara el tiempo de la difusión del mensaje, contenida dentro de los datos recibidos, con el tiempo de recepción de la señal, por medio de un reloj interno, midiendo así el tiempo de desfase de la señal desde el satélite.

Para aumentar la precisión en determinar la correcta posición sobre una superficie hace que sea necesario el uso de filtros para corregir ese desfase de la señal.

## **2.2. SBAS**

El Sistema de aumentación basado en satélites, o en su abreviatura inglesa SBAS, es un sistema de corrección de errores que los sistemas globales de navegación por satélite transmiten al receptor del usuario. Los sistemas SBAS mejoran el posicionamiento horizontal y vertical del receptor dando también información sobre la calidad de las señales.

El sistema SBAS se compone de una red de estaciones terrestres que están continuamente supervisando y evaluando la calidad de las señales de la red GNSS. El SBAS estima los errores de cada satélite GPS/GLONASS y envía las correcciones al receptor a través de un satélite geoestacionario. Luego el receptor ajusta la información recibida de los satélites GNSS con las correcciones recibidas por los satélites geoestacionarios.

Además, los sistemas SBAS usan mediciones de distancia de dos frecuencias para calcular el desfase de la señal producido por la ionosfera. Luego envía las señales de corrección que son aplicables en puntos de la cuadrícula ionosférica determinados.

Cabe destacar la diferencia entre las zonas de cobertura y las zonas de servicio de los sistemas SBAS. Básicamente, la zona de cobertura se define como la huella terrestre o el alcance preciso del satélite estacionario. Sin embargo, la zona de servicio se establece por el Estado para un sistema SBAS determinado que este dentro de la zona de cobertura del satélite geoestacionario.

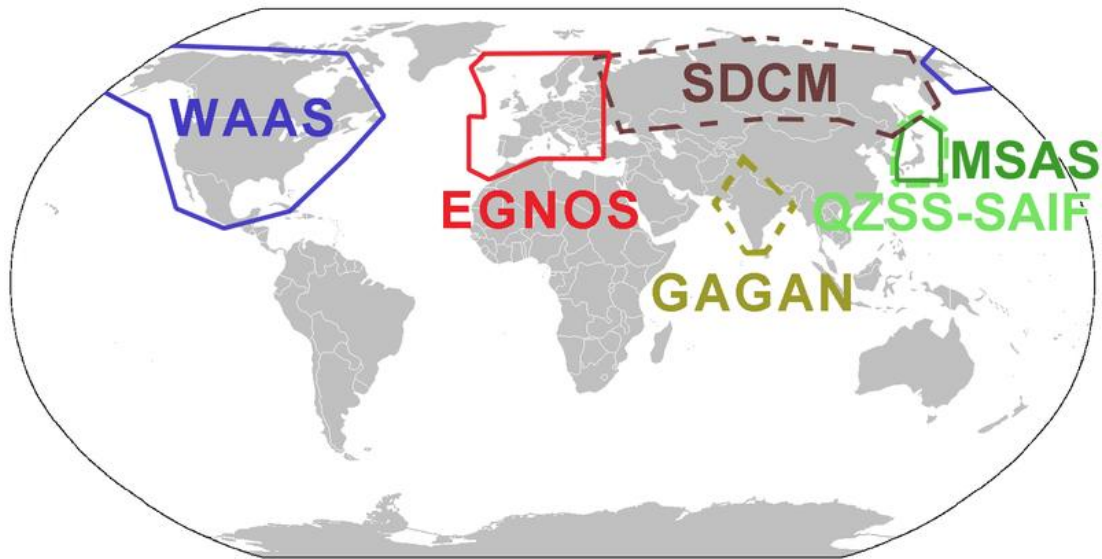


Fig.2 Zonas de Servicio de Sistemas SBAS [2]

En base a esta imagen vemos algunos de los sistemas SBAS que están actualmente desarrollados o se encuentran en fase de implementación, describiendo los siguientes:

- WAAS (Wide Area Augmentation System), gestionado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), administrado por la Agencia Estatal Europea (ESA).
- MSAS (Multi-Functional Satellite Augmentation System), gestionado por Japón.
- QZSS (Quasi-Zenith Satellite System), propuesto por Japón.
- GAGAN (GPS And GEO Augmented Navigation), planeado por La India.

### 2.3. Sistema de identificación Automático (AIS)

Las siglas AIS provienen de sus siglas en ingles Automatic Identification System o en español Sistema de Identificación Automático.

Este es un sistema que nos permite ver a través de una pantalla la posición de los barcos de nuestro entorno y conocer datos característicos de cada uno de ellos como su nombre, MMSI, rumbo, velocidad tipo de barco, etc.



Este sistema trata de aportar la suficiente información más relevante a las autoridades y buques de las inmediaciones a fin de cumplir con el COLREG, el reglamento para prevenir abordajes.



Fig.3 AIS Estrecho de Gibraltar obtenida mediante la Web Marinetraffic. [3]

Los datos de posicionamiento son obtenidos mediante el GPS del buque. Dado a que las antenas GPS suelen ser colocadas en el puente se debe tener en cuenta la eslora del buque relatada en los parámetros de dicho barco.

El sistema AIS tiene dos fuentes de entrada de información. Una de ellas toma los datos de posicionamiento GPS y en la otra el resto de parámetros introducidos por el usuario. Luego toda la información es transmitida mediante dos bandas de frecuencia VHF: 161,975 MHz y 162,025 MHz.

La información es transmitida de manera continua, incrementándose el periodo de tiempo en virtud de la baja velocidad o maniobras que efectúa el buque. Además, los datos son actualizados automáticamente sin necesidad de ninguna acción por parte del usuario, dentro de un radio de alcance limitado por la propia señal VHF, entre unas 30 o 40 millas náuticas.

Los datos pueden ser representados gráficamente mediante una carta electrónica ECDIS. Además, ayuda a identificar objetos y discriminar ecos falsos del Radar.

### **3. Concepto de PPU**

Una descripción básica sobre una Unidad Portátil de Pilotaje, que en inglés es Pilot Portable Unit (PPU), es un sistema portátil a modo que el Practico en el momento de embarcar pueda llevarlo consigo a bordo del buque al cual se le prestara el servicio de Practicaje. La PPU, refiriéndonos a partir de ahora en sus siglas en inglés, se presenta como una herramienta de apoyo para las decisiones durante el servicio de Practicaje tales como las concernientes a la navegación en aguas confinadas, atraque y desatraque del buque.

Tienen como utilidad en facilitar con mayor detalle y rapidez toda la información pertinente a la zona de navegación y al servicio requerido. Ofreciendo así la posibilidad de una navegación más segura donde se pueden prevenir todos aquellos obstáculos e inconvenientes que puedan impedir el correcto transito del buque.

El Empleo de este sistema se puede hacer por medio de ordenadores portátiles, Tablets e incluso teléfonos móviles como Iphone, dando así al Práctico la capacidad de transportarlo de manera cómoda en elementos como pueda ser una simple mochila por ejemplo.

Las PPU's son solo equipos de apoyo que no sustituyen a ningún sistema de navegación a bordo sino que es una herramienta complementaria que nos permite obtener información a tiempo real y por tanto con menor margen de error. Además incluye la posibilidad de sustentarse o aprovechar los equipos de a bordo como AIS o Radar entre otros, haciendo posible la visualización de otros barcos. Incluso, las PPU pueden incluir información sobre la profundidad y las mareas, siendo esta información transmitida a nivel local, como pueda ser una información específica para un puerto en particular.

Si bien es cierto este no se trata de un sistema nuevo y ni mucho menos está totalmente extendido por los puertos españoles. Sin embargo, y poniendo un ejemplo, en un puerto como Sevilla, al cual se accede a través del Rio Guadalquivir.

La navegación por dicho río se realiza en el canal de navegación denominado Eurovía Guadalquivir E-60.02 que está dentro de la red europea de vías navegables. Este canal tiene una extensión de unos 90 Km, 48,6 Nm aproximadamente, que son unas 5 horas de navegación de llegada hasta puerto. Tras conocer estos factores más añadiendo los vistos anteriormente sobre las PPU's se hace lógico que el empleo de esta herramienta pueda implementar la seguridad del buque que transite por estas aguas.

Muchos puertos internacionales como Rotterdam o Dunkerque o zonas de acceso complicado como Los grandes lagos de América hacen uso de estas herramientas. Tanto estos como otros lugares son zonas de acceso bastante restringido ya sea por tránsito de buques, áreas delimitadas para la navegación, etc. La utilización de estos sistemas da plena libertad de movimiento al práctico pues puede monitorizar y controlar lo que ocurre desde cualquier punto del buque donde se requiera una especial observación por parte del práctico.

Una vez definida, cabe destacar la importancia que tiene una herramienta de este tipo para las labores de practicaje pues con el software adecuado el sistema puede hacer un seguimiento en tiempo real y predecir las acciones futuras que se deban tomar para hacer una navegación más cómoda y segura.

## **4.Requerimientos Generales**

Al ser usada una PPU en el puente de un barco por el Práctico, es de importancia asegurarse de que no se interfiere de ninguna manera con el equipo existente en el Puente. Es por ello, que los sistemas PPU típicos como un Portátil o Tablet, y los elementos relacionados como las unidades satelitales no presenten problemas de interferencias electromagnéticas.

En base a lo anterior, las PPUs deben cumplir con el siguiente extracto del Capítulo V, Seguridad de la Navegación, del Convenio SOLAS, Regla 17, de la cual citaremos los siguientes apartados:

- a) << Las administraciones se asegurarán de que todos los equipos eléctricos y electrónicos en el puente o en las proximidades del puente, en buques construidos a partir del 1 de julio de 2002 es la prueba de compatibilidad electromagnética, teniendo en cuenta las recomendaciones elaboradas por el Organización. (Resolución A.813 (19)) >>
- b) << Los aparatos eléctricos y electrónicos deberán instalarse de modo que la interferencia electromagnética no afecta a la función de los sistemas y equipos de navegación. >>
- c) << Los aparatos eléctricos y electrónicos portátiles no se pondrán en funcionamiento en el puente si puede afectar al correcto funcionamiento de los sistemas y equipos de navegación. >>

En el primer párrafo de la Regla 17 del Capítulo V, Seguridad de la Navegación, del Convenio SOLAS, se hace referencia a la Resolución A.813 (19) de la IMO, en la cual se hace referencia a las normas de compatibilidad electromagnética para todos los sistemas eléctricos y equipos de electrónica sobre los buques para garantizar la seguridad de funcionamiento y la idoneidad de tales equipos.

Además la Resolución A.694 (17) de la IMO, exige que todas las medidas y prácticas razonables se deben tomar para asegurar la compatibilidad electromagnética entre los equipos en cuestión y otra acción radiocomunicación y equipo de navegación transportado a bordo.

Las pruebas de compatibilidad electromagnética son comunes en la industria electrónica para todos equipos. Los niveles particulares para las pruebas adecuadas para los buques equipo puede encontrarse en la norma del Comité Electrónico Internacional, IEC 60945: 2002. Concretamente, en su Anexo C se describe el tipo de entorno encontrado en el mar y los tipos de pruebas apropiado.

## 5. Funcionamiento

La PPU se compone de un sistema de representación portátil, como los mencionados anteriormente: Ordenadores portátiles, Tablets, etc.... Y de dos o más antenas receptoras satelitales unidas mediante una barra fija o un cable y que por medio de imanes, abrazaderas y/o correas pueden ser acomodadas en cualquier parte del barco. Dependiendo de la marca y modelo de la PPU estas antenas y su sistema operativo de representación pueden operar entre los distintos sistemas de posicionamiento satelitales disponibles, tales como: GPS, GLONASS, Galileo, etc.

El funcionamiento básico de este equipo consiste en una interfaz con un sensor de posicionamiento satelital capaz de determinar la posición, dirección del vector que las une y el movimiento en tiempo real del buque. Además, las PPU también ofrecen información sobre la ubicación y movimiento de otros buques mediante una interfaz al sistema AIS. Cada vez más, el uso de las PPU se aprovecha para mostrar otro tipo de información relacionada con la navegación como pueden ser sondeos, niveles de agua dinámicos, flujo de corriente y zonas de seguridad.

Toda la información que se obtiene por los distintos interfaces es enviada por estos mismos mediante señal inalámbrica, Wi-Fi, hacia el ordenador portátil o Tablet. El cual los representa mediante el uso de un sistema de visualización de cartas electrónicas, dando así, la situación del buque y sus alrededores.

Lo más importante de este sistema, es el cálculo de la Tasa de giro del buque (Rate of Turn en ingles o simplemente ROT). Para determinar la tasa del giro del buque, los receptores GNSS suelen poseer un pequeño sensor inercial incorporado en el sistema. Al igual que el resto de los datos también es enviado por medio de una señal de radio (Wi-Fi) hacia el equipo que posea el práctico para su representación.

Actualmente, el funcionamiento de los sistemas de posicionamiento por satélite no admite mayor precisión que entre 3 ó 5 metros para un receptor GNSS autónomo. Pero estas tecnologías han experimentado un gran desarrollo, alcanzando precisiones

sub-métricas, por medio de la asistencia de un segundo receptor o el uso de infraestructuras creadas por organismos o grandes compañías internacionales.

Una de las maneras de conseguir esa precisión Sub-métrica, es decir, reducir el área de error a unos pocos centímetros, es empleando el sistema denominado SBAS (Satellite Based Augmentation System). Es una infraestructura diseñada por la Agencia Espacial Europea (ESA), cuyo fin, entre otros, es mejorar la calidad de las coordenadas de nuestro GPS utilizando otro satélite adicional, que en este caso será geostacionario. El cual, y dicho de un modo sencillo, nos informara del error que comete nuestro GPS.

Para entender el funcionamiento de este sistema, en como detecta el error cometido por nuestro GPS, se debe tener en cuenta que un equipo PPU se compone de dos antenas receptoras GPS y que, además de la posición, nos dará la información en tiempo real de la tasa de giro de nuestro buque.

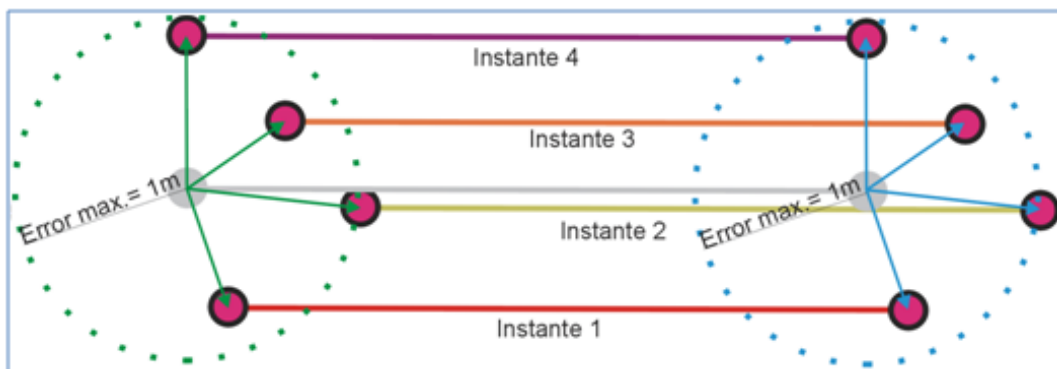


Fig. 4 Corrección de Error GPS Sin Movimiento [4]

En la figura 4 vemos una serie de círculos rojos unidos por una línea que nos dice el instante en el que se encuentran. Cada círculo rojo de cada extremo de esa línea representan a ambos receptores GPS. Suponiendo que el buque esta sin movimiento, ambos receptores (círculos rojos) calculan la posición con un error inferior a un metro con respecto a la posición correcta representada por los círculos grises. Vemos

como dicho error es diferente en cada instante pero es igual para ambos receptores, lo que implica que se conserve la orientación del vector que los une.

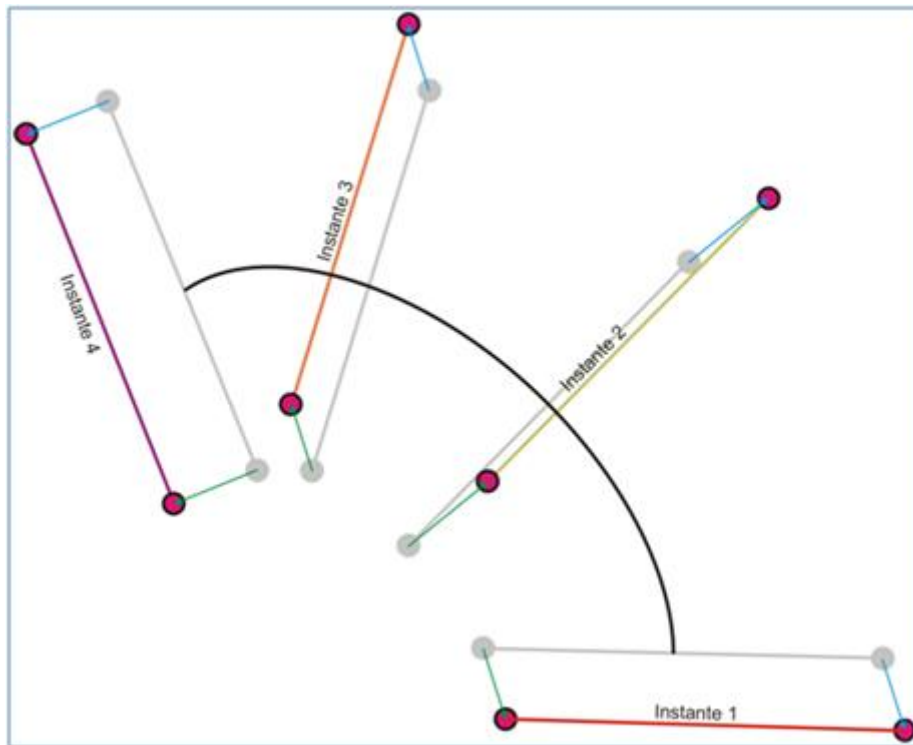


Fig.5 Corrección Error En Movimiento [5]

En la Figura 5 vemos la trayectoria de un buque en movimiento representada por la línea curva de color negro. Como en el ejemplo anterior los receptores calculan la posición con un error inferior a un metro, que será igual en ambos receptores para cada uno de los instantes pero la dirección será la correcta.

La mayor parte del error se debe al retraso que sufre nuestra señal GPS al pasar por la ionosfera. Si nuestras antenas están lo bastante próximas la distancia recorrida por la señal que reciben será similar y, por tanto, el error cometido en el posicionamiento por ambas será el mismo.

Es decir, una antena situada en Estribor comete un error en un preciso instante de 20 cm hacia el Sur y 10 hacia el Este, la antena situada en la banda de babor cometerá prácticamente un error similar. En una posición absoluta o posición global, las antenas estarán mal situadas, en cambio el vector que las une siempre tendrá el mismo módulo, dirección y sentido.

La dirección del vector cambia si el conjunto de antenas son movidas de sitio. Las coordenadas del punto intermedio entre el conjunto de antenas es considerado como fijo por el software que calcula el giro. De este modo, cada vez que calcula un vector entre las antenas, con un error sub-métrico en su posición global, este lo traslada a la posición fija y calcula el giro respecto al vector anterior. Dando como resultado, una precisión en la Tasa de giro menor a  $0,5^\circ/\text{min}$ .

Por lo tanto, se trata de un sistema bastante preciso, pues dar un error de posición absoluta en unos pocos centímetros y poseer una precisión tan significativa en la tasa de giro esta a poco alcance de muchos sistemas comerciales.

Otro aspecto bastante significativo de estos sistemas es la posibilidad que permite anticipar los movimientos del barco en los siguientes segundos o minutos, corrigiendo a tiempo maniobras defectuosas, además de indicar la distancia existente entre el barco y el muelle durante el atraque y desatraque.



Fig.6 Predicción del Movimiento en el Sistema Qastor [6]

Estableciendo como ejemplo la Figura 6 el Práctico puede ver los movimientos futuros del buque en cuestión. En este caso, se puede comprobar en la imagen como



el buque se aleja de la derrota establecida por los Waypoints de color rojos. Al igual que podemos ver el historial de los movimientos realizados en un sistema ECDIS, en este sistema podemos visualizar una predicción sobre las siguientes posiciones del buque en los próximos minutos.

## 6. Software

Las especificaciones técnicas de estos sistemas tales como el Hardware, donde se nos da los parámetros o características del equipo electrónico en sí, dependen de la marca del producto, la cual veremos más adelante.

Nos centraremos en su método de análisis y representación, es decir en el programa a partir del cual se nos mostraran los datos y todo lo relacionado al ambiente en el cual necesitaremos esta herramienta de apoyo. Existen varios programas o software diseñados específicamente para las operaciones de practica. Estos se diseñan como un Sistema de Cartas Electrónico (ECS), donde puede acoplarse el sistema AIS, para mostrarnos los barcos de las proximidades. Además, recordando lo dicho en anteriores apartados, estos software tienen la capacidad de realizar los pertinentes cálculos de velocidad de la tasa de giro, predicción de posiciones futuras, cálculo de las mareas de manera local, etc.

Existen varios programas diseñados para su uso en las PPU, cada equipo recomienda o utilizan uno en concreto. Al igual que ocurren en todos los mercados comerciales de hoy en día, cada compañía recomienda el uso de un software determinado.

A continuación, veremos en la siguiente tabla realizada por el Doctor Lee Alexander de la Universidad de New Hampshire, EEUU, durante las Actas de la Conferencia Hidrográfica Canadiense y la Conferencia Nacional de Inspectores de 2008.

Table 2 - Software and Charts

	System Integrator	Software	Vendor	Site	Operational Chart Data	HO or Gov't-approved	Background ENC/RNC	Precise Depths	Super scale Docking Charts	Software Complexity
Fraser River Dave Majoribanks and Mike Armstrong	self	Coastal Explorer	Rose Port Navigation	rosepointnav.com	Channel Survey	Yes	ENC	Yes	Yes	Lite
Columbia River Paul Amos and David Halmagyi	VOLPE	TransView	Transas	<a href="http://www.volpe.dot.gov">www.volpe.dot.gov</a>	Channel Survey	Yes	RNC	Yes	Yes	Rich
Tampa Bay Pilots Jorge Viso	ARINC	Pilot Mate	ARINC	www.arinc.com	Channel Centre Line	Yes	ENC	No	Yes	Rich
Europort Serendipity Pilot Trmg Peter Kluytenaar	QPS	Qastor	QPS	www.qps.nl	Channel Survey	Yes	ENC	Yes	Yes	Rich
Pilots' Association for the Bay and River Delaware Wayne Bailey	RAVEN	Wheel House 1	RAVEN	<a href="http://www.ravenprecision.com">www.ravenprecision.com</a>	Channel Centre Line	Yes	custom vector chart	No	No	Lite
Port of Rotterdam - Lite Wim van Buuren	QPS	Qastor	QPS	www.qps.nl	ENC/Channel survey	Yes	ENC	Yes	Yes	Rich
Port of Rotterdam - Full Wim van Buuren	QPS	Qastor	QPS	www.qps.nl	Channel Survey	Yes	ENC	Yes	Yes	Rich
Schldt River - Lite Rein Midavaine	QPS	Qastor	QPS	www.qps.nl	ENC	Yes	ENC	No	No	Rich
Schldt River - Full Rein Midavaine	QPS	Qastor	QPS	www.qps.nl	Channel Survey	Yes	ENC	Yes	Yes	Rich
Port of le Havre Lionel Davy	Marimatech	ORCA	7C's	www.sevencs.com	Channel Survey	Yes	ENC	Yes	Yes	Rich
Atlantic Pilotage Authority Andrew Rae	ICANN	Aldebaran	ICAN	www.icanmarine.com	ENC	Yes	ENC	No	No	Rich
Great Lakes Pilotage Authority Andrew St-Germain	NavSim Pro	NavSim Pro	?	<a href="http://www.navsim.com">www.navsim.com</a>	ENC	Yes	ENC	No	Yes	Rich
Queensland Pilotage Authority - Lite Chris Thompson	Marimatech	ORCA M	7C's	www.sevencs.com	Specialty ENC	Yes	ENC	Yes	Yes	Rich
Queensland Pilotage Authority - Full Chris Thompson	Marimatech	ORCA M	7C's	www.sevencs.com	Specialty ENC	Yes	ENC	Yes	Yes	Rich
Crescent River Pilots Douglas Grubbs	RAVEN	Wheel House 2	RAVEN	<a href="http://www.ravenprecision.com">www.ravenprecision.com</a>	Channel Centre Line	Yes	ENC	No	Yes	Rich
Houston Pilots Julian Planton	RAVEN	customized Raven	RAVEN	<a href="http://www.ravenprecision.com">www.ravenprecision.com</a>	Channel Survey	Yes	ENC	No	No	Rich

Fig.7 Tabla Equipos PPU. Realizada por Dr. L. Alexander, 2008. [7]

En esta Tabla vemos algunos de los puertos internacionales más importantes que hacen uso de los equipos PPU. En cada puerto se usa un sistema PPU diferente bajo la denominación en la tabla "System Integrator". Observaremos que cada Equipo PPU usa un software diferente y que en cada puerto usan tanto un equipo como software diferente, esto se debe en parte a las necesidades específicas de cada puerto o canal. Se podría decir que estas necesidades son cubiertas por los sistemas más familiarizados o que se fabriquen más cerca al puerto o canal. Pero para su estudio nos centraremos en tres de estos software: Qastor, ORCA y SafePilot App. Este último, a pesar de no estar en la tabla, se muestra como una herramienta intuitiva y bastante practica. Por lo tanto, también formará parte de este estudio.

## 6.1. ORCA

ORCA es un software diseñado por la empresa SevenCs, con sede en Hamburgo, la cual desarrolla sistemas de visualización de cartas S-57 para ECDIS, WECDIS, y otras aplicaciones marítimas, la producción y distribución de software ENC y otros software profesionales para la navegación.

Dentro de su gama de productos encontramos ORCA Pilot G2, diseñado concretamente para el uso de las PPU. ORCA Pilot G2 se presenta como un moderno software desarrollado especialmente para su utilización en pantallas táctiles. Funciona como un sistema autónomo, pero además se integra a la información operativa basada en

el servidor, siendo una contribución a la gestión de la seguridad durante el servicio de practica y la navegación. Para mejorar la seguridad y la eficacia nos permite el uso de



Fig.8 TOUCHPAD Con Software ORCA [8]

elementos clave como accesibilidad de los documentos, el uso de datos en tiempo real y la integración con sensores de navegación precisos.

ORCA Pilot G2 permite a las organizaciones e incluso al Práctico el intercambio de información sobre los buques durante la entrega de un área de responsabilidad a otra.

Además ayuda a la prevención de accidentes informando al Práctico sobre los equipos defectuosos u otras situaciones similares antes de embarcar.



Fig.9 Tablet en Modo Rotar Pantalla [9]

- Predicción del movimiento del buque con el tiempo ajustable

Las características más significativas de este software son:

- Cálculo automático de la distancia mínima hacia un objeto seleccionado en la carta, durante el Atraque o de un blanco que se mueve lentamente.
- Uso de la red local de AIS a través de la conexión 3G/4G para posicionar nuestro barco y los datos de los demás blancos.
- Realización de descargas y actualizaciones automáticas sobre la información de seguridad local (LSI)

ORCA Pilot G2 se convirtió el mes de Septiembre del pasado año 2015 en el software por excelencia, siendo reconocido como el sistema PPU Número 1 en el mundo.

Otro de los productos dentro de la gama ORCA, es ORCA Master G2 (Software que hace referencia la Tabla de la Fig.4 expuesta anteriormente bajo la denominación “ORCA M”).

ORCA Master G2 es una aplicación de alta gama para ECS, que al igual que ORCA Pilot G2, se ha desarrollado para equipos de pantalla táctil. Reúne todas las normas y los requisitos de la OMI para el funcionamiento en un ambiente bastante exigente.

Ofrece todas las funciones requeridas en un sistema de navegación sin dejar de ser intuitivo en su uso. ORCA Master G2 puede ser usado como una ECS en operaciones Offshore (Alta mar), Inshore (costera) y operaciones “Tierra a Dentro”.

## 6.2. Qastor

Qastor es una aplicación de navegación precisa, de practica y un software de atraque que se publicó por primera vez en el año 2000. Aunque se diseñó principalmente como un Sistema de Cartas Electrónico (ECS) para las operaciones de practica, ha demostrado ser una herramienta útil en otros campos, como posicionamiento de plataformas petrolíferas o en los buques durante las operaciones de remolque, entre muchas otras.

Qastor hace uso de métodos alámbricos o inalámbricos e interfaces a la mayoría de cadena de transferencia de datos NMEA (National Marine Electronics Association, creada para el intercambio de información digital entre los productos electrónicos marinos) hacia los transpondedores/ receptores AIS y de los QPS connect server, quien distribuye actualmente datos meteorológicos entre los usuarios del sistema Qastor. También es capaz de transmitir otros tipos de información.

Al ser un software diseñado como Sistema de Cartas Electrónicas (ECS) puede ser similar de los equipos de a bordo pues tiene aplicaciones tanto a la navegación como otras muy curiosas, como operaciones de amarre offshore en plataformas petrolíferas o abarloado a buques offshore.

Qastor, con los datos de posicionamiento y orientación fiables y precisos, se presenta como una herramienta que puede mejorar en gran medida el conocimiento de la situación. Además de la información básica de un sistema ECS como el rumbo, la velocidad, rumbo sobre el fondo (COG) y la velocidad del giro (ROT).

Por otro lado, conociendo el calado del buque, el margen de resguardo bajo la quilla (UKC) y el valor de la marea en tiempo real, Qastor es capaz de diferenciar entre aquellas aguas que sean o no seguras para el buque en cuestión. Lo determinara de una manera sencilla visualizando las distintas áreas de profundidad en diferentes colores.

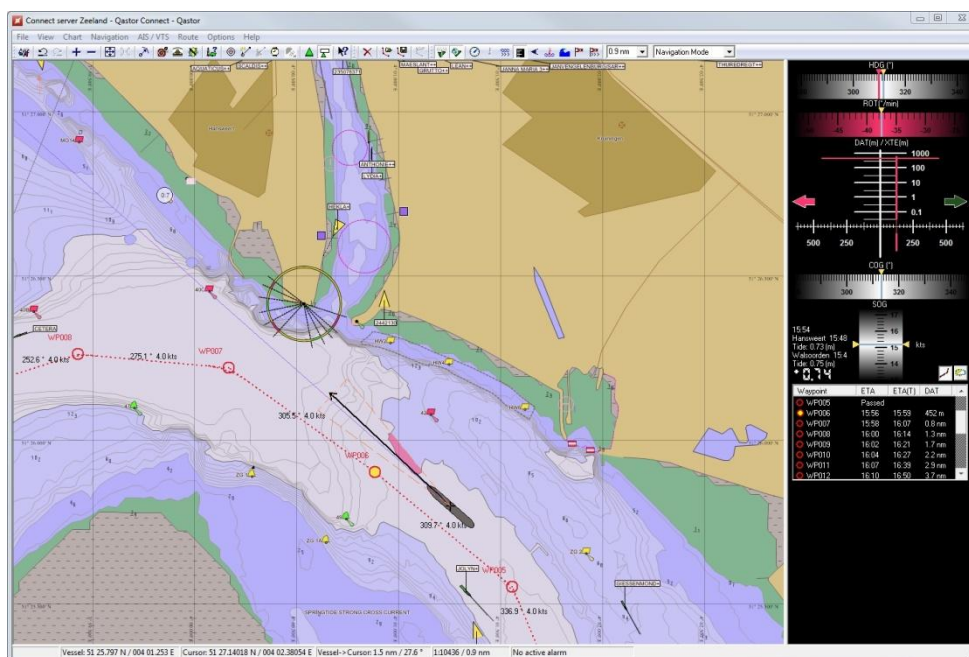


Fig.10 Visualización de Sistema Qastor [10]

Haciendo uso de los datos de velocidad, COG y rumbo el sistema puede predecir la trayectoria que va a tomar el buque durante un periodo de tiempo definido por el usuario. Sí además de esto, lo sumamos a que el práctico posee un equipo PPU de alta gama, esta predicción puede ser extremadamente precisa.

Posee la integración del sistema AIS el cual le permite al usuario conocer el trafico a su alrededor, así como conocer el punto más cercano de aproximación (CPA) de los blancos que se considere oportuno.

Para las maniobras de atraque o de aproximación a una esclusa se debe tener una visión clara y completa de la maniobra que se va a efectuar, incluyendo distancias de aproximación, velocidad y dirección, además de la tasa de giro (ROT). En particular las velocidades de proa y popa que son vitales para algunos buques cuando se efectúa cualquiera de estas maniobras. Para esto Qastor ofrece un “Modo atraque” (Docking Mode) y un “Modo de aproximación a esclusa” (Lock Approach Mode).



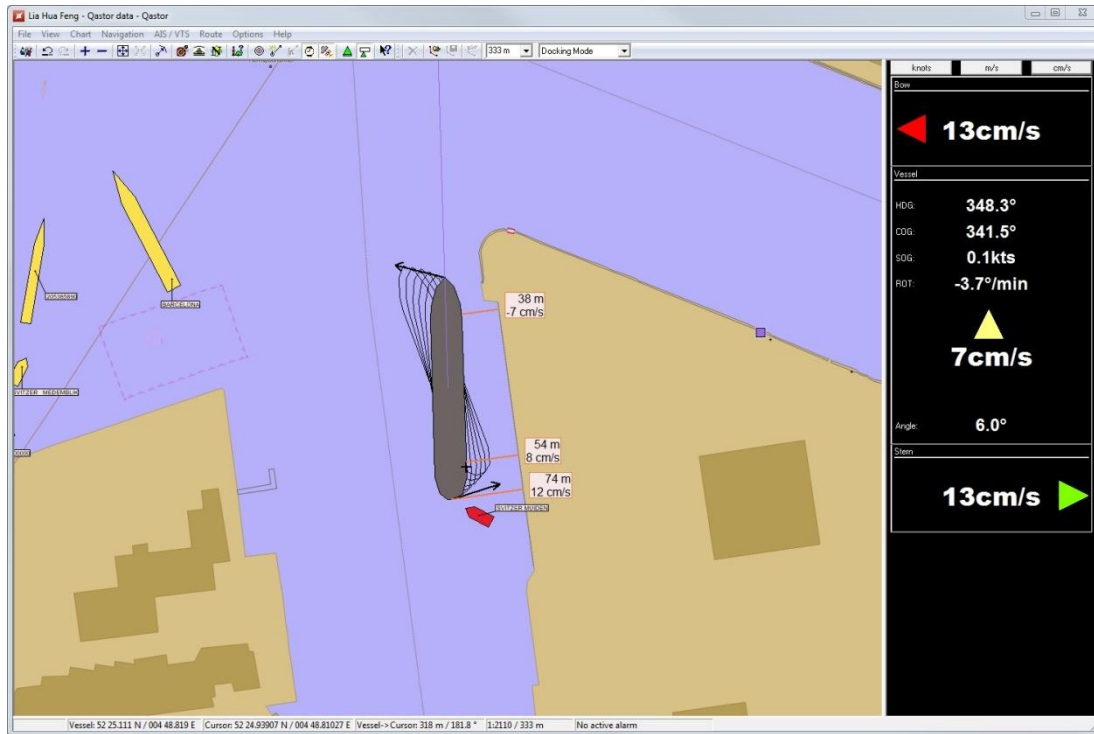


Fig.11 Velocidades y Distancias. “Docking Mode” [11]

Al entrar en cualquiera de estos modos, toda la pantalla de navegación cambia automáticamente, donde sólo se presentan los datos necesarios para la maniobra. Así el usuario podrá concentrarse únicamente en dicha tarea. La pantalla cambia a un modo Head-up u a una orientación Mooringline-up en lugar del Tradicional North-up, y muestra dos vectores de velocidades, uno desde la proa y otro desde la popa.

El usuario puede hacer uso del modo de predicción de la trayectoria durante un periodo de tiempo ajustable.

Por otro lado, se pueden establecer unas líneas de navegación como Líneas de atraque o Líneas de esclusa. Dichas líneas pueden establecerse a modo de guía. Qastor utiliza estas líneas de navegación para medir la distancia de cada lado del buque a la línea de atraque o a la línea de esclusa.

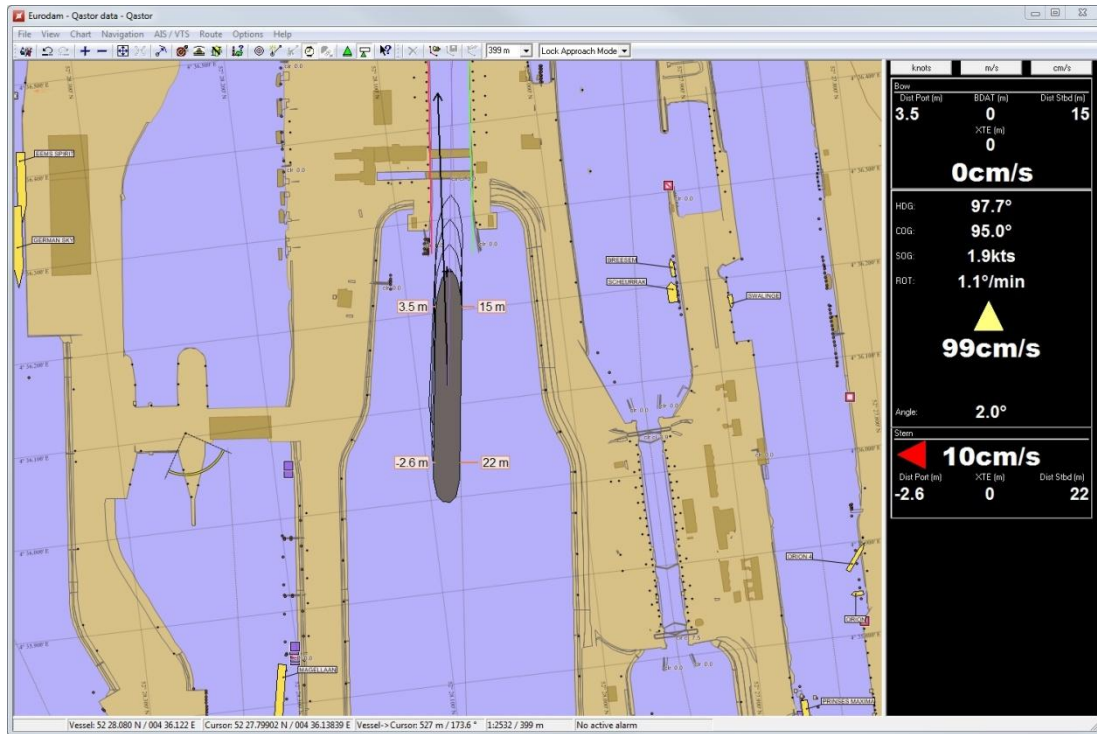


Fig.12 “Lock Approach Mode”. Uso de Líneas de Navegación. [12]

Qastor da la posibilidad de compartir información al sistema por los diferentes usuarios. Pero dado a que el diverso conjunto de estas informaciones provienen de múltiples fuentes, se hace necesaria la creación de un único punto de acceso a estas múltiples informaciones. Para ello, se hace uso de Connect Server para Quastor, el cual recopila la información obtenida de muchas fuentes, que a menudo se actualizan de manera continua, y la distribuye centralmente a múltiples usuarios los datos recogidos establecidos como comunes. Es decir, si pueden transmitir datos en tiempo real sobre datos meteorológicos, hidráulicos y además permite crear anotaciones sobre acontecimientos o información adicional de una ubicación específica. Las anotaciones permiten además agregar una imagen con el fin de completar un archivo y ser enviado al resto de usuarios del sistema.



### 6.3. SafePilot App

Safe Pilot App es un software diseñado por la empresa danesa MARIMATECH con sede en Hinnerup, Dinamarca. Este software hace uso de la tecnología de pantalla táctil, construido en un núcleo inteligente para el manejo de cartas en múltiples capas. Ofrece, además, un conjunto de herramientas necesarias para realizar una operación más moderna y profesional de practicaje.

La manipulación grafica inteligente permite la visualización de múltiples capas como profundidad, boyas, símbolos, etc. Permite la visualización de la carta con varias orientaciones. Las cartas compatibles pueden ser S-57 y S-63.

Tiene una opción de pantalla de Día/Noche donde al cambiar al modo noche se atenúan los colores de la carta.

El sistema calcula e indica la predicción futura de la embarcación con marcos de tiempos ajustables y un número de formas fantasmas o huellas.

Muestra los vectores de movimiento en proa y popa cuando el buque gire o se mueva a baja velocidad. Cuando se mueve a velocidad y rumbo constante aparece un vector de movimiento central.

Safe Pilot App es un software basado en un enfoque modular. Esto quiere decir que tiene distintos módulos con funcionalidades diferentes.

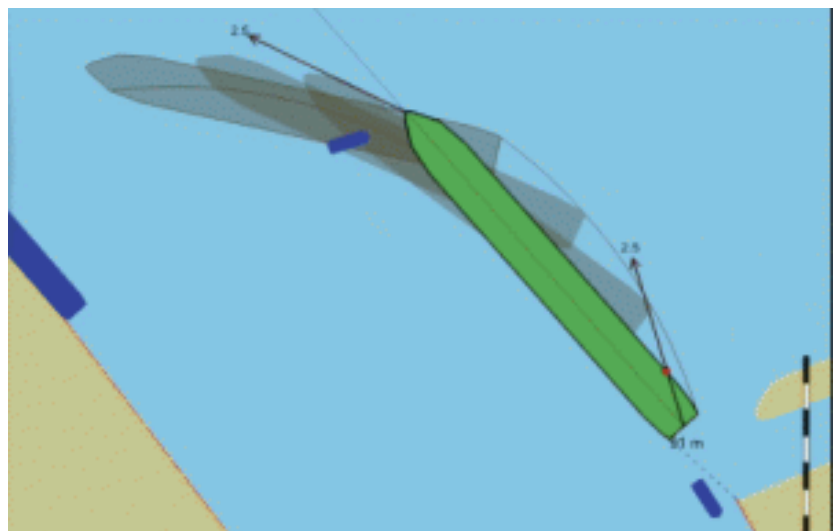


Fig.13 Huellas de Predicción y Vectores. [13]

El practico al adquirir este software Selecciona o, mejor dicho, Compra los módulos que necesita para realizar la operación específica. Dichos módulos son los siguientes:

1. Básico

- Cuando se adquiere el producto en la App Store, viene con las funciones básicas de la estructura GPS del iPad.

2. Navegación Pro

- Este modulo viene con las herramientas necesarias para la conexión GPS de su elección, y las ayudas de navegación necesarias para la planificación básica y navegación.

3. Atraque – “Giro en la Dársena” ( Turning Basin)

- Perfecto para virar o atracar e incluso girar con grandes buques.

4. Rio

- Conocimiento de los puntos de encuentro, como el CPA y el TCPA relativos a la ruta.
- Mover el punto de encuentro para ver la velocidad requerida.
- Saltar rápidamente entre ubicaciones definidas usando la barra de herramientas con una escala personalizable.

5. Esclusa

- Mide la distancia hacia los lados y las puertas de la esclusa.
- Dirección de la entrada y salida de la esclusa.

6. Servidor del Cliente

- Da la integración de los servicios de la App en tierra.

7. Modulo Marino

- SPM (Single Point Mooring), el cual es un método de amarre en un único punto (boya o muelle flotante en alta mar) para labores como la carga y descarga.
- Sistema Tandem, es un sistema de amare a buques tipo FPSO (Floating, Production, Storage and offloading) y otro tipo de aplicaciones Offshore.

- Abarloado (Side by Side), consiste en una maniobra en la que un buque atraca en el costado de otro, tanto en puerto como en navegación.
- Zonas de Aproximación.
- Transferencias de carga STS (Ship To Ship).
- Visualización de datos genericos.
- Atraque en multiples posiciones.

A parte de estos módulos diseñados para “especificar” el uso de Safe Pilot App, MARIMATECH se encarga también del diseño y fabricación de unidades PPU. Estas unidades, al igual que su software, dependen de la necesidad vital de cada Práctico. Entraremos en más detalle con estas unidades en el siguiente apartado donde comentaremos algunos de los productos existentes en el mercado.

Por otro lado, el software SafePilot consta de otras herramientas o módulos, a fin de implementar así la precisión de sus servicios entre el usuario de este sistema en su equipo PPU y las demás estaciones o puertos. Estos módulos son los siguientes:

- SafePilot Engine.
- SafePilot Shore.

### **SafePilot Engine**

SafePilot Engine une a los prácticos con la administración del puerto durante el ejercicio de la operación, con toda la información y datos necesarios para una navegación y gestión portuaria eficiente. Este sistema permite al usuario adecuado que con un simple toque con el dedo le permita, en tiempo real, un acceso directo a la información pertinente del personal, datos, horarios y subsistemas que al estar unidos entre sí permiten una total transparencia para el intercambio e intención de la información.

El sistema SafePilot Engines es el cerebro de todo el sistema general de SafePilot sincronizando los datos entre el Práctico, el Puerto y los subsistemas.

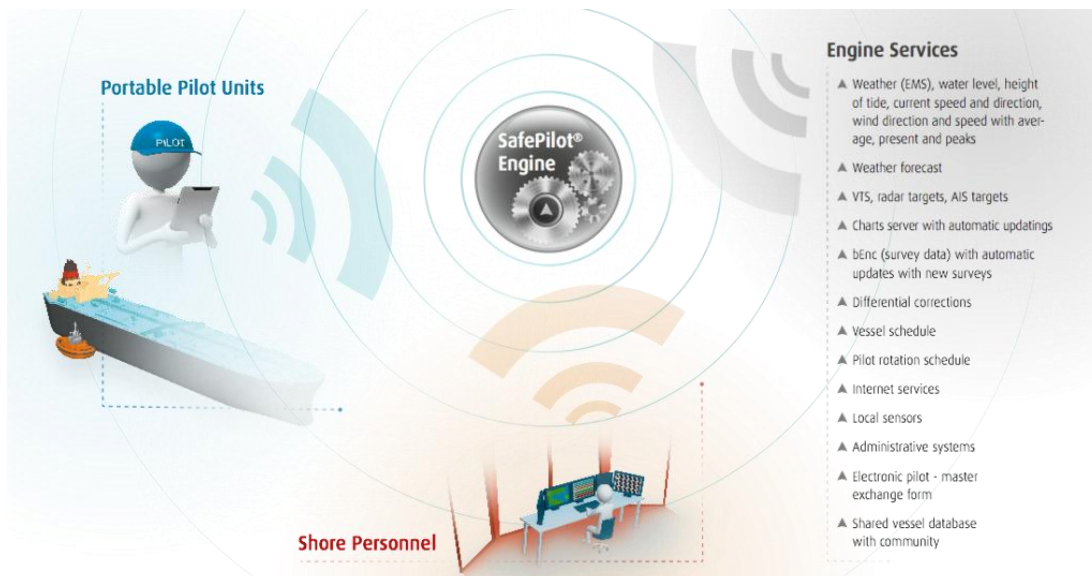


Fig.14 Funcionamiento de SafePilot Engine como Software central. [14]

Para un practica je u operación portuaria segura y eficiente, la información de diversos instrumentos, fuentes y sistemas son esenciales. Dando al practico y personal de puerto una herramienta de acceso a información relevante en tiempo real y la interacción automática donde pueden tomar decisiones basadas en una comprensión completa y detallada de la situación.

Los valores de los servicios son diferentes de un puerto a otro y de una operación de practica je a otra. Para ello, SafePilot Engine está basado en un modulo muy flexible y escalable para un puerto individual o las necesidades específicas para el practica je.

Los servicios disponibles con SafePilots son extensos que van desde el simple uso de AIS, integración de datos meteorológicos y manejo automático de las cartas, a la integración completa de los sistemas administrativos como sistema de facturación automática o medidas del rendimiento.

Dentro de SafePilot Engine se pueden distinguir dos tipos de modulos bien destacados: el Modulo Obligatorio y el Modulo Opcional. El modulo obligatorio son los sistemas básicos que tiene el sistema Engine así como entrada al sistema AIS, correcciones diferenciales, OTA (Over The Air), almacenamiento de datos, entrada de PPU, servidor redundante, sincronización Buque/Tierra y anotaciones.

El modulo opcional, sin embargo, se compone de todos aquellos subsistemas que pueden mejorar el rendimiento eficaz del producto y dependen únicamente de la necesidad de cada puerto y de cada operación de practica. Este modulo se compone de los siguientes elementos:

- Datos meteorológicos, con datos como: mareas, corrientes, el viento (velocidad, dirección y pico), humedad, etc.
- Pronósticos meteorológicos: modulo integrado a los servicios meteorológicos.
- Integración con VTS: integra datos como blancos del Radar y superposiciones.
- Gestión de cartas: actualizaciones automáticas de las cartas de las PPU.
- Integración de Remolque: RPM, vectores, indicación de ordenes visuales y confirmación.
- Integración del sistema de atraque por laser.
- Datos auxiliares bajo encargo.
- Administrativos, con la sincronización de la PPU del práctico para la recuperación instantánea firmada por el Capitan/Piloto, intercambiando, firma electrónica, datos actualizados, integración de horarios, etc.
- Base de datos de los buques compartida con la comunidad de prácticos.
- Módulos personalizados específicos bajo encargo.

### **SafePilot Shore**

El sistema SafePilot Shore o Port ofrece al personal una visión general de la planificación así como de la entrada a puerto y las operaciones de practica en curso, mediante la integración inteligente de horarios y sistemas pertinentes.

El sistema puede ser utilizado desde la simple visión general del tráfico en tiempo real a través de AIS, a la monitorización remota e interacción electrónica con los pilotos de guardia. Dando la opción de intercambio de anotaciones, advertencias o incluso planes de travesía. Además, toda la información administrativa por parte del

piloto será directamente accesible electrónicamente por el personal del puerto ahorrando costes y tiempo en procesos administrativos.

## **7. Compañías Distribuidoras**

Existen varias empresas que ofrecen una gama de productos dedicados a este ámbito. Cada una apuesta por combinaciones de sus equipos con otros software o diseñan un producto compatible con su propio software. Empresas como la anteriormente mencionada MARIMATECH u otras como AD NAVIGATION, NavSim Technology, Navicom Dynamics o PortablePilot.

### **7.1. MARIMATECH**

MARIMATECH, la cual ya ha sido mencionada anteriormente junto con su sistema software, ha adoptado los sistemas operativos de iPad e IOS de Apple para desempeñar la función de equipos PPU. Esto se debe, a las características que posee el iPad, como poco peso, amplia duración de la batería, diseño plano e integrado, una pantalla táctil con procedimiento de cartas muy eficiente y pocas piezas móviles. Además, el sistema operativo de Apple, IOS, hace que la presentación y la interacción del usuario se hagan de manera intuitiva. Todos los iPads suministrados por Marimatech vienen con una cubierta protectora a fin de evitar contratiempos con el agua, polvo y a prueba de golpes.

Cada usuario de estos productos, y dependiendo sobretodo de la necesidad de la operación que desempeñara, Marimatech le proporciona cuatro modelos individuales donde cada uno tiene aplicaciones diferentes. Estos son los distintos modelos y sus aplicaciones:

- CAT ROT: Ideado para la Navegación en Mar y Rio.
- CAT I: Operaciones Portuarias y Rio
- CAT II: Operaciones Portuarias y de Atraque.
- CAT III: Operaciones SBS Offshore, Remolque, supervisión del cabeceo y balanceo, LNG y operaciones en Esclusas.

### 7.1.1. CAT ROT

E-Sea Fix CAT ROT, o simplemente CAT ROT, es una pequeña y compacta unidad diseñada para conectarse al sistema AIS del buque mediante Pilot Plug, cuya traducción puede entenderse como interfaz del práctico. Este transmite los datos vía Wi-Fi hacia el ordenador portátil del Práctico.

El uso del sistema AIS es meramente informativo. El formato de los datos AIS desde el Pilot Plug no proporciona la suficiente resolución en el rumbo ni en la tasa de giro (ROT). Estos parámetros con suficiente detalle son vitales desde el punto de vista de la navegación. En particular, cuando las predicciones de calidad son esenciales.

Una característica del diseño de esta unidad portátil de Marimatech es que el procesamiento y la filtración se realizan dentro de la unidad. Esta característica permite eliminar todos los posibles errores producidos por los enlaces inalámbricos que puedan influir en el rendimiento. Se debe a que los datos transferidos a través de un enlace inalámbrico procesados en el ordenador del Práctico serían propensos a todo tipo de errores, derivándose de la inconsistencia de transferencia real de datos inalámbricos. Esto hace que la serie E-Sea sea superior en cuanto a transferir la calidad de los datos comparándola con sistemas que simplemente transfieren los datos para su total procesamiento en el ordenador del práctico.

Una unidad CAT ROT es mucho más que una interfaz de repetición de datos AIS. CAT ROT mejora la resolución de navegación y las mediciones en tiempo real del ROT haciendo de la interfaz, Pilot Plug, sirviendo como una fuente de datos fiable para los sistemas del Práctico.



Fig.15 Unidad E-Sea Fix Cat ROT. [15]

Esto se obtiene a través de un sensor de velocidad de giro integrado, un microprocesador y el filtro inteligente de Kalman. El resultado es un añadido de unas decimas de grado en la resolución de la navegación y una sustancial mejora en la fiabilidad del ROT en tiempo real.

También nos permite realizar una proyección de la predicción de la trayectoria de un buque con un movimiento de corriente dinámico.

Los datos son transmitidos por Wi-Fi hacia la Tablet u ordenador del práctico. Como opción, CAT ROT está provisto de un sistema integrado DGPS con capacidad SBAS. Este sistema es usado en caso que la interfaz no sea operativa, estableciéndose en el exterior del puente para recibir datos vía satélite.

Las características del producto, facilitada por la empresa Marimatech en su sede online, son las siguientes:

- Sensor de velocidad
- Filtrado inteligente
- Tasa de giro (ROT) fiable y en tiempo real
- Procesador de navegación
- Resolución del Rumbo en decimas de grado
- Los blancos de AIS
- Poco peso (< 300 g)
- Tamaño de bolsillo (138x100x25 mm)
- Puerto USB de carga
- Bajo consumo de batería
- Carga durante el funcionamiento
- Conversión de autopolaridad (APC)
- Capacidad extendida de la batería 22 horas
- Conexión Wi-Fi a la Tablet/ portátil
- Funcionalidad del punto de acceso (infraestructura WLAN)
- Integración a la velocidad independiente y unidad de posicionamiento(CAT I)
- Opción de GPS incorporado con sistema SBAS ( EGNOS,WAAS,MSAS)



### 7.1.2. CAT I

Para las operaciones que requieren un posicionamiento de buena calidad y velocidad en las mediciones de los datos obtenidos por la interfaz estandar “Pilot Plug” pueden verse comprometidos debido a la resolución y sobre todo a la exactitud de los desfases de la señal de antena producidos en el AIS.



Fig.16 Sistemas Cat ROT y Cat I integrados. [16]

Para eliminar este posible riesgo, la unidad CAT-ROT puede ser utilizado en combinación con una unidad de posicionamiento de buena calidad por separado. Dicha unidad es CAT I.

El CAT I una aplicación añadida para CAT ROT ,el cual ofrece, independientemente de los equipos de navegación de a bordo, un receptor GPS de alta precision con capacidad para GPS o GLONASS y los sistemas SBAS disponibles, como EGNOS, WAAS, MSAS, GAGAN, etc.

### 7.1.3. PPU CAT II

Diseñada para operaciones de prácticaje marítimo en Puertos y confinados y transitados canales. CAT II se presenta como una herramienta para las operaciones de navegación y atraque , sustentando todos los datos requeridos y una gran gama de opciones para la integración de datos en tiempo real. El



Fig.17 CAT II PPU [17]

PPU CAT II es totalmente independiende de los sensores del buque.

Las características del Equipo CAT II son las siguientes:

- Poco peso < 3,8 kg (Incluyendo opciones como receptor AIS y el enlace UHF).
- Todo en una sola unidad con el mínimo tiempo de configuración.
- Unidad con filtrado Kalman que elimina los errores producidos por la transferencia de paquete de Wi-Fi.
- Fácil de transportar en una mochila acolchada o un maletín rígido.
- Datos muy precisos y fiables para la maniobra y el atraque.
- Cálculo automático de la línea de base.
- Elección del software flexible
- Amplia gama de opciones para la integración de datos a través de internet o estaciones base (Viento, corrientes, mareas, el servidor de la carta, VTS, etc...)

#### 7.1.4. PPU CAT III

La PPU E-SEA FIX CAT III es diseñada para aquellas operaciones de practica muy exigentes donde se requiere una precisión sub-métrica, así como el seguimiento del movimiento vertical, cabeceo y balanceo. Esto es vital para aquellas operaciones sensibles, como operaciones de LNG, Side-by-Side, atraques offshore, esclusas, etc.



Fig.18 PPU CAT III [18]

La unidad CAT II se basa en un diseño pensado y probado donde se asegura una extrema robustez, precisión y fiabilidad requerida para este tipo de operaciones. También es independiente a los sistemas del buque.

Las características de este equipo son facilitadas por Marimatech en su sede online. Estas características son las siguientes:

- Integrada en una misma unidad para asegurar así una gran fiabilidad.
- Se configura en poco tiempo.
- Rumbo con precisión extrema de 0,01 grados.
- Precisión extrema de la posición (<2cm RMS).
- Poco peso <3,8 kg ( incl. Opciones y enlace UHP)
- Filtrado Kalman que elimina los errores en la unidad causados por la transferencia de paquete de Wi-Fi.
- Seguimiento de los movimientos vertical, cabeceo, balanceo y registro.
- Calculo automático de la línea de base.
- Elección flexible del software.
- Cartas personalizadas según sea necesario
- Gran gama de opciones para la integración de datos a través de internet o estaciones base (viento, corriente, mareas, servidor de cartas, VTS, así como la posición del remolcador, aspecto, RPM, calabrote de carga, etc.)
- GPS y GLONAS L1 / L2 RTK y preparado para Galileo.

## **7.2. AD Navigation**

AD Navigation es una empresa con sede en Tonsberg, Noruega. En sus sistemas tienen aplicaciones enfocadas al atraque, aproximación y entrada a esclusas, paso por canales con puentes, viro y predicción de movimientos.

Para la optimización de sus sistemas hace uso en sus productos del software Qastor, el cual hemos visto anteriormente.

Dentro de su gama de productos AD Navigation ofrece los siguientes según también su necesidad de uso:

- ADX DUO PPU, diseñado como una PPU independiente para navegar en aguas confinadas.

- ADX XR LITE, ofrece ayudas precisas para la navegación y el atraque.
- ADX XR PPU, es una herramienta de ayuda ultra precisa para aproximación a esclusas y para el atraque.
- AD Navigation ADQ-2, es una herramienta conectora a la interfaz AIS con ROT.

### 7.2.1. ADX DUO PPU

ADX DUO es una herramienta diseñada para navegar dentro de aguas confinadas. Es un sistema capaz de lograr un alto rendimiento incluso sin obtener las señales de corrección para los sistemas DGPS/RKT.

Es capaz de obtener los datos necesarios siendo totalmente independiente de los sistemas del buque. Su poco peso y su robustez hace que sea capaz de transportarse sin problemas. ADX DUO se establece automáticamente mediante conexión inalámbrica al ordenador portátil del práctico.

El núcleo de la tecnología de ADX DUO se basa en la integración de doble frecuencia usando los dos sistemas de posicionamiento GPS y GLONASS, así como un sensor de giro independiente para aumentar la precisión de la ROT.

ADX DUO está disponible como un paquete completo incluyendo un ordenador portátil reforzado además de un software técnico para el practicaje.



Fig.19 PPU ADX DUO [19]

Dentro de este equipo podemos diferenciar su método de funcionamiento, características y aplicaciones para entender mejor su uso.

Las características de funcionamiento son las siguientes:

- Exactitud de la Posición: 1,8 metros en el modo no corregido y 0,5 con EGNOS/WAAS.
- Velocidades de Popa y Proa: 1 cm/seg (aprox. 0,02 nudos)
- Precisión del Rumbo: 0,01 grados
- ROT: 0,2 grados/ min.

Dentro de sus características físicas podemos encontrar las siguientes:

- Peso de cada equipo: 1,3 kg.
- Dimensiones de los equipos: 14x14x10 cm
- Prueba de caída: 1,5 metros.
- Duración de Batería: 15 horas.
- Red estándar: WLAN 802.11 g/n.

Y las aplicaciones indicadas para este tipo de equipo son:

- Precisión en navegación y maniobras.
- Asistente de atraque.
- Operaciones FPSO y SPM.

### 7.2.2. ADX XR Lite

ADX XR Lite es un sistema PPU inalámbrico que se comunica con el sistema portátil ECS del práctico por medio de la tecnología inalámbrica estándar. El sistema completo se compone de tres unidades POD o “vainas”, las cuales son robustas, pequeñas y totalmente visuales.



Fig.20 PPU ADX XR LITE [20]

Este sistema PPU, al igual que otros se presenta como un equipo fácil de transportar y que su funcionamiento es ideal para múltiples operaciones.

ADX XR Lite se ha diseñado basándose en el concepto POADSS (Portable Operational Approach and Docking Support System) que traduciendo sus siglas del inglés significa Sistema de apoyo portátil para operaciones de navegación y atraque. Este concepto fue desarrollado mediante el Proyecto Europeo “Marnis” (Proyecto de I+D propuesto en 2006 para implementar una ventanilla única electrónica para el control de los buques que hacen escala en Europa).

ADX XR Lite ofrece cuatro modos dependiendo del cálculo de posición necesario:

1. GPS/GLONASS sin corrección
2. DGPS a través de SBAS
3. DGPS a través de UHF
4. DGPS/DGLONASS a través de UHF

Para cualquiera de estos modos que el cálculo de la posición sea preciso y poder predecir la trayectoria del buque, será necesaria la información sobre el rumbo y la

tasa de giro, que son las observaciones más importantes. Además, una característica sobre la conexión inalámbrica de los sensores POD es que pueden ser usados en buques con una Manga bastante considerable. Es por esto, que poseen la capacidad de recopilar información sobre la navegación extremadamente precisa.

En esta unidad portátil podemos diferenciar las siguientes características de funcionamiento y físicas, además de las aplicaciones para las que puede desempeñar sus funciones.

Como características de funcionamiento existen las siguientes:

- Precisión en la Posición:
  - 0,5 m con sistemas de corrección GNSS locales
  - 0,8 m Con sistemas EGNOS/WAAS
  - 1-2 m con el sistema autónomo
- Velocidades de Proa y Popa: 2 cm/seg (0,05 nudos).
- Rumbo: 0,01 grado (20 m de separación Pod).
- ROT: 0,1 grado/min.

Luego las características físicas del equipo son las siguientes:

- Peso del portátil con 3 Pod: 4,2 kg
- Dimensiones de cada Pod: 14 x 14 x 10 cm
- Resistencia a la caída: 1,5 m
- Duración de la batería: 12 horas
- Red inalámbrica estándar: WLAN 802.11 b / g

En cuanto a las aplicaciones que puede desempeñar este sistema destacan las siguientes:

- Precisión en la maniobra y el atraque.
- Operaciones Barco a Barco (Ship To Ship).
- Movimiento de Plataformas.
- Navegación por vías de tráfico.

### 7.2.3. ADX XR PPU

ADX XR es un equipo PPU que opera de manera independiente a los sistemas del buque, llegando a ser más preciso que el propio giróscopo instalado en el buque. Además, posee sensores ROT y registro de velocidades.

Es un sistema totalmente inalámbrico que hace uso de GNSS como GPS, GLONASS y está preparado para el sistema Galileo. También puede hacer uso de AIS de manera opcional y de imágenes de tráfico de VTS.

Se ha desarrollado como un sistema que trata de cubrir las demandas de navegación y atraque de grandes buques, medición de bajas velocidades, rumbo y la tasa de giro.

El sistema de esta unidad de pilotaje portátil deriva esas mediciones usando las más punteras técnicas de cinemática en tiempo real (Real Time Kinematic, RTK) para los sistemas GPS/GLONASS, junto con sensores ROT precisos.



Fig. 21 ADX XR Usado en la entrada de una esclusa [21]

ADX XR es un sistema PPU inalámbrico que puede comunicarse con el portátil del práctico a través de una red inalámbrica estándar. El sistema completo se compone de tres Pod, pequeñas y reforzadas, que han sido fabricadas y pensadas para ser transportadas cómodamente. Al igual que otros productos de AD Navigation, ADX XR se ha diseñado basándose en el concepto POADSS (Portable Operational Approach and Docking Support System) que fue desarrollado mediante el Proyecto Europeo “Marnis”.



Una característica única de ADX XR es la incorporación de dos módems para la recepción de correcciones RTK a través de dos proveedores de UMTS diferentes. La selección automática de proveedores le permite al sistema reducir al mínimo la pérdida de correcciones, resultando ser un sistema casi sin tiempo de inactividad. Además, la continua alta precisión del modo RTK durante el atraque y el paso por esclusas hace que sea un equipo extremadamente fiable.

ADX XR es un sistema que posee unas características de funcionamiento y físicas tanto similares algunas como diferentes a las vistas anteriormente, además puede desempeñar operaciones específicas, complejas y precisas.

Las características de funcionamiento del equipo PPU ADX XR son las siguientes:

- Precisión de la Posición:
  - 1-2 cm en modo RTK
  - 0,8 m con EGNOS/WAAS
  - 2 m sin corregir GPS/GLONASS
- Velocidades en Proa y Popa: 1 cm/seg (0,02 nudos)
- Efecto Vertical/ Squat(aumento de calado al reducir velocidad): 2-3 cm modo RTK
- Rumbo: 0,01 grado (20 m de separación Pod)
- ROT: 0.1 grado / min

Las características físicas de ADX XR son las siguientes:

- Peso de los 3 Pod con el portátil: 4,2 kg
- Dimensiones Pod: 14 x 14 x 10 cm
- Prueba de caída: 1,5 metros
- Duración de la batería: 11 horas (UHF), 7 horas (Dual Módem)
- Red inalámbrica estándar: WLAN 802.11 b / g
- Las correcciones RTK son a través de radio UHF o DualSIM de banda ancha (UMTS)
- Integra administración de energía y carga inteligente

Además este sistema, dentro de sus posibles usos, viene indicado para ser aplicado en lo siguiente:

- Reemplazar medidores laser para el atraque.
- Precisión en la maniobra y el atraque.
- FPSO y SPM
- Operaciones barco a barco
- Movimiento de plataformas
- Canales de tráfico

#### **7.2.4. AD Navigation ADQ-2**

ADQ-2 es una herramienta para la conexión inalámbrica al sistema ECS del práctico por medio de la interfaz AIS. También ofrece de manera independiente la medición precisa de la tasa de giro (ROT) en tiempo real. ADQ-2 hace uso de una frecuencia Bluetooth estándar (Clase 1) y WLAN 802.11 b / g para hacer que la conexión se haga de manera muy sencilla a cualquier software principal para el pilotaje, independientemente del sistema operativo del ordenador.

ADQ-2 en combinación con el paquete ECS adecuado, se presenta como una herramienta diseñada idealmente para operaciones de navegación costera y maniobras básicas.

Esta es capaz de compensar los posibles defectos del cableado de la interfaz Pilot Plug del buque. Incluso detecta las señales de serie tan débiles como 0,25 v. La CPU interna consigue separar los datos reales proveniente de AIS separándolos de las posibles interferencias o “ruido”. Otra característica de ADQ-2 es que consigue una precisión en el rumbo del buque a unas decimas de grado.

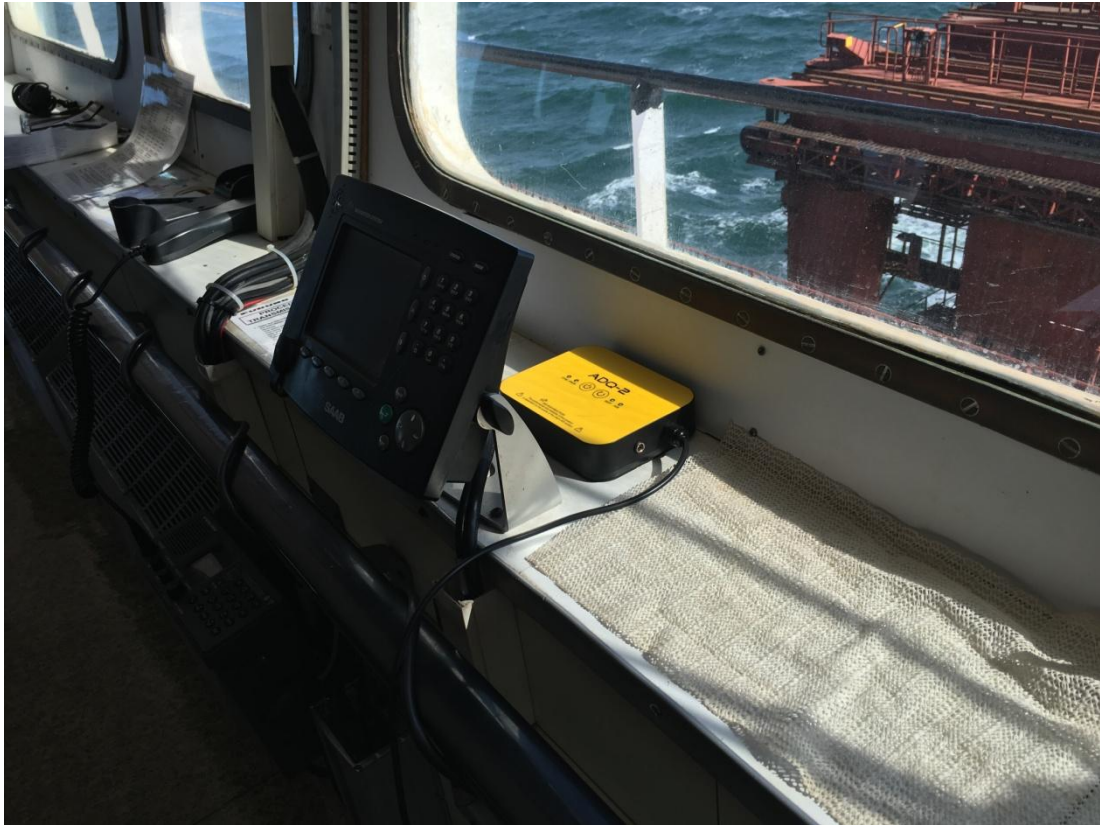


Fig.22 ADQ-2 Conectado a interfaz AIS Pilot Plug [22]

De manera más esquematizada las características físicas tanto las de funcionamiento de la unidad ADQ- 2 son las siguientes:

- Precisión del Rumbo: 0,1 grados con el sistema de filtrado del barco.
- Conexión: Bluetooth y WLAN opcionales.
- Rango de Redes inalámbricas: 200 m Wi-Fi y 100 m Bluetooth.
- ROT: 0,5 grados / min
- Duración de batería: 56 horas en modo Bluetooth
- Dimensiones de cable AIS: 180 x 100 x 32 mm, 390 g

### 7.3. Navicom Dynamics

Navicom Dynamics es una empresa dedicada a sistemas de tecnología de orientación de alta precisión y sistemas de supervisión que tiene sede en Auckland, Nueva Zelanda.

Navicom Dynamics se ofrece en hacer más seguras, más eficientes y de coste efectivo de las operaciones mediante el suministro avanzado, fiable e innovador de soluciones de orientación y supervisión.

Para ello, la empresa destaca el uso y el conocimiento adquirido durante más de una década, donde ha ofrecido sus productos y ha ido evolucionando en base a las necesidades de multitud de marinos profesionales en todo el mundo.

Navicom Dynamics combina su tecnología portátil de pilotaje con los sistemas líder de representación de cartas electrónicas. Además, para ofrecer numerosas características personalizadas y facilitar la actualización del sistema, incorpora específicamente el software de pilotaje Qastor y SEAiQ que han sido probados por prácticos de todo el mundo. También puede hacer uso de software como ORCA Pilot G2, Transas Pilot o Roses Point ECS que son bastantes recomendados igualmente y pueden ser adaptados a los sistemas de Navicom Dynamics.

Dentro de su gama de productos Navicom Dynamics tiene en cuenta las necesidades prioritarias de cada operación diferenciándolas así en diferentes equipos. Estos equipos recogen y manipulan la información para mostrar lo que realmente necesita la persona encargada a una operación específica.

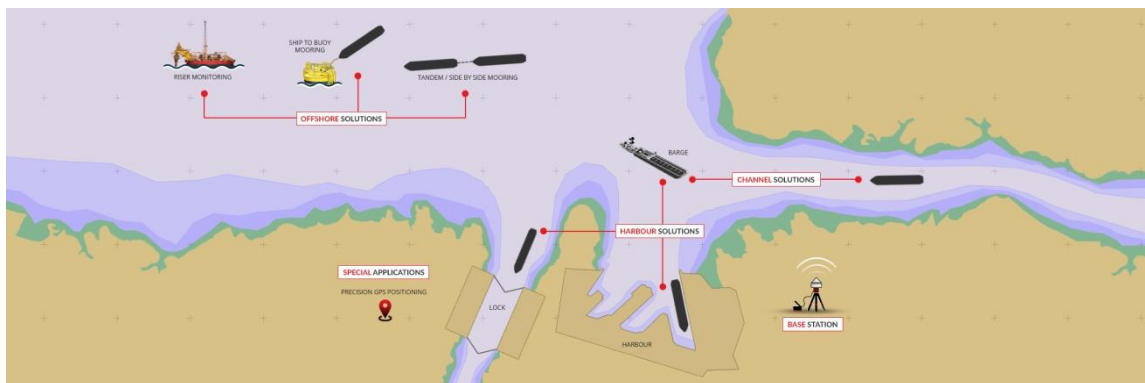


Fig.23 Representación de Distintas Necesidades Según Navicom Dynamics. [23]

En base a la imagen anterior vemos las distintas necesidades específicas que requieren de una operación diferente en cada uno de los casos. Para ello, Navicom Dynamics cuenta con una serie de modelos, independientes entre sí, de unidades portátiles de pilotaje. Estos son los siguientes:

1. HarbourPilot, es una unidad que mejora la seguridad y eficiencia en los puertos.
2. ChannelPilot, ideal para navegar en canales estrechos y realizar algunas maniobras restringidas.
3. HarbourPilot Triton, Es una herramienta más avanzada que integra los últimos avances para operar de manera eficiente y segura en puertos.
4. ShuttlePilot, aporta soluciones de ayuda de atraque totalmente personalizadas para la industria Offshore.

### 7.3.1. HarbourPilot

Es una unidad portátil que posee una gran precisión de posicionamiento y de dictaminar el rumbo. Facilita en las labores de practica una información fiable sin necesidad de hacer uso de los sistemas de a bordo del buque, suprimiendo así los posibles errores suministrados por la interfaz Pilot Pug en los datos AIS.

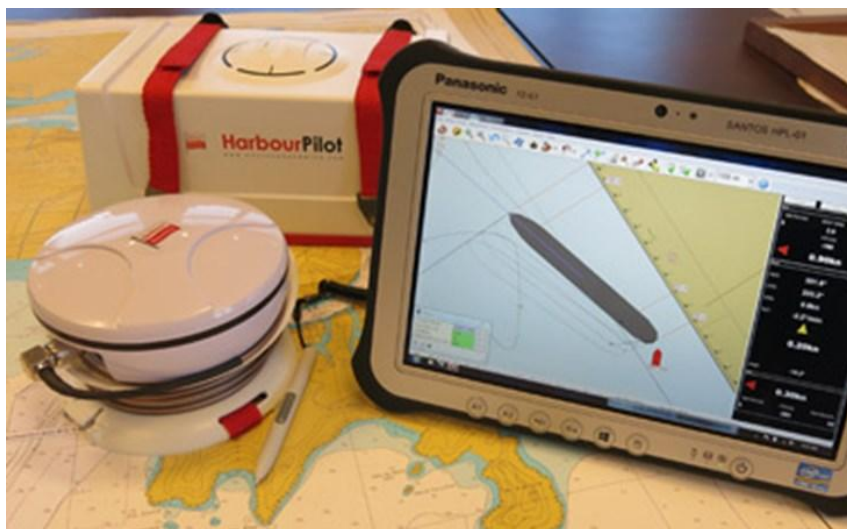


Fig.24 Unidad HarbourPilot. [24]

Esta unidad portátil es una herramienta segura y eficaz es capaz de soportar todas aquellas labores de practica en cualquier lugar.

Es una herramienta capaz de aportar datos de gran calidad al igual que los de a bordo del buque, aunque sea totalmente independiente a dichos sistemas. Esto hace que sea considerada como una fuente independiente de información para la navegación aportando que los movimientos del buque sean más seguros en condiciones marginales, incluso en situaciones de poca visibilidad.

Al igual que otros sistemas comentados anteriormente puede hacer uso de una predicción de la trayectoria del buque que puede ser analizada conjuntamente con la información en tiempo real de resguardo bajo la quilla (UKC).

A parte de la utilización de sus aplicaciones, el sistema se compone de unas características de funcionamiento y características físicas que definen la calidad técnica de esta unidad portátil.

Las características de funcionamiento o especificaciones técnicas de uso determinan la precisión del equipo de la manera siguiente:

- Receptor: GPS / GLONASS L1
- Precisión: 1,2 m (sin corregir)  
    < 0,3 m (SBAS/DGPS)  
    < 0,01 m (RTK)
- Precisión del Rumbo: 0,01 grados
- Fiabilidad del Rumbo:  $\pm 0,02$  grados
- ROT:  $\pm 0,1$  grados / min
- Rango AIS: > 7 millas náuticas

Las características físicas de HarbourPilot son las siguientes:

- Dimensiones: 235 x 135 x 110 mm
- Duración de la Batería: 12 horas ( batería de Li-Ion)
- Red inalámbrica: Wi-Fi o Bluetooth (Clase 1)
- Peso: < 3 kg ( incluyendo sistema de representación)

### 7.3.2. ChannelPilot

ChannelPilot se ofrece como un sistema alternativo para otras unidades PPU, integrando una combinación de posicionamiento GNSS independiente y una gran precisión en la tasa de giro con datos del rumbo semi-independientes.

Esta unidad ofrece también una excelente recepción de los blancos procedentes de AIS. Se caracteriza por ser un sistema de ayuda para la navegación en canales angostos, así como para el apoyo para realizar maniobras restringidas en algunas circunstancias.

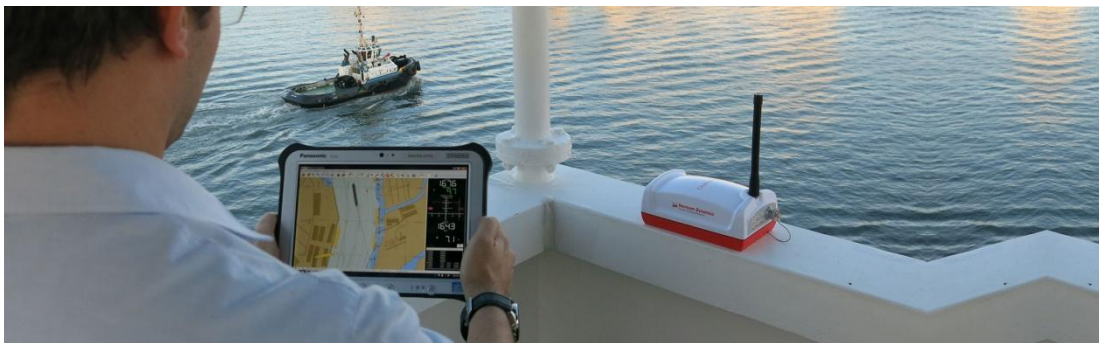


Fig.25 PPU ChannelPilot usándose en un canal. [25]

Con un software apropiado, ChannelPilot puede ser un sistema de múltiples beneficios para la seguridad de las maniobras, incluyendo asistencia durante condiciones de poca visibilidad y la indicación de zonas de tránsito seguras.

Este sistema alternativo se caracteriza por su poco peso que le permite ser transportado cómodamente. Diseñado para las condiciones más duras, con una carcasa dura y resistente al agua. El sistema se fija a cualquier punto del barco mediante una base magnética, siendo así un sistema firme y rápido de situar.

Es un sistema que aumenta la seguridad durante su uso pues contiene detecciones tempranas del comienzo del giro. Es independiente a la interfaz Pilot Plug de AIS, previniendo así los errores de desfase de su señal.

Además permite el uso de grabaciones en sus operaciones para hacer evaluaciones de riesgo o para servir de material de formación para el resto de prácticos.

De manera más esquematizada el fabricante Navicom Dynamics nos facilita las características tanto de funcionamiento como físicas en su página web (incluida en la bibliografía). Las características de su calidad de funcionamiento son las siguientes:

- Precisión GPS:
  - < 2,5 m (sin corrección)
  - < 1 m (SBAS)
- Precisión del Rumbo: 0,1 grados
- ROT: < 1 grado / min
- Rango de AIS: < 10 millas náuticas mediante la antena externa del aparato.

Luego las especificaciones técnicas del aparato son las siguientes:

- Componentes: unidad principal, antena AIS externa y cargador.
- Recetor: L1 GPS, GLONASS, Galileo, Beidou y QZSS.
- Dimensiones: 170 x 110 x 72 mm
- Peso: 850 gramos.
- Red inalámbrica: Wi-Fi o Bluetooth (clase 1)



### 7.3.3. HarbourPilot Triton

HarbourPilot Triton es un sistema muy similar al anteriormente comentado HarbourPilot. Sin embargo, el sistema Triton incorpora los últimos avances en posicionamiento, navegación y ROT, convirtiéndolo en una herramienta superior a HarbourPilot.

Se ha diseñado en dos versiones diferentes, “lightweight” y “ruggedised”, donde ambas versiones ofrecen un incremento de precisión en el posicionamiento, velocidad y rumbo respecto al fondo (SOG y COG), la opción de correcciones RTK y el modo de doble frecuencia L1/L2 de GNSS. HarbourPilot Triton no requiere de un pre-programado de la separación de la



Fig.26 HarbourPilot Triton Ruggedised version. [26]

La versión “ruggedised” ofrece a través del sistema RTK niveles de posicionamiento precisos usando la red de satélites base (SBAS) para hacer uso del servicio de corrección en cualquier parte del mundo.

De manera general y esquemática Navicom Dynamics nos facilita todas las características específicas de dichos sistemas. A pesar de ser dos versiones muchos de sus fundamentos son iguales variando únicamente en los aspectos físicos del aparato.

Las características específicas para ambas versiones son las siguientes:

- Peso: < 3 kg (version Lightweight, sin pantalla)  
8 kg (version Ruggedized, sin portatil)

- Dimensiones: 235 x 135 x 110 mm (lightweight)  
500 x 405 x 190 mm (ruggedised)
- Receptor: L1 GPS / GLONASS / Beidou  
L2 GPS / GLONASS / Beidou
- Fiabilidad del Rumbo:  $\pm 0,02$  grados
- Precisión del Rumbo: 0,01 grados
- ROT:  $\pm 0,1$  grados / min
- Precision en la Posición:
  - 1,2 m (sin corrección)
  - < 0,3 m (SBAS/DGPS)
  - 0,08 m en Banda L (ruggedized)
  - 0,01 m (RTK)
- Rango AIS: >7 millas náuticas
- Velocidades en Proa y Popa:  $\pm 0,01$  m/seg (0,02 nudos)
- Red inalámbrica: Wi-Fi o Bluetooth (clase 1)
- Duración de Batería: > 8 horas (lightweight)  
>10 horas (ruggedised)

#### 7.3.4. ShuttlePilot

ShuttlePilot es un sistema que se ofrece como una ayuda de atraque para el posicionamiento relativo de las maniobras offshore, como amarren en tándem, SBS o SPM.



Fig.27 Diferentes modelos de ShuttlePilot. [27]

Una característica de ShuttlePilot, es la integración de alertas de emergencia, así como alertas de rotación y un sistema de parada de emergencia. En función de las distintas necesidades se trata de un sistema que puede ser totalmente personalizado.

Es un equipo sincronizado, preciso, en tiempo real que convierte todos sus datos en información fiable para tomar decisiones críticas. Ofrece un sistema de alerta temprana para el exceso de velocidad de acercamiento y/o de giñada de la FPSO durante la aproximación. Además tiene un sistema de apagado de emergencia remoto y cuenta con una característica opcional para el control de alineamiento de una plataforma que este siendo remolcada.

El sistema se compone de varias plataformas o equipos específicos a realizar una tarea en particular, consiguiendo así una mayor efectividad. Las características de precisión de todos estos sistemas son prácticamente las mismas, siendo estas las siguientes:

- Posición: 0,25 m (SBAS/DGPS)  
0,08 m (sistema Omnistar diferencial)  
0,01 m (RTK)
- Rumbo:  $\pm 0,2$  grados
- ROT:  $\pm 0,5$  grados / min

Los distintos componentes PPU de ShuttlePilot así como la función que desempeñan son los siguientes:

- ShuttlePilot Fixed (SPF)  
Es un sistema instalado en un buque emplazado de manera permanente. Se puede combinar con el resto de componentes (SPP, SPD y SPR). Ofrece ser un sistema de intercambio de datos necesarios del buque emplazado y de recepción de los datos similares de la embarcación que se acopla. Esto le permite poder calcular los datos necesarios como posición, ROT y rumbo fundamentales para el barco en acoplamiento. Además, permite el sistema de apagado de emergencia remoto.

- **ShuttlePilot Portable (SPP)**  
Es instalado en el buque que sea maniobrado. Permite combinarse con SPR y SPD completando así la instalación para dicho buque. El sistema calcula la posición, rumbo y ROT para el buque donde está instalado. Luego transmite estos datos a la SPF del otro buque y a cualquier otra SPR de sus alrededores.
- **ShuttlePilot Display (SPD)**  
Este sistema se combina con SPR y SPP para completar la instalación del buque que se está maniobrando. La información en pantalla es recibida por la SPR a través de UHF tanto de SPP y SPF. Donde los datos son enviados al ordenador portátil vía Bluetooth.
- **ShuttlePilot Remote (SPR)**  
Este sistema combinado con SPD completa la instalación para algunos buques que necesiten un seguimiento por pantalla de manera remota de una operación. SPR puede actuar como un sistema de parada de emergencia remoto.
- **ShuttlePilot Buoy (SPB)**  
Este sistema es instalado en un punto de amarre simple (SPM). Puede ser combinado a otros sistemas para dar información de aproximación, así como calcular la posición exacta de la boya y transmitir los datos a la SPR u otro sistema al buque que se aproxima.

# 8. Formación Profesional

Hoy en día se hacen uso de múltiples sistemas de navegación a bordo de todos los buques. Para que estos sistemas se utilicen respondiendo a su fin de ser una plataforma que aumente la seguridad del buque, se requieren unos conocimientos sobre estos sistemas.

Es por ello que el usuario que utilice estos sistemas debe tener una formación cualificada que le permita explotar al máximo todos los recursos. Es un requisito reglamentado por las autoridades competentes. Incluso de no ser un requisito reglamentando, sería una gran negligencia por parte de un práctico, llevar un sistema como una PPU a bordo de un barco sin la correcta formación.

Por esto, los prácticos que usen sistemas PPU deben tener una completa formación de su primer uso. Además, ellos deberán recibir instrucción suplementaria en el momento que la configuración del hardware o el software de la PPU tenga un cambio apreciable.

Tanto la cantidad como el tipo de formación necesarios antes de utilizar una PPU varía dependiendo de muchos factores. Por lo general, aquellos sistemas que muestren mas información y requieran una mayor interacción entre el usuario necesitarán un mayor nivel y cantidad de información.

Algunos de los factores que deben determinar el tipo y la cantidad de formación son:

- Tipo de dispositivo de visualización: Portátil, tablet, GPS portátiles, etc.
- Sistemas de Posicionamiento: GNSS, DGPS, SBAS, etc.
- Tipo de formato de visualización: Texto, gráficos, cartas electrónicas, etc.
- Método de conexión de los equipos: con cable, Wi-Fi o Bluetooth.
- Entorno o área prevista de uso.
- Otras herramientas combinadas con el sistema de navegación: AIS/ Pilot Plug

Los conceptos básicos de formación deberían incluir la teoría sobre la selección de dispositivos de posicionamiento, una extensa orientación en el uso de hardware y software, principios y uso de cartas de navegación electrónicas y AIS, y la integración de un recurso de prácticas para la gestión de los equipos dentro del puente.

Cabe destacar que no se debe suponer que por tener un componente de una PPU, usado de forma habitual en la vida cotidiana, la formación sobre ese dispositivo pueda ser eliminado.

## 9. Conclusión

En la actualidad existen muchos factores que influyen en la maniobra. Uno de estos elementos es el tamaño de los buques actuales, como el Triple E de la compañía Maersk, el cual requiere de un sistema de maniobra diferente al resto de buques dado su enorme tamaño. Para ello, hacer buen uso de una unidad portátil de pilotaje puede convertirse una gran herramienta de información, en tiempo real, de todos los parámetros relativos a la maniobra de un determinado buque. A pesar, de sus múltiples ventajas debemos recordar que no se trata de un sistema mágico, que nos aporta todo lo que queramos, sino que es un sistema de “Apoyo” basado en operaciones informáticas complejas. Resalto el concepto de “Apoyo” para entender que los sistemas PPU solo aportan DATOS únicamente. Es decir, los equipos PPU no realizan la operación de maniobra ellos mismos, como si de un piloto automático se tratase. Para ello, el factor humano siempre es importante pues no está sometido a ningún error de desfase de la señal GPS o a una descarga de la batería

Verdaderamente se trata de un sistema sorprendente, que en las manos apropiadas y la experiencia de un capitán experimentado, puede convertirse en una herramienta que aumente la seguridad en todas las maniobras.

# Conclusion

Currently there are many factors that influence the maneuver. One of these elements is the size of existing vessels, as the company Triple E Maersk, which requires an operating system different from other ships because of its enormous size. To do this, make good use of a portable pilot unit can become a great tool for information, in real time, all parameters relating to a particular ship maneuver. In spite of its many advantages we must remember that there is a magical system that gives us everything we want, but a system of "support" based on complex computer operations. Highlight the concept of "Support" to understand that the PPU systems only provide data only. That is, the PPU equipment not perform switching operation themselves, like an autopilot it were. To do this, the human factor is always important because it is not subject to any offset error of the GPS signal or a battery discharge

It is truly an amazing system, which in the right hands and expertise of an experienced captain, can become a tool to increase security in all maneuvers.



# 10. Bibliografía

## Fuentes de Imágenes:

- [1]. <http://www.bbc.com/news/science-environment-34217255>
- [2]. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SBAS\\_Service\\_Areas.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SBAS_Service_Areas.png)
- [3]. <https://www.marinetraffic.com/es/>
- [4]. <http://navicomdynamics.com/case-studies/view-all>
- [5]. <http://www.practicosdepuerto.es/colegio-federacion/publicaciones/portable-pilot-units-ppu-tecnolog%C3%AD-al-servicio-del-pr%C3%A1ctico-portuar>
- [6]. <http://navicomdynamics.com/products/software>
- [7]. [http://ccom.unh.edu/sites/default/files/publications/Alexander\\_2008\\_CHC\\_Use\\_of\\_Piloting\\_Units\\_By\\_Pilots.pdf](http://ccom.unh.edu/sites/default/files/publications/Alexander_2008_CHC_Use_of_Piloting_Units_By_Pilots.pdf)
- [8]. <https://www.sevencs.com/navigation-software/orca-pilot-g2/>
- [9]. <https://www.sevencs.com/navigation-software/orca-pilot-g2/>
- [10]. <http://www.qps.nl/download/attachments/5079419/01.jpg>
- [11]. <http://www.qps.nl/download/attachments/5079419/03.jpg>
- [12]. <http://www.qps.nl/download/attachments/5079421/02.jpg>
- [13]. <http://www.qps.nl/download/attachments/5079421/01.jpg>
- [14]. <http://www.marimatech.com/products/piloting/safepilot-software-ipad/safepilot-app/attachment/prediction-turn>
- [15]. <http://www.marimatech.com/products/piloting/cat-rot-wireless-ais-pilot-plug-adapter/attachment/cat-rot2>
- [16]. [http://www.marimatech.com/products/piloting/e-sea-fix-pilot-cat-i/attachment/2013-06-13\\_145358](http://www.marimatech.com/products/piloting/e-sea-fix-pilot-cat-i/attachment/2013-06-13_145358)
- [17]. <http://marimatech.com/wp-content/uploads/2013/01/ppu8-300x199.jpg>
- [18]. <http://www.marimatech.com/products/piloting/e-sea-fix-pilot-cat-iii/attachment/ppu10-2>
- [19]. <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg.asp?FileID=1311>
- [20]. <http://www.adnavigation.com/admin/common/GetImg.asp?FileID=1089&xsize=292>
- [21]. <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg.asp?FileID=1188> y <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg.asp?FileID=1187>
- [22]. <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg.asp?FileID=1321>
- [23]. <http://navicomdynamics.com/solutions/our-solutions>

- [24]. <http://navicomdynamics.com/imageGen.ashx?width=730&image=/media/36143/harbourpilot.jpg>
- [25]. <http://navicomdynamics.com/case-studies/channel-pilot-case-study-australia>
- [26]. <http://navicomdynamics.com/imageGen.ashx?width=730&image=/media/88579/harbourpilot-triton-clearcut-image.jpg>
- [27]. [http://navicomdynamics.com/imageGen.ashx?width=730&image=/media/29576/shuttlepilot\\_introimg.jpg](http://navicomdynamics.com/imageGen.ashx?width=730&image=/media/29576/shuttlepilot_introimg.jpg)

Toda la información para la realización de este trabajo ha sido obtenida a través de las siguientes referencias:

- Convenio SOLAS, Edición Refundida 2014. Convenio Internacional Para la Seguridad de la Vida Humana en La Mar. Capitulo V. Seguridad de la Navegación.
- [http://www.nautilusoceanica.com/DOC/GEOD\\_PPU\\_Nautilus\\_Oceanica.pdf](http://www.nautilusoceanica.com/DOC/GEOD_PPU_Nautilus_Oceanica.pdf)
- <http://www.hispaviacion.es/sistema-global-de-navegacion-por-satelite/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_global\\_de\\_navegaci%C3%B3n\\_por\\_sat%C3%A9lite](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_de_navegaci%C3%B3n_por_sat%C3%A9lite)
- <https://es.wikipedia.org/wiki/SBAS>
- <http://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-5-resolving-errors/satellite-based-augmentation-systems/>
- <http://www.azimutmarine.es/nautica/seguridad-ais>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Identificaci%C3%B3n\\_Autom%C3%A1tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Identificaci%C3%B3n_Autom%C3%A1tica)
- <http://sailandtrip.com/que-es-el-sistema-ais-sistema-de-identificacion-automatico/>
- <http://www.marimatech.com/products/piloting>
- <http://www.adnavigation.com/?catID=1220>
- <http://www.pilotedunkerque.fr/en/la-station/unites-de-pilotage-portables-ppu/>
- [http://www.oceanografialitoral.com/sites/default/files/geod\\_ppu\\_eng.pdf](http://www.oceanografialitoral.com/sites/default/files/geod_ppu_eng.pdf)
- <http://navicomdynamics.com/>
- <http://www.adnavigation.com/?ItemID=1122>
- <http://www.practicosdepuerto.es/colegio-federacion/publicaciones/portable-pilot-units-ppu-tecnolog%C3%AD-al-servicio-del-pr%C3%A1ctico-portuar>
- [https://nl.wikipedia.org/wiki/Portable\\_pilot\\_unit](https://nl.wikipedia.org/wiki/Portable_pilot_unit)
- [http://ccom.unh.edu/sites/default/files/publications/Alexander\\_2008\\_CHC\\_Use\\_Of\\_Piloting\\_Units\\_By\\_Pilots.pdf](http://ccom.unh.edu/sites/default/files/publications/Alexander_2008_CHC_Use_Of_Piloting_Units_By_Pilots.pdf)

- <http://www.navsim.com/product/navsimppu/>
- <http://www.impahq.org/admin/resources/guidelines-on-the-design-use-of-ppus.pdf>
- <http://www.portablepilot.com/>
- [http://www.ths.org.uk/event\\_details.asp?v0=246](http://www.ths.org.uk/event_details.asp?v0=246)
- [https://www.porttechnology.org/technical\\_papers/the\\_new\\_generation\\_of\\_portable\\_pilot\\_aids/](https://www.porttechnology.org/technical_papers/the_new_generation_of_portable_pilot_aids/)
- [http://portal.apsevilla.com/wps/portal/puerto\\_es/datosTecnicos\\_es?WCM\\_GLOBAL\\_CONTEXT=/APS/puertosevilla/elpuertosevilla/datostecnicos/contDT2](http://portal.apsevilla.com/wps/portal/puerto_es/datosTecnicos_es?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/APS/puertosevilla/elpuertosevilla/datostecnicos/contDT2)
- <http://www.pilotmag.co.uk/2011/11/09/portable-pilot-units-ppu-and-eedis-seminar/>
- <http://www.wisegeek.com/what-is-a-portable-pilot-unit.htm>
- <http://es.slideshare.net/mcasey2416/the-use-of-portable-pilot-units-ppu-by-maritime-pilots>
- [https://www.youtube.com/watch?v=IbIXCVAUM\\_w&ab\\_channel=InshoreSystems](https://www.youtube.com/watch?v=IbIXCVAUM_w&ab_channel=InshoreSystems)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Identificaci%C3%B3n\\_Autom%C3%A1tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Identificaci%C3%B3n_Autom%C3%A1tica)
- [https://www.youtube.com/watch?v=t1kND4UPwkQ&ab\\_channel=AtlantisMarineLtd](https://www.youtube.com/watch?v=t1kND4UPwkQ&ab_channel=AtlantisMarineLtd)
- <http://www.docs-engine.com/pdf/1/imo-a813-19.html>
- <http://www.mardep.gov.hk/en/msnote/pdf/msin1273anx2.pdf>
- <https://mcanet.mcga.gov.uk/public/c4/solasv/annexes/Annex09.htm>
- [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=23345&filename=A694\(17\).pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=23345&filename=A694(17).pdf)
- [http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=NCEI&codigo=TI\\_TIPO=CEI@NU\\_CODIGO=60945@NU\\_PARTE=0@NU\\_SUBPARTE=0@TX\\_RESTO=:2002#.V354r\\_nhDIU](http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=NCEI&codigo=TI_TIPO=CEI@NU_CODIGO=60945@NU_PARTE=0@NU_SUBPARTE=0@TX_RESTO=:2002#.V354r_nhDIU)
- [http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:91:0::::FSP\\_LANG\\_ID:25?q=IEC%2060945](http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:91:0::::FSP_LANG_ID:25?q=IEC%2060945)
- [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec60945%7Bed4.0%7Den\\_d.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60945%7Bed4.0%7Den_d.pdf)
- [https://www.youtube.com/watch?v=6b9P-pyEeMk&ab\\_channel=Tourdefforts](https://www.youtube.com/watch?v=6b9P-pyEeMk&ab_channel=Tourdefforts)
- <http://navicomdynamics.com/products/software>
- <https://www.sevencs.com/>
- <https://www.sevencs.com/navigation-software/orca-pilot-g2/>
- <http://www.qps.nl/display/qastor/main>
- <http://www.qps.nl/display/qastor/docking>
- <http://www.qps.nl/display/qastor/navigation>

- <http://www.qps.nl/display/qastor/fpso>
- <http://www.qps.nl/display/qastor/connect>
- <http://navicomdynamics.com/products/software>
- <http://www.marimatech.com/about-us>
- <http://www.marimatech.com/products/piloting/safepilot-engine-services>
- <http://www.marimatech.com/products/piloting/safepilot-shore>
- <http://www.marineinsight.com/offshore/how-single-point-mooring-spm-offshore-operation-works/>
- <http://www.ihcos.com/offloading-systems/tandem-mooring-systems/>
- <http://www.marineinsight.com/maritime-law/what-is-ship-to-ship-transfer-sts-and-requirements-to-carry-out-the-same/>
- <http://www.marimatech.com/products/piloting/cat-rot-wireless-ais-pilot-plugin-adapter>
- <http://www.marimatech.com/products/piloting/e-sea-fix-pilot-cat-i>
- [http://www.marimatech.com/wp-content/uploads/2012/08/CAT\\_ROT\\_CAT\\_-I.pdf](http://www.marimatech.com/wp-content/uploads/2012/08/CAT_ROT_CAT_-I.pdf)
- <http://www.marimatech.com/products/piloting/e-sea-fix-pilot-cat-ii>
- [http://marimatech.com/wp-content/uploads/2012/08/marimatech\\_datablad\\_esea-fix-cat2-glonass.pdf](http://marimatech.com/wp-content/uploads/2012/08/marimatech_datablad_esea-fix-cat2-glonass.pdf)
- [http://marimatech.com/wp-content/uploads/2012/08/marimatech\\_datasheet\\_esea-fix-cat3\\_rev04.pdf](http://marimatech.com/wp-content/uploads/2012/08/marimatech_datasheet_esea-fix-cat3_rev04.pdf)
- <http://www.marimatech.com/products/piloting/e-sea-fix-pilot-cat-iii>
- <http://www.adnavigation.com/?CatID=1192>
- <http://www.adnavigation.com/?ItemID=1194>
- <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg2.asp?Fileid=1275>
- <http://www.adnavigation.com/?ItemID=1161>
- <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg2.asp?Fileid=1222>
- <http://www.corporacionmaritima.com/proyectos/proyectos-de-innovacion-en-europa>
- <http://www.adnavigation.com/?ItemID=1122>
- <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg2.asp?Fileid=1223>
- <http://www.adnavigation.com/admin/common/getImg.asp?FileId=1322>
- <http://www.adnavigation.com/?ItemID=1132>
- <http://navicomdynamics.com/aboutcareers/navicom-dynamics>
- <http://navicomdynamics.com/media/80627/navicom-dynamics-company-profile.pdf>
- <http://navicomdynamics.com/products/harbourpilot>
- <http://navicomdynamics.com/media/94794/harbourpilot-brochure.pdf>
- <http://navicomdynamics.com/media/98077/channelpilot-mk3-brochure.pdf>
- <http://navicomdynamics.com/products/channelpilot>

- <http://navicomdynamics.com/media/89707/harbour-pilot-triton-brochure.pdf>
- <http://navicomdynamics.com/products/harbourpilot-triton>
- <http://navicomdynamics.com/products/shuttlepilot>
- <http://navicomdynamics.com/media/29539/6466-jul-navicom-shuttle-pilot-brochure-print.pdf>