

LABORATORIO MARINO REMOTO APLICADO A LA EXPERIMENTACIÓN EN TECNOLOGÍA NAVAL

Francisco J. Velasco González

Univ. Cantabria. E.T.S. de Náutica, C/ Gamazo 1- 39004 Santander (Cantabria), velascof@unican.es

Luis M. Vega Antolín

Univ. Cantabria. E.T.S. de Náutica, C/ Gamazo 1- 39004 Santander (Cantabria), vegalm@unican.es

Elías Revestido Herrero

Univ. Cantabria. E.T.S. de Náutica, C/ Gamazo 1- 39004 Santander (Cantabria), revestidoe@unican.es

Francisco Javier Lastra Santos

Univ. Cantabria. E.T.S. de Náutica, C/ Gamazo 1- 39004 Santander (Cantabria), lastrafj@unican.es

Javier Terán Fernández

Univ. Cantabria. E.T.S. de Náutica, C/ Gamazo 1- 39004 Santander (Cantabria),

Resumen

En este artículo, se presenta la aplicación de un Laboratorio Marino Remoto (LMR) que utiliza modelos a escala de buques reales a la experimentación en construcción naval junto con su instrumentación y software. Se trata de un proyecto interactivo “profesor-estudiante de enseñanza-aprendizaje basado en la utilización del LMR aplicado a la tecnología naval”, en el que se instruye al alumno en el estudio de las características de estabilidad y maniobra del buque.

La implementación de la aplicación del LMR supone un avance en la comprensión por parte del estudiante de las titulaciones marítimas, de materias relativas a la estabilidad del buque que serán de gran importancia en su posterior ejercicio profesional y que además están señaladas como competencias necesarias en los convenios internacionales marítimos (convenio STCW de IMO). Adicionalmente, se familiariza al estudiante con el actual entorno automatizado de los vehículos marinos, mediante la utilización y comprensión práctica de los sistemas de navegación y control

El empleo del LMR para la experimentación naval permitiría complementar los conocimientos adquiridos con los simuladores de navegación y funcionamiento del buque, que en la actualidad son de obligada utilización en los centros de formación requeridos por organizaciones marítimas internacionales como la IMO.

Palabras Clave: Laboratorio marino remoto, educación en ingeniería, educación en ingeniería de control, educación en tecnología naval.

1 INTRODUCCIÓN

Las conocidas como enmiendas de Manila al código de formación STCW (International Convention on Standards of Training Certification and Watchkeeping for Seafaders) de la IMO (International Maritime Organization) es efectivo desde el año 2012 con un período de transición (2012-2017). El convenio STCW contiene la legislación marítima internacional que establece los estándares de capacitación profesional de las gentes de mar [1].

Las enmiendas de Manila fomentan orientaciones interesante para los centros de educación y formación marítima (MET), en concreto uno de los puntos del Convenio establece la necesidad de potenciar la educación a distancia y e-learning, así como el uso de simuladores en la formación y en la actualización de conocimientos, teniendo en cuenta que el entorno de trabajo marítimo dificulta la actualización de conocimientos mediante la educación presencial tradicional. Con ello crea la base para que las administraciones marítimas nacionales puedan permitir la formación de marinos por estas vías de acuerdo con las guías establecidas en la sección A-I/6 del Convenio, y emitir los correspondientes certificados de competencia [1] [2].

Hasta este momento la única formación en que era obligatorio el uso de simuladores de acuerdo al convenio STCW ha sido el relativo al uso de radar y ARPA, a partir de las enmiendas de 2010 se establecen también como únicos métodos aceptados en la demostración de competencias profesionales los simuladores de cartas electrónicas y sistemas de información (ECDIS). Para todos los demás casos la formación mediante simuladores no se establece como obligatoria pero sí como recomendable. Esta

categoría de formación opcional con simuladores cubre la navegación, manejo del buque y de la carga, comunicación GMDSS y maquinaria de propulsión y auxiliar, pero aunque se impulsan las tecnologías utilizables en la instrucción no se definen modelos o guías específicas para la formación práctica basada en web.

En este trabajo se aplica un laboratorio remoto al estudio de estabilidad, por ser este campo donde se producen situaciones delicadas con una elevada incidencia en la tipología de accidentes en la mar. El mantenimiento de unas condiciones adecuadas de estabilidad del buque durante la navegación ha sido siempre un campo estudiado y regulado por la normativa internacional, estableciéndose una serie de condiciones tanto por los reglamentos de las sociedades de clasificación como por IMO, sin embargo hay situaciones en que se puede llegar a una disminución de la estabilidad conducente a situaciones de peligro, para el buque la carga o sus tripulantes [3].

Esta pérdida de estabilidad es consecuencia directa de la disminución de la altura metacéntrica (GM), que se puede producir tanto por cambio en posición del centro de gravedad (G) debido a movimientos de carga, como por cambios en la posición del metacentro (M), como ejemplo producido por la navegación del buque en olas de longitud de onda igual a la eslora del buque, que combinado con las condiciones de la mar pueden producir daños por lo que se conoce como “roll” paramétrico [4] [5].

El objetivo de estas experiencias es crear un entorno de laboratorio donde en un buque a escala instrumentado se puedan medir algunas características de estabilidad a través de la información suministrada por los movimientos del buque, de forma que el estudiante pueda aprender de forma directa los efectos que sobre la estabilidad tienen los cambios de pesos (carga, descarga o traslado de pesos), los efectos de las superficies libres e incluso combinado con el módulo de maniobra implementado previamente, los efectos sobre la

estabilidad en olas de la longitud de onda y el ángulo de incidencia de la ola, aspectos estos que de forma clásica se estudian solo teóricamente [4].

Los movimientos de balance del buque combinados con las cargas producidas por las olas generan periódicamente cambios en la estabilidad en olas, y pueden llegar a producir grandes amplitudes de balance (escora máxima), grandes aceleraciones transversales dependiendo de las condiciones de estabilidad inicial del buque con daños masivos a la carga transportada y pérdida de carga, daños graves a los sistemas de propulsión y otros sistemas vitales del buque, sobrecarga estructural o de elementos importantes de seguridad, y daños a la tripulación.

2 DESCRIPCIÓN DEL LMR.

Para el desarrollo del presente proyecto el Laboratorio de Experimentación de Vehículos Marinos de Cantabria dispone entre otros de dos vehículos a escala de remolcadores altura, Figura 1.

Los modelos a escala albergan un PC con comunicación vía Wireless con un laptop con base en tierra. En el PC se ha implementado software de soporte para adquirir y almacenar datos de las pruebas desarrollados con el modelo a escala. Otros componentes principales utilizados en la instrumentación son los siguientes [6]:

Elementos embarcados:

- Componentes para la propulsión y control de dirección del buque (motores, servos, variadores de velocidad).
- Componentes de circuitos de control por modulación de ancho de impulsos (PWM).
- Sensores: GPS, girocompás electrónico, UMI y acelerómetros adicionales).
- Componentes de comunicación.

Elementos de comunicación con base en tierra:

- Ordenador portátil con un punto de acceso.
- Sistema de radio control para el control del buque en caso de fallo de la red Wifi.

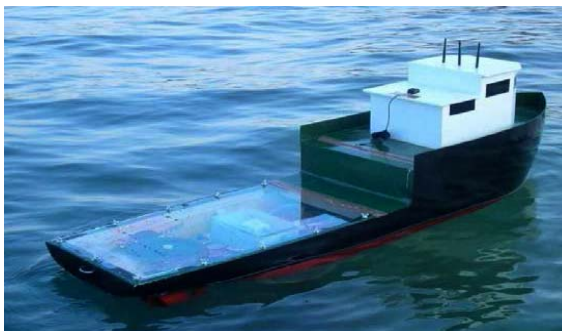


Figura 1 - Remolcador a escala 1 en aguas abiertas y remolcadoras a escala 2 en piscina

Gracias al receptor GPS RCB-LJ incorporado en el chip TIM-LF se obtiene información de la posición y velocidad del buque. El chip acepta protocolos UBX, NMEA y RTCM. Para obtener datos de los movimientos del modelo de buque a escala se utilizan dos acelerómetros triaxiales localizados a proa o popa respectivamente.

La unidad de medida inercia UMI también proporciona valores de los nueve grados de libertad del movimiento del modelo (ángulos y velocidades angulares de balance, cabezada, guiñada y también las aceleraciones en los ejes x, y, z), Figura 2, el punto del vehículo seleccionado para la colocación de la UMI coincide con un sistema de coordenadas fijado al casco determinado por la intersección de tres planos, uno divide en dos mitades simétricas entre babor y estribor al vehículo, otro plano transversal que divide al vehículo entre babor y estribor, y el plano de la línea de agua.

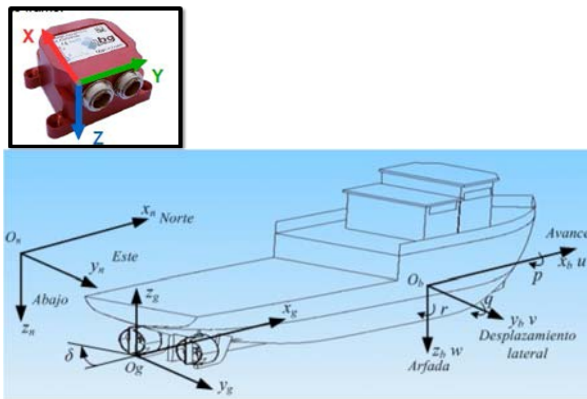


Figura 2 UMI y sistema de coordenadas.

Para la lectura e interpretación de las medidas proporcionadas por la UMI, se procedió al desarrollo del software de adquisición de datos para su posterior uso en las experiencias de enseñanza-aprendizaje. Para este cometido, se seleccionó como entorno de programación, el de LabVIEW, y se implementó un software para adquirir, visualizar y guardar datos de la UMI instalada. El funcionamiento del software desarrollado se puede observar en el diagrama de la

Uno de los aspectos más relevantes de este trabajo es que el estudiante pueda acceder de manera remota al software de adquisición de datos de la figura 3. Para ello, se ha montado y configurado una red inalámbrica Wi-Fi (Wireless Fidelity) para establecer comunicación entre un PC portátil situado en la base (tierra o buque nodriza) y el PC embarcado en el remolcador a escala. En la red, se dispone de un router asociado al PC portátil y de un punto de acceso asociado al PC embarcado, ver Figura 4

Para realizar el acceso remoto se ha utilizado un servidor Web donde se publican los datos adquiridos por el software de adquisición de datos desarrollado. De esta manera, a través de la red inalámbrica se accede desde el PC portátil en la base (ver figura 4) a los datos publicados en el servidor Web del PC embarcado tecleando la dirección correspondiente en un navegador Web, como Internet Explorer. De esta forma el estudiante tendrá la posibilidad de conectarse a la aplicación que reside en el servidor del modelo a escala del remolcador a través de Internet.

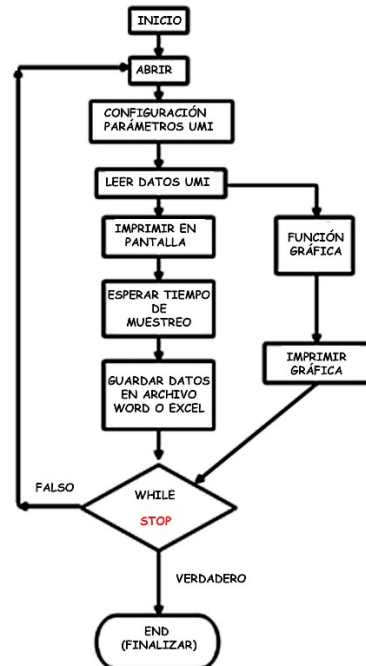


Figura 3 Diagrama de funcionamiento del programa en LabVIEW.

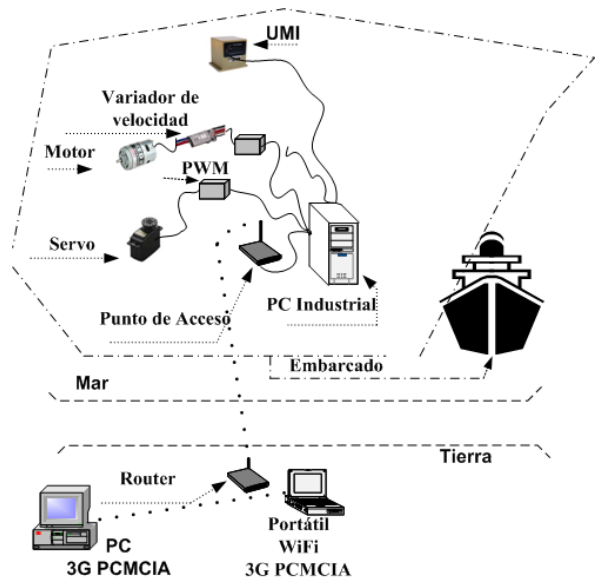


Figura 4 Elementos del laboratorio marino remoto

3 MODELO MATEMÁTICO.

En esta sección se presentan el modelo matemático que relaciona la estabilidad transversal y el movimiento de balance roll objeto de estudio en las experiencias de enseñanza-aprendizaje de este artículo.

Cuando se habla de estabilidad transversal del buque se hace referencia a la capacidad que tiene el buque para mantener su posición de equilibrio, en esta posición de equilibrio intervienen dos fuerzas, el peso del buque aplicado en el centro de gravedad (G) y la fuerza de empuje aplicada en el centro de empuje o centro de carena (B), Figura 5

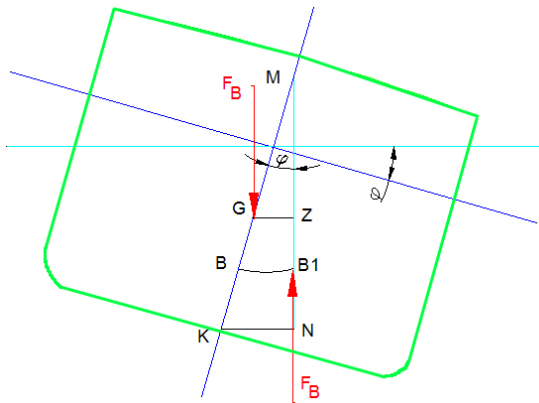


Figura 5 Sección transversal del buque escorado

Cuando se produce una escora del buque se produce también un cambio en el centro de empuje buque (B), quedando su línea de acción fuera de la línea del peso aplicado en el centro de gravedad (G). La intersección de las dos líneas de acción se produce en el metacentro para bajos ángulos de escora (M), produciéndose en esta situación un par adrizante que tiende a que el buque retorne a su posición original, lo que generará un movimiento de balance (o roll).

$$M_{adrizante} = GZ * F_B = GM * \theta * F_B = (KB + BM - KG) * \theta * F_B \quad (1)$$

3.1 MODELO DINÁMICO SIMPLIFICADO DE EN UN GRADO DE LIBERTAD.

Dado el carácter de aplicación docente de los experimentos, para simplificar el modelo completo, que incluye las interacciones entre el movimiento de balance "roll" y otros modos de movimiento, en una primera aproximación estos últimos pueden ser ignorados.

Bajo estas suposiciones el movimiento de roll se puede escribir [7] [8]:

$$(I_{xx} + I_a) \frac{d^2\theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + c \theta = M_x \quad (2)$$

Donde: θ = Ángulo de balance.

$\dot{\theta}$ = Velocidad angular de roll.

I_{xx} = Momento de inercia del buque.

I_a = Efecto del momento de inercia de las masas de agua desplazadas.

$c(\theta)$ = Efecto del momento adrizante, sus coeficientes pueden obtenerse de la curva de brazos adrizantes, o por otros medios

$b(\dot{\theta})$ = Efecto amortiguador, en este estudio solo se toma en cuenta el momento lineal de amortiguación asociado con la ola y producido por el casco del buque

M_x = Momento de excitación del roll, cuando la elevación de la ola es inducida por olas regulares transversales, el término de excitación puede escribirse $M_x = E_w \cos(\Omega t)$, donde E_w es la amplitud de la ola y Ω es la frecuencia angular

En condiciones de mar de proa el momento de excitación de roll de las olas es nulo, similar a la situación de "roll decay test", en esta condición el movimiento de roll sería:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\vartheta \frac{d\theta}{dt} + \omega_\theta^2 \theta = 0 \quad (3)$$

De donde se obtendría la frecuencia natural del movimiento de balance [7]:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{c}{I_{xx} + I_a(\omega_\theta)}} = \sqrt{\frac{\rho g \nabla GM}{I_{xx} + I_a(\omega_\theta)}} \quad (4)$$

Donde ρ es la densidad del agua y ∇ es el volumen desplazado.

El factor de amortiguación:

$$\vartheta = \frac{b(\omega_\theta)}{2(I_{xx} + I_a(\omega_\theta))} \quad (5)$$

y el periodo natural de balance:

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{I_{xx} + I_a}{\rho g \nabla * GM}} \quad (6)$$

Como es desconocido el valor del efecto de inercia de las masas añadidas (I_a), y ya que este valor es muy dependiente de la manga del buque, es habitual hacer una aproximación del tipo:

$$I_{xx} + I_a = (k * B)^2 \rho \nabla$$

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{(k*B)^2 \rho \nabla}{\rho g \nabla * GM}} = \frac{2\pi k B}{\sqrt{g GM}} \approx \frac{2 k B}{\sqrt{GM}} \quad (7)$$

El valor del coeficiente k depende de las formas del casco del buque y por lo tanto del tipo de buque. Una solución aproximada de esta ecuación es la conocida como fórmula de Weiss :

$$T_n = \frac{2\pi i}{\sqrt{g GM}} \quad (8)$$

Siendo i el radio de giro: $i = \sqrt{I_{xx}/\Delta} \approx 0,4 B$

En la literatura técnica naval hay otras ecuaciones aproximadas que proporcionan soluciones similares, como por ejemplo [9]

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{B^2 + H^2}{16g} \frac{(1+k_{xx})}{GM}} \quad (9)$$

Los valores de GM (relacionados directamente con GZ) para las distintas inclinaciones dependen de la forma del buque, por lo que a efectos prácticos se

representan en una gráfica, en base a la cual se establecen los criterios de estabilidad de IMO. Entre ellos los criterios estáticos son:

- $GZ \geq 0.2$ m para ángulos de escora iguales o mayores a 30° .
- GZ_{maximo} debe estar preferiblemente en un ángulo de escora mayor de 30° , y no ser nunca menor de 25° .
- La altura metacéntrica inicial GM_0 no debe ser menor de 0.15 m.

3.2 MODELO DINÁMICO SIMPLE

Cuando el buque se encuentra navegando en olas la situación es distinta a la anterior, ya que se producen situaciones de disminución de estabilidad con variaciones en la altura metacéntrica (GM), ya que el objetivo de este estudio es eminentemente docente se realizará un estudio aproximado utilizando un modelo simplificado de la dinámica del balance de pequeña amplitud del buque con variaciones periódicas de estabilidad estática

El movimiento dinámico de balance de un buque en aguas de proa se puede considerar similar al de un sistema masa resorte en que la constante del resorte varía sinusoidalmente en el tiempo. En el caso del buque la frecuencia de estas variaciones será igual a la frecuencia de encuentro de la ola. Con estas premisas la variación de GM con el tiempo se puede aproximar por:

$$GM(t) = GM_0(1 + A \cos(\omega t)) \quad (10)$$

Donde GM_0 es el GM en aguas tranquilas, A es la fracción de variación de GM debido a las olas y a los movimientos cabeceo y guiñada, y ω es la frecuencia de encuentro de la ola.

La ecuación de movimiento con mar de proa se simplificaría a:

$$(I_{xx} + I_a) \frac{d^2\theta}{dt^2} + \Delta(GM_0 + A GM_0 \cos(\omega t))\theta = 0 \quad (11)$$

o bien:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{\Delta}{(I_{xx} + I_a)} (GM_0 + A GM_0 \cos(\omega t))\theta = 0 \quad (12)$$

Lo que lleva a una ecuación variación del tipo a las conocidas como ecuación de Mathieu (con $\tau = \omega t$ [7]):

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + (\delta + \varepsilon \cos \tau)\theta = 0 \quad (12)$$

3.3 CARACTERÍSTICAS DE AMORTIGUACIÓN DEL MOVIMIENTO DE BALANCE

Para investigar las características del balance y comprobar la altura metacéntrica, se puede llevar a cabo un "roll decay test" sin movimiento avante del buque, este test consiste en producir una escora arbitraria a una banda y dejar que balancee libremente midiendo el movimiento transversal de roll con los equipos de medida.

En esta prueba el modelo a escala es forzado a realizar un movimiento sinusoidal alrededor de su centro de gravedad:

$$\theta = \theta_a \sin \omega t \quad (13)$$

La medida del movimiento de "roll" se representa por medio de series de Fourier. De ellas se obtienen las frecuencias fundamentales del movimiento, el periodo natural del buque en movimiento de balance, y con ello se puede estimar la altura metacéntrica GM . El coeficiente de amortiguamiento "b" de la ecuación de balance se puede representar por el enésimo coeficiente de Bertin [10]:

$$b = 2g\rho \nabla \frac{GM \theta_a}{\pi \omega} N \quad (14)$$

Cuando el buque está en aguas tranquilas, las amplitudes de balance disminuyen progresivamente debido al amortiguamiento. Este amortiguamiento juega un papel muy importante en el desarrollo de la resonancia en "roll" paramétrico. Si la pérdida de energía por ciclo causada por el amortiguamiento del balance es mayor que la energía obtenida por el cambio de estabilidad longitudinal en aguas abiertas, el ángulo de balance no se incrementa y el roll paramétrico en resonancia no se desarrolla. Cuando la energía obtenida por ciclo es mayor que la energía perdida por amortiguación del balance, la amplitud del movimiento de "roll" comienza a crecer y se desarrolla "roll" paramétrico.

4 EXPERIENCIAS ENSEÑANZA-APRENDIZAJE UTILIZANDO EL LMR

A partir de los fundamentos básicos expuestos se han realizado, con la instrumentación instalada, diversos ensayos docentes en el aula para mostrar las relaciones entre la altura metacéntrica y el período natural de balance. A título de ejemplo se muestran datos obtenidos de experimentos de "roll decay test" variando la disposición interior de los pesos del buque, de modo que los estudiantes comprueben de forma inmediata los efectos en el movimiento del buque del cambio de posición del centro de gravedad. En todos los experimentos realizados se ha comprobado el aumento del periodo natural de oscilación con la disminución de la altura metacéntrica, por lo tanto con la elevación del centro de gravedad G , así como efecto del decremento logarítmico de amortiguación del movimiento.

En el ejemplo de ensayo se ha utilizado un modelo a escala de buque de 59.5 kg de desplazamiento (Δ) y 51.7 cm de manga (B), obteniéndose un período natural de 1.07 s, Figura 6 (izda.), lo que según la fórmula de Weiss equivale a una altura metacéntrica GM de 15 cm. Posteriormente se ha desplazado una masa de 20 kg (p) elevándola verticalmente 40cm y se ha realizado un nuevo "roll decay test"

obteniéndose un período de balance de 3.35 s, Figura 6 (dcha.), lo que equivale según la misma fórmula a una altura metacéntrica de 1.534 cm.

El cambio en altura metacéntrica, entre las dos condiciones ha sido de 13.467 cm.

El movimiento teórico del centro de gravedad con el movimiento del peso sería:

$$GG_1 = \frac{p}{\Delta} h = \frac{20}{59.5} 40 = 13.445 \text{ cm} \quad (15)$$

Lo que confirma la aproximación correcta de la fórmula de Weiss (diferencia del 0.16 %), y permite al alumno comprobar fácilmente el efecto sobre la estabilidad del movimiento de pesos a bordo.

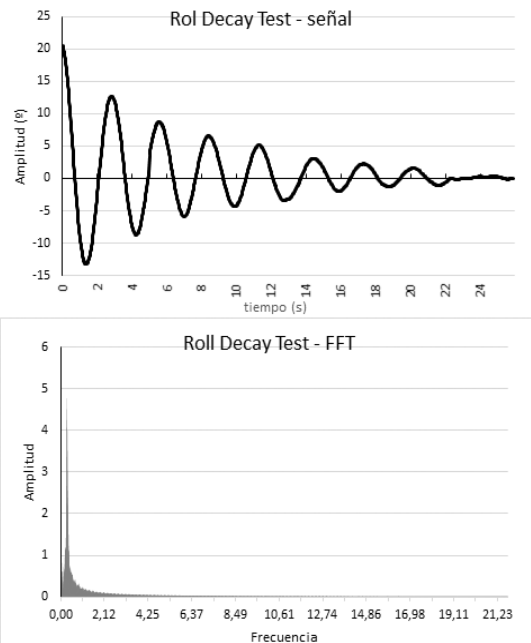
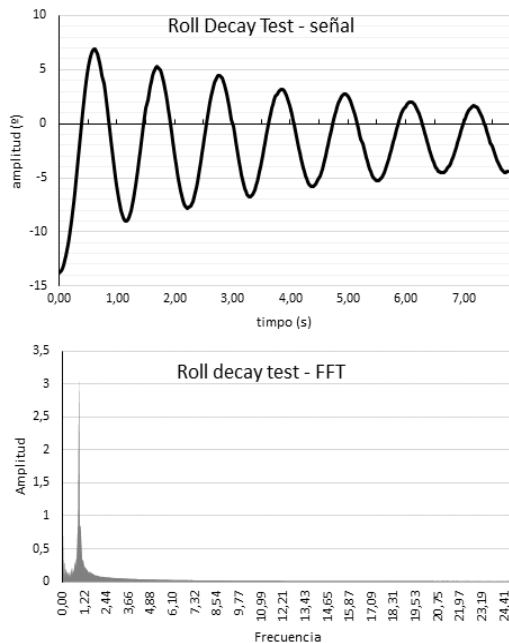


Figura 6 "Roll Decay Test" con GM elevado (izda.) y con GM reducido (dcha.)

Posteriormente se han realizado pruebas correspondientes a aguas abiertas con el modelo de buque controlado por control remoto vía wifi, manteniendo el rumbo del buque en distintos ángulos con respecto a las olas incidentes y sufriendo los efectos de excitación de las olas, comprobándose el efecto en el movimiento de las perturbaciones externas Figura 7.

Durante estas prácticas se ha empleado el sistema de medida, comunicaciones y software asociado aplicado al laboratorio marino remoto (LMR).

Movimiento balance en aguas abiertas

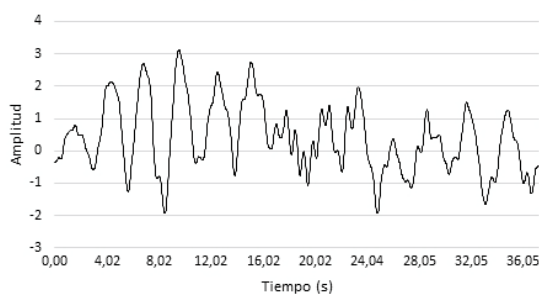


Figura 7 Movimientos de balance en aguas abiertas bajo al acción de las olas

4.1 RESULTADOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Para establecer el impacto que ha tenido el LMR en los estudiantes se realizó una encuesta a los alumnos de la asignatura "Automatización" de los planes de estudio de la Escuela Técnica Superior de Náutica de Santander correspondientes a: Grado en Ingeniería Marina, Grado en Ingeniería Marítima y Grado en Ingeniería Náutica y Transporte Marítimo

En la Tabla 1 y Figura 8 se muestran los resultados estadísticos obtenidos en esta encuesta donde se aprecia cierta dispersión debido a que se cuenta con algunos alumnos que han pasado previamente por el mundo profesional. A continuación se explican las conclusiones que se extraen del análisis estadístico de los datos.

A pesar de que los laboratorios marinos constituyen un área de investigación en auge en la última década, los estudiantes desconocían de su existencia como muestran los resultados obtenidos en la pregunta 1. A parte de esto, no se habían planteado antes a los estudiantes experiencias con laboratorios remotos como indican los datos obtenidos en la pregunta 8 y los estudiantes creen que no es tan habitual la

utilización de laboratorios remotos en lo docencia Universitaria en Ingeniería, ver pregunta 9.

Respecto a las preguntas 2, 3, 6 y 15 relacionadas con la motivación de los estudiantes se observa un valor medio elevado, por lo que damos por satisfecho el objetivo inicial de aumentar la motivación en el alumnado. Además, durante la presentación del LMR en el Laboratorio de Vehículos Marinos de Cantabria cabe destacar el aumento de la participación de los estudiantes con respecto a las clases de prácticas convencionales.

La experiencia docente en cursos previos en la asignatura “Automatización” nos advierte de una percepción abstracta de la asignatura por parte de nuestros estudiantes. Los resultados observados en las preguntas 5 y 7 muestran una mejora en este aspecto ayudando a los estudiantes a asociar la teoría con la aplicación práctica real.

En general los resultados estadísticos indican una buena acogida del laboratorio marino remoto por parte de los estudiantes a la vista de las repuestas a las preguntas 10, 11 y 14 donde se observa una buena valoración por parte de los alumnos de LMR y se considera que las aplicaciones con el LMR pueden servir para su futuro profesional.

Tabla 1 Encuesta realizada en la asignatura Automatización.

Esta encuesta responde a un gradiente del 1 a 5 en el que: 1 corresponde a una respuesta Nada de acuerdo o Nunca y 5 corresponde a una respuesta Totalmente de acuerdo o Siempre.	Valor Medio	Desviación estándar
1. ¿Conocías la aplicación de los laboratorios remotos (LR) en docencia?	1.5306	0.9811
2. ¿Consideras que tiene interés el uso de los LRs en tu aprendizaje?	3.6735	1.1970
3. ¿Crees que la utilización de los LRs te motiva y despierta tu curiosidad por aprender?	3.7959	1.3226
4. ¿Piensas que la utilización de los LRs me ayuda a asociar la teoría con la realidad?	3.6327	1.2860
5. ¿Crees que la inclusión de los LRs en la asignatura de AUTOMATIZACIÓN puede conseguir que mi percepción de la	3.5918	1.3216

asignatura sea más concreta?		
6. ¿Consideras que la utilización de los LRs, logra motivarme para estudiar más y de esta forma influir positivamente en mi calificación final de la asignatura?	3.3673	1.3021
7. ¿Piensas que la utilización de los LRs en prácticas se recogen mejor los contenidos de los temas más importantes de la asignatura AUTOMATIZACIÓN?	3.4898	1.2097
8. ¿Te han planteado anteriormente aplicaciones prácticas con LRS en otras áreas o asignaturas?	1.3469	0.8552
9. ¿Crees que es habitual la utilización de LRs en la docencia Universitaria en Ingeniería?	2.7755	1.2953
10. ¿Consideras que la utilización de este LR es una buena práctica para la asignatura AUTOMATIZACIÓN?	3.9796	1.2664
11. ¿Cómo valoras la aplicación práctica de este LR de 1 al 5?	3.6327	1.3646
12. Dadas la nuevas aplicaciones de control en los sistemas marinos, ¿Cómo valoras la importancia que ha de tener la asignatura de AUTOMATIZACIÓN en los nuevos grados que se están implantando en la UC de 1 al 5?	3.0612	1.2317
13. ¿Consideras que es suficiente el número de créditos dedicados al control y a la automatización en el nuevo plan de estudios?	3.3265	1.4052
14. ¿Te resulta útil el estudio de este tipo de aplicaciones con LRs para tu futuro profesional?	3.2245	1.2292
15. ¿Te resulta motivador el estudio de este tipo de aplicaciones con LRs	3.2653	1.3505

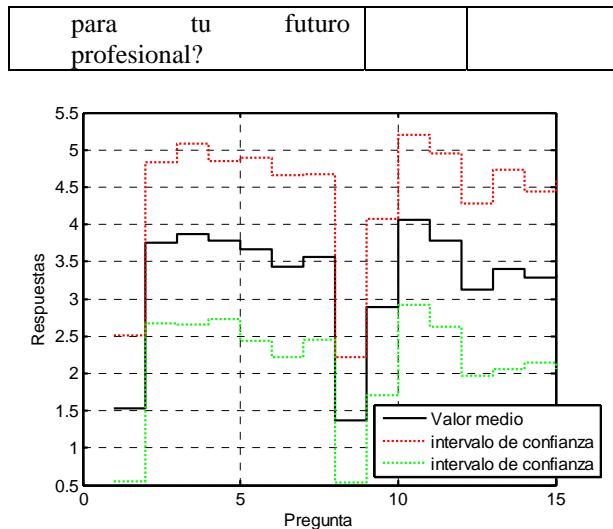


Figura 8 Resultados de la encuesta realizada en la asignatura de Automatización

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una aplicación del Laboratorio Marino Remoto que facilita la comprensión de las propiedades de estabilidad de afectan a los buques, atendiendo a las recomendaciones de aprendizaje contenidas en las enmiendas de Manila al código de formación STCW de IMO.

Se han instrumentado modelos a escala de buques permitiendo su control operativo y la toma de datos de movimiento vía UMi y GPS a través de Wifi, y permitiendo así mismo la consulta de la práctica de laboratorio a través de web.

Se han comprobado las relaciones teóricas del periodo de balance propio de buque y la altura metacéntrica mediante el traslado de pesos del buque, mediante la ecuación de Weiss, así como las variaciones en respuesta en aguas abiertas.

Las experiencias desarrolladas han sido valoradas positivamente por los alumnos de los grados participantes, considerándolas como una mejora en el aprendizaje.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el MINECO:DPI2011-27990 con fondos FEDER y por la Universidad de Cantabria a través de la convocatoria de proyectos de innovación docente 2015.

Referencias

[1] IMO, «The Manila Amendments to the Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping (STCW) Code.» de

Conference of parties to the international convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, Manila, 210.

- [2] I. T. W. Federation, «STCW a guide for seafarers - taking into account the 2010 Manila amendments,» 2010.
- [3] L. Pérez Rojas, R. Abad, F. Pérez Arribas y C. Arias, «Some experimental results on the stability of fishing vessels,» de 8th Int conference on the stability of ships and ocean vehicles, 2003.
- [4] ITTC, «Final report and recommendations - The specialist commiteon prediction of extreme ships motions and capsizing,» de 23rd Int Towing tank conference, 2002.
- [5] ITTC, «Final report and recomendationn - The specialist commite on stability on waves,» de Proceedings of 26th ITTC, 2011.
- [6] F. J. Velasco, E. Revestido, E. Moyano and E. López, «Remote laboratory for marine vehicles experimentation,» Computer Applications in Engineering Education, vol. 20, no. 4, pp. 728-740, 2012.
- [7] J. R. Pauljing, «Parametric rolling of ships, Then and Now,» de Contemporary ideas on ship stability and capsizing in waves, 2011, pp. 347-360.
- [8] M. Levadou y R. van't Veer, «Parametric roll and ship design,» de Contemporary ideas on ship stability and capsizing in waves, 2011, pp. 307-330.
- [9] M. Waldemar, «Comparative analysis of the results of measurements and calculations of period's,» de 6th Int onference on maritime transport, Barcelona, 2014.
- [10] T. Takayama, M. Kotaki y Y. Ikeda, «A Study on the Characteristics of Roll Damping of Multi-Hull Vessels,» de Contemporary ideas on ship stability and capsizing in waves, 2011, pp. 487-498.
- [11] S. Krüger y S. Kluwe, «A Simplified Method for the Estimation of the Natural Roll Frequency of Ships in Heavy Weather,» HANSA International Maritime Journal, n° 145, 2008.
- [12] IMO, «Development of second generation intact stability criteria,» 2011.
- [13] W. Ruan, «Views from Maritime Education and Training on the Full Implementation of 2010 STCW Amendments,» Journal of Shipping and Ocean Engineering, vol. 3, pp. 40-46, 2013.