

ARTÍCULO ORIGINAL



Esquema de guiado para el seguimiento de caminos rectos en un vehículo sub-acuático

Guidance Scheme for Straight Path following in an Underwater Vehicle



Yunier Valeriano Medina

yunierv@uclv.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0002-8851-9055>

Luis Hernández Santana

luishs@uclv.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0003-0558-3690>

Delvis García García

dggarcia@uclv.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0001-5748-581X>

Luis Hernández Morales

luhmorales@uclv.cu • <https://orcid.org/0000-0003-2774-6147>

Leidys Miranda Jiménez

lemiranda@uclv.cu • <https://orcid.org/0000-0002-8269-3036>

Omar Milián Morón

omilian@uclv.cu • <https://orcid.org/0000-0002-4827-273X>

UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS, VILLA CLARA, CU BA

Recibido: 2020-04-14 • Aceptado: 2020-06-16

RESUMEN

Los sistemas de guiado y control son responsables de garantizar el comportamiento autónomo de los vehículos marinos. En este trabajo se presenta un esquema de guiado I-LOS en cascada con un controlador de dirección deslizante, que en presencia de corrientes marinas garantiza precisión durante el seguimiento de caminos rectos en vehículos marinos sub-actuados. El buen desempeño del esquema de guiado y control se demuestra mediante simulación.

PALABRAS CLAVE: vehículos marinos; guiado; controlador I-LOS; controlador en modo deslizante.

ABSTRACT

Guidance and control systems are responsible for ensuring the autonomous behavior of marine vehicles. This paper presents a cascade guidance scheme formed by an I-LOS controller and a sliding mode controller, which in the pre-



sence of marine currents guarantees precision during following straight path in under-actuated marine vehicles. The good performance of the guidance and control scheme is demonstrated by simulation.

KEYWORDS: *marine vehicles; guidance; I-LOS controller; sliding mode controller.*

INTRODUCCIÓN

El sistema de control de movimiento de los vehículos marinos está compuesto por tres módulos fundamentales: guiado, control y navegación (Cruz, 2012). Muchos de estos vehículos son sub-actuados (Fossen, 2011), están equipados con una cantidad insuficiente de actuadores, lo cual complejiza el cumplimiento de las exigentes especificaciones asociadas a los lazos de control. Los bloques que componen al sistema de control de movimiento se encuentran interconectados entre sí, por lo que resulta muy difícil evaluar el desempeño y la estabilidad total del sistema. Los bloques de guiado y control tienen una alta incidencia en el comportamiento autónomo del vehículo. El guiado determina los valores deseados para que el control determine las fuerzas y momentos necesarios que deben ser aplicados al vehículo (Lekkas, 2014).

El seguimiento de camino sin restricciones temporales (*path following* en inglés) constituye un escenario de control de movimiento, donde el objetivo de control es converger y seguir un camino geométrico previamente definido. En un número importante de trabajos se emplea la estrategia de guiado conocida como línea de visión (*line of sight*, LOS) (Healey, 2006), combinada en un esquema tipo cascada con un controlador de dirección. Entre las soluciones de control de dirección que se han empleado en vehículos marinos, el Control en Modo Deslizante (SMC) se distingue por actuar directamente sobre las no linealidades del sistema, así como por asegurar robustez ante incertidumbres en los modelos (Song, 2015). Estas características permiten recomendar su utilización, para de conjunto con un algoritmo de guiado, lograr un desempeño favorable durante el seguimiento de caminos rectos.

La estrategia LOS no es capaz de asegurar precisión durante el seguimiento de caminos en presencia de corrientes marinas. Una manera razonable de solucionar parte de estos inconvenientes, consiste en incorporar una acción integral en la ley de guiado. Esta variante, conocida como *I-LOS* (Børhaug, 2008), también se ha combinado con soluciones de control de dirección en esquemas tipo cascada.

El Grupo de Automatización, Robótica y Percepción (GARP) ha venido trabajando en el desarrollo de pilotos automáticos de distintos vehículos marinos que permitan su funcionamiento de manera autónoma. Específicamente, se ha trabajado con el vehículo subacuático HRC-AUV (Martínez, 2013).

El aporte científico de la investigación radica en haber obtenido un esquema de guiado *I-LOS* en cascada con un controlador de dirección deslizante, que en presencia de corrientes

marinas garantiza precisión durante el seguimiento de caminos rectos en vehículos marinos sub-actuados (Valeriano, 2013, 2015, 2016, 2017). La estructura en cascada permite que el controlador *I-LOS* reduzca el error de seguimiento y determine las referencias necesarias para que sean seguidas por el controlador de dirección en modo deslizante, con un desempeño superior al de otras propuestas (Moreira, 2011, Caharija, 2016), sin provocar afectaciones en el comportamiento dinámico del vehículo.

Los resultados que aquí se presentan, constituyen una extensión y una propuesta de solución superior, respecto a los relacionados con la temática de control y guiado que fueron merecedores del Premio de la Academia de Ciencias de Cuba del año 2014 (Hernández, 2015). En aquel entonces, se presentó un algoritmo de seguimiento de puntos que no aseguraba la convergencia del vehículo al camino, y cuyo desempeño se afectaba considerablemente en presencia de corrientes marinas. Como controlador de dirección se empleó un PI-D, el cual es vulnerable a las no linealidades e incertidumbres dinámicas a la hora de seguir los valores de referencia suministrados por el algoritmo de guiado.

MODELADO DE VEHÍCULOS MARINOS

Los modelos matemáticos de embarcaciones marinas se representan mediante un conjunto de ecuaciones diferenciales que describen el movimiento en los seis grados de libertad (6 *GDL*). En la tabla 1 se resume la nomenclatura empleada para embarcaciones marinas (SNAME, 1950).

Tabla 1. Nomenclatura utilizada en vehículos marinos.

Traslación	Fuerza	Velocidad lineal	Posición
Avance	X	u	x
Desplazamiento lateral	Y	v	y
Arfada	Z	w	z
Rotación	Momento	Velocidad angular	Ángulo
Balanceo	K	p	ϕ
Cabeceo	M	q	θ
Guiñada	N	r	ψ

Cuando se analiza el movimiento de los vehículos marinos, resulta conveniente definir dos sistemas de coordenadas. El sistema de coordenada móvil se fija en el vehículo y respecto al mismo se referencian las velocidades. Por su parte, en un sistema de referencia inercial fijo en tierra, se referencian la posición y orientación del vehículo (Fossen, 2011).

Los siguientes vectores describen el movimiento de un vehículo marino en los 6 *GDL* (Valeriano, 2013):

$$\mathbf{v} = [u, v, w, p, q, r]^T \quad (1)$$

$$\boldsymbol{\eta} = [x, y, z, \phi, \theta, \psi]^T \quad (2)$$

$$\boldsymbol{\tau} = [X, Y, Z, K, M, N]^T \quad (3)$$

En este caso, $\boldsymbol{\eta}$ denota el vector de posición y orientación, \boldsymbol{v} representa al vector de velocidad y $\boldsymbol{\tau}$ a las fuerzas y momentos que actúan sobre el vehículo. Las ecuaciones cinemáticas se pueden expresar en forma vectorial utilizando las transformaciones de ángulos de Euler como:

$$\dot{\boldsymbol{\eta}} = \boldsymbol{J}(\boldsymbol{\eta})\boldsymbol{v} \quad (4)$$

donde $\boldsymbol{J}(\boldsymbol{\eta})$ representa la matriz de rotación del sistema de referencia móvil al sistema de referencia inercial (Fossen, 2011). Las ecuaciones de movimiento para vehículos marinos se obtienen a partir de las leyes de Newton. Como resultado de lo anteriormente planteado se obtiene:

$$\boldsymbol{M}_{RB}\dot{\boldsymbol{v}}_r + \boldsymbol{C}_{RB}(\boldsymbol{v}_r)\boldsymbol{v}_r + \boldsymbol{M}_A\dot{\boldsymbol{v}}_r + \boldsymbol{C}_A(\boldsymbol{v}_r)\boldsymbol{v}_r + \boldsymbol{D}(\boldsymbol{v}_r)\boldsymbol{v}_r + \boldsymbol{g}(\boldsymbol{\eta}) = \boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{\tau}_{olas} \quad (5)$$

donde $\boldsymbol{M}_{RB} + \boldsymbol{C}_{RB}(\boldsymbol{v}_r)$ representan los términos del cuerpo rígido, $\boldsymbol{M}_A + \boldsymbol{C}_A(\boldsymbol{v}_r)$ representan a las matrices relacionadas con las masas añadidas y $\boldsymbol{D}(\boldsymbol{v}_r)$ agrupa los términos de amortiguamiento. Por su parte, $\boldsymbol{g}(\boldsymbol{\eta})$ es el vector de fuerzas gravitacionales y $\boldsymbol{\tau}$ es el vector de fuerzas de control. En este modelo se incluyen además los términos relacionados con las perturbaciones marinas, $\boldsymbol{\tau}_{olas}$ representa las fuerzas generadas por el oleaje y \boldsymbol{v}_r es la velocidad relativa del vehículo respecto a las corrientes.

Para evaluar la validez del modelo no lineal de 6 *GDL* obtenido en (Valeriano, 2013) para el HRC-AUV, se realiza una comparación entre los resultados que brinda el modelo y los obtenidos durante un experimento realizado en el mar con el vehículo. En la figura 1 se presenta la curva que se obtiene al simular esta maniobra circular con el modelo de 6 *GDL*, incluyendo el efecto de las perturbaciones, y la curva del experimento obtenida con el GPS. La coincidencia del modelo con la curva experimental es evidente. No obstante, el resultado ha sido avalado por el test estadístico de Kolmogorov-Smirnov, obteniéndose un valor de probabilidad ($p_{\text{value}} = 0.4087$) (Valeriano, 2017). Sobre la base del modelo no lineal de 6 *GDL* obtenido, puede realizarse la simulación de los movimientos del vehículo para la validación de diferentes estrategias de guiado, navegación y control.

CONTROLADOR DE DIRECCIÓN

La ecuación (5) no resulta útil para el diseño de controladores desacoplados que puedan controlar de manera independiente los movimientos de avance, rumbo y profundidad del vehículo (Jalving, 1994). Una solución consiste en dividir el sistema en varios subsistemas con poca interacción entre ellos. El subsistema lateral resulta de interés para controlar la dirección del HRC-AUV.

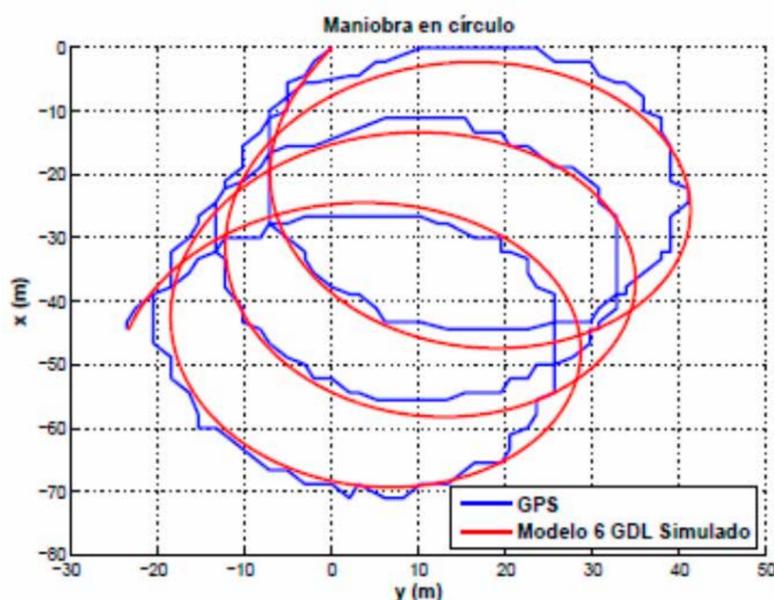


Figura 1. Trayectoria simulada y real del HRC-AUV.

Las soluciones de control de rumbo que se aplican en vehículos marinos se diseñan a partir de las siguientes expresiones:

$$\dot{\psi} = r \quad (6)$$

$$\ddot{\psi} = -\frac{N_r}{I_{ZZ}-N_{\dot{r}}} r + \frac{b_5}{I_{ZZ}-N_{\dot{r}}} \delta_T \quad (7)$$

donde N_r es uno de los coeficientes de masas añadidas, N_r representa a uno de los términos de amortiguamiento, mientras que b_5 es la ganancia relacionada con la entrada de control δ_T .

A partir de (6) y (7) se diseña una ley de control deslizante con el propósito de mantener la dirección del vehículo HRC-AUV en un valor deseado. La técnica de control en modo deslizante ofrece un desempeño favorable ante incertidumbres en los modelos. El propósito de este controlador radica en conducir un sistema no lineal a un estado deseado dentro de una superficie específica y mantener el estado de la planta en esa superficie por todo el tiempo subsiguiente (Prieto, 2015). Como superficie deslizante (h) se selecciona una recta de pendiente λ (Valeriano, 2016). La expresión de la señal de control para controlar la dirección en el vehículo HRC-AUV está dada por:

$$U(t) = \frac{\ddot{\psi}_d - \hat{b}(\psi, t) \hat{f}(x, t) + \lambda \tilde{\psi} + K_s \text{sign}(h)}{\hat{b}(\psi, t)} \quad (8)$$

Los términos $\hat{b}(\psi, t)$ y $\hat{f}(x, t)$ son los encargados de representar las incertidumbres relacionadas con los parámetros de inercia, masas añadidas y amortiguamiento viscoso del modelo (Valeriano, 2017). En su implementación, el término $K_s \text{sign}(h)$ es sustituido por una función saturación una vez que el sistema se acerca a la superficie deslizante (Valeriano, 2016). De esta manera se reduce el fenómeno del *chattering*.

La señal de control $U(t)$ debe ser capaz de cancelar los elementos menos conocidos del modelo y aquellos que representan las no linealidades. Para ello, se basa en la estimación de parámetros pertenecientes al modelo matemático del vehículo, los cuales aparecen reflejados en los términos $\hat{b}(\psi, t)$ y $\hat{f}(x, t)$ de (8). De esta manera, se asegura que, en presencia de incertidumbres dinámicas, la dirección del vehículo (ψ) sea similar al valor deseado (ψ_d) que provenga del algoritmo de guiado. Cuando esto ocurre, significa que producto a la acción de control, el sistema alcanza una dinámica deseada que le otorga convergencia exponencial al estado de equilibrio, siempre y cuando el controlador logre que permanezca sobre la recta definida como superficie deslizante (Valeriano, 2017).

En la figura 3 se presenta la respuesta obtenida ante una variación tipo paso en el valor deseado de rumbo. Como se puede apreciar, el controlador asegura robustez ante las incertidumbres y no linealidades que caracterizan la dinámica del vehículo.

CONTROLADOR I-LOS

La ley de guiado basada en la distancia *lookahead* conduce al vehículo hacia el camino en dirección al vector LOS (Børhaug, 2008). Este vector se orienta desde la embarcación hasta un punto situado en una línea tangencial a la ruta deseada, a una distancia *lookahead* ($\Delta > 0$) de la proyección de la posición del vehículo sobre el camino (Fossen, 2011), tal como se aprecia en la figura 4.

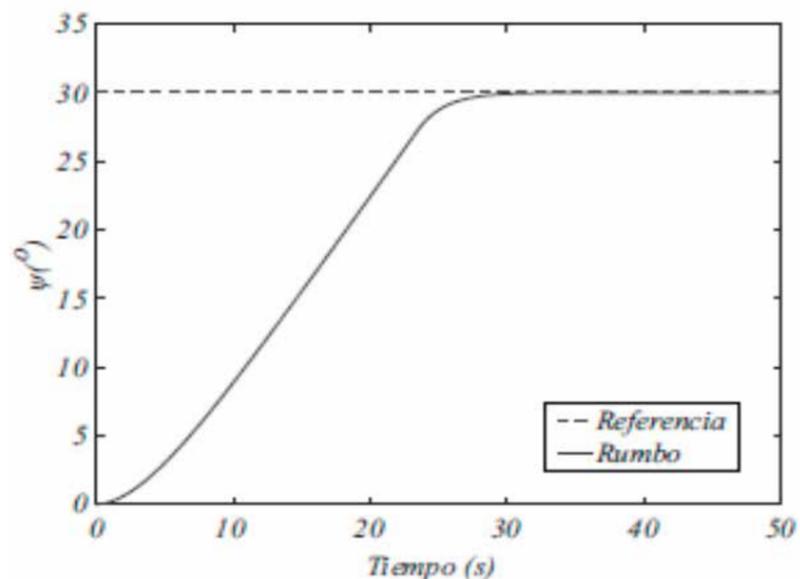


Figura 3. Respuesta simulada del controlador SMC.

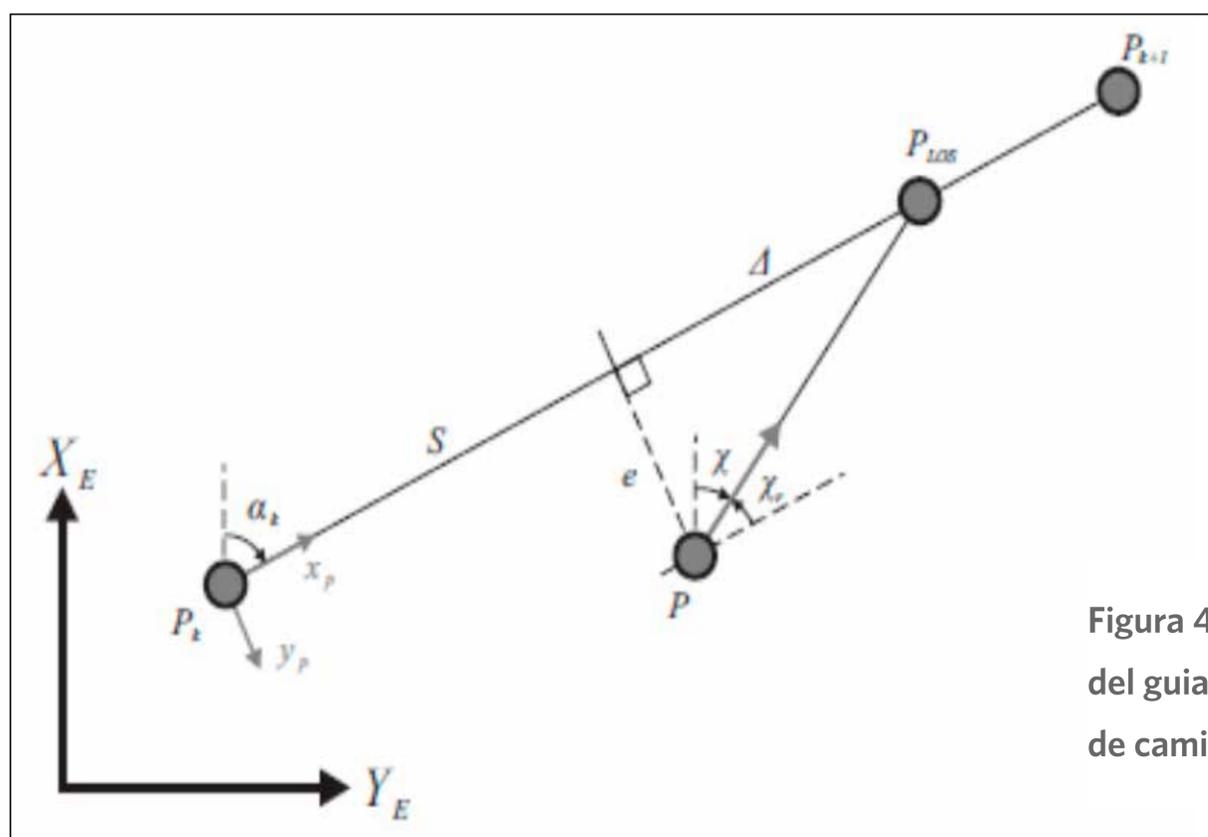


Figura 4. Características del guiado LOS para el seguimiento de caminos rectos en el plano x-y.

El eje x del camino ha sido rotado un ángulo positivo y constante $\alpha_k = \text{atan2}(y_{(k+1)} - y_k, x_{(k+1)} - x_k)$ relativo al eje X_E . Las expresiones del error de seguimiento a lo largo del camino $s(t)$ y del error de seguimiento perpendicular al camino $e(t)$ quedan planteadas como:

$$s(t) = (x_t - x_k) \cos \alpha_k + (y_t - y_k) \text{sen} \alpha_k \quad (9)$$

$$e(t) = -(x_t - x_k) \text{sen} \alpha_k + (y_t - y_k) \cos \alpha_k \quad (10)$$

Esta ley propone determinar el ángulo de curso del vehículo como la suma de dos ángulos:

$$\chi = \chi_r(e) + \alpha_k \quad (11)$$

donde $\chi_r(e)$ es un ángulo de corrección.

Los objetivos de control en el escenario de seguimiento de caminos son:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \psi(t) = \psi_d \quad (12)$$

En presencia de corrientes marinas, el ángulo de rumbo deseado debe ser entonces calculado como:

$$\psi_d = \chi - \beta_r \quad (13)$$

donde β_r se conoce como ángulo de deslizamiento lateral provocado por las corrientes marinas. Para calcular este ángulo, se necesita conocer con exactitud los valores de velocidad del vehículo, lo cual no resulta posible para el caso del HRC-AUV debido a la instrumentación que tiene instalada (Martínez, 2013).

Cuando se utiliza la ley de guiado *I-LOS*, se considera a β_r como una perturbación de lenta variación y desconocida, modificándose el algoritmo de guiado de la siguiente manera (Valeriano, 2015):

$$\psi_d = \alpha_k - \arctan\left(\frac{e + \sigma y_{int}}{\Delta}\right) \quad (14)$$

$$\dot{y}_{int} = \left(\frac{\Delta e}{(e + \sigma y_{int})^2 + \Delta^2}\right) \quad (15)$$

donde $\sigma > 0$ y Δ son los parámetros de diseño. En el caso de Δ su valor depende de la longitud del vehículo. De esta forma, el controlador *I-LOS* es el responsable de determinar los valores deseados de dirección apropiados para que el vehículo no se desvíe del camino trazado en presencia de corrientes marinas, sin necesidad de estimar el ángulo β_r .

El criterio para que el vehículo cambie de dirección hacia el siguiente punto queda definido por $s_{(k+1)} - s(t) \leq R_{(k+1)}$, donde $R_{(k+1)}$ es el valor del radio del círculo de aceptación (Fossen, 2011).

CONTROLADOR I-LOS EN CASCADA CON EL CONTROLADOR DESLIZANTE

En la figura 5 se presenta el esquema de sistema de control de movimiento que se propone para lograr precisión durante el desarrollo de maniobras con vehículos marinos asociadas al escenario seguimiento de caminos.

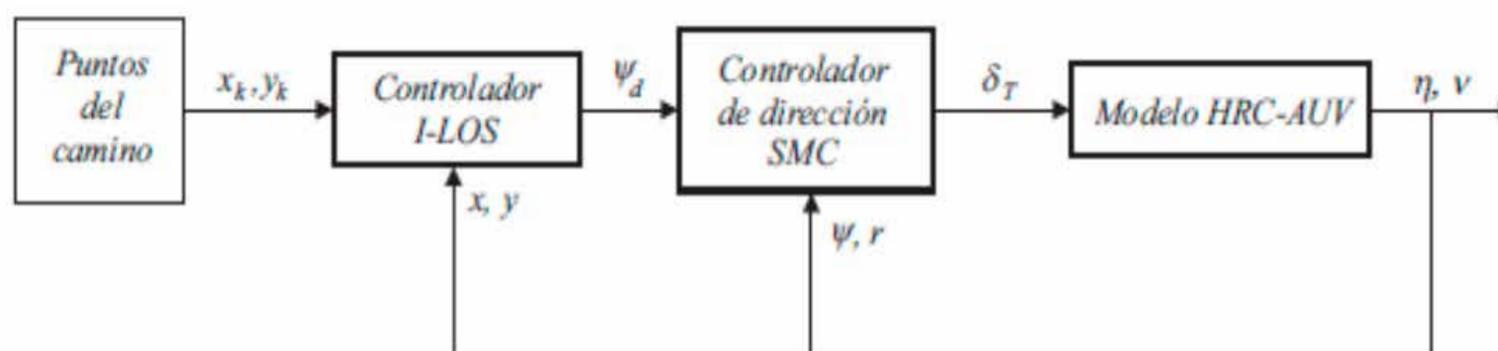


Figura 5. Diagrama de bloques del esquema de guiado desacoplado para el plano horizontal.

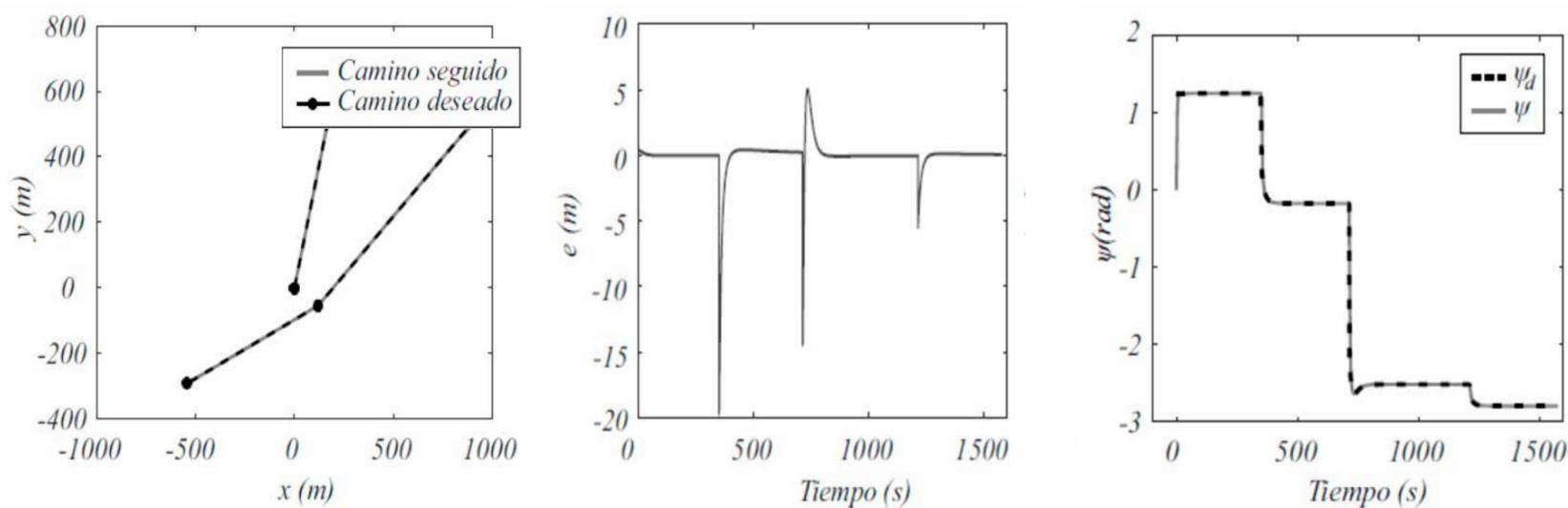
Como requisitos de desempeño, la cascada formada por el controlador *I-LOS* y el controlador de dirección deslizante, debe asegurar la convergencia del vehículo a un camino recto que se genera a partir de un conjunto de puntos, así como precisión ($e(t)=0$) en presencia de corrientes marinas. El controlador de dirección deslizante debe asegurar una respuesta temporal sin sobrecresta, con cero error en estado estacionario y un tiempo de establecimiento menor a los 30 [s].

La acción integral en el algoritmo de guiado es la encargada de contrarrestar el efecto que provocan las corrientes marinas. Por su parte, el controlador de dirección deslizante se ocupa de garantizar el seguimiento exacto de la señal de referencia generada por el algoritmo de guiado, sin que las incertidumbres y no linealidades de la dinámica del vehículo provoquen afectaciones en el desempeño. En (Valeriano, 2017) se demuestra que la cascada posee estabilidad k -exponencial (Wiig, 2015). Estos elementos hacen que esta propuesta sea superior a la presentada en (Valeriano, 2015).

Los resultados de una simulación numérica realizadas con *Matlab*[®] son analizados a continuación. Se trata de un camino recto conformado por cinco puntos. El vehículo HRC-AUV tiene una masa $m=4094.56$ [kg] y su longitud es de $L=9.46$ [m]. Otros valores geométricos e inerciales del vehículo son presentados en (Valeriano, 2017). Los parámetros de la corriente marina constante son: $V_{CA}=0.1$ [m/s] y $\beta_C=30^\circ$. El motor gira a 500 rpm y las condiciones iniciales del vehículo son cero.

El valor seleccionado de distancia *lookahead* para el controlador I-LOS es de $\Delta=40$ [m], mientras que la acción integral es $\sigma=0.1$ [m/s]. Los valores de ajuste del controlador de dirección deslizante son: $K_s=2000$ y $\lambda=0.5$ [s⁻¹]. Por su parte, el radio del círculo de aceptación es de $R=20$ [m].

El HRC-AUV sigue de manera exitosa los segmentos definidos para el camino (figura 6). Obsérvese que se produce un pico en el error siempre que ocurre una conmutación entre tramos de la ruta. La causa está en que el controlador *I-LOS* reacciona rápidamente y conduce al vehículo hacia el nuevo segmento del camino. Cada referencia generada por el algoritmo de guiado es seguida de manera precisa por el controlador de dirección deslizante.



(a) Seguimiento del camino.

(b) Error de seguimiento.

(c) Ángulo de guiñada.

Figura. 6. Resultados de la simulación.

CONCLUSIONES

Con el presente trabajo, se demuestra que el esquema de guiado y control cumple con los requisitos especificados para el seguimiento de caminos rectos, en vehículos marinos sub-actuados afectados por fuerzas externas, lo cual queda comprobado mediante simulación. El esquema de guiado *I-LOS* en cascada con el controlador de dirección en modo deslizante asegura precisión, estabilidad y robustez, a pesar de las afectaciones que provocan las corrientes marinas, las no linealidades e incertidumbres durante el seguimiento de caminos rectos.

REFERENCIAS

- Børhaug, E., Pavlov, A., Pettersen, K. Y. (2008). Integral LOS control for path following of underactuated marine surface vessels in the presence of constant ocean currents. En: *47th IEEE Conference on Decision and Control* (pp. 4984 – 4991), Cancún, México: IEEE.
- Caharija, W., Pettersen, K. Y., Bibuli, M., Calado, P., Zereik, E., et al., (2016) Integral line-of-sight guidance and control of underactuated marine vehicles: Theory, simulations, and experiments. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 24(5), 1623-1642. doi: 10.1109/TCST.2015.2504838.
- Cruz, J. M., Aranda, J., Girón, J. M. Tutorial automática marina: una revisión desde el punto de vista del control. (2012). *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 9(3), 205–218. doi: doi.org/10.1016/j.riai.2012.05.001.
- Fossen, T. I. (2011). *Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control*. John Wiley & Sons.
- Healey, A. J. (2015). Guidance Laws, Obstacle Avoidance, Artificial Potential Functions. En: Roberts, G. N., Sutton, R. (editores). *Advances in unmanned marine vehicles* (pp. 43-66). Gran Bretaña: Peter Peregrinus LTD.
- Hernández, L., Balaguer, L. A., Martínez, A., Valeriano-Medina, Y., Garcia-Garcia D., et al., (2015) Piloto automático para vehículo subacuático autónomo con rumbo y profundidad controlada. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 5 (3), 1–11.
- Jalving, B. (1994). The ndre – auv flight control system. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 19 (4), 497–501. doi: 10.1109/48.338385.
- Lekkas, A. M. (2014). *Guidance and Path-Planning Systems for Autonomous*, (Tesis Doctoral). NTNU, 2014.
- Martínez, A. Rodríguez, Y. Hernández, L. Guerra, C. Lemus, J., Sahli, H. (2013). Arquitectura de hardware y software para auv, resultados experimentales. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 10(3), 333–343. doi: 10.1016/j.riai.2013.04.004.
- Moreira, L., Soares, C. G. (2011). Autonomous ship model to perform maneuvering tests. *Journal of Maritime Research*, 8(2), 29-46.
- Prieto, P. J. Cazarez-Castro, N. R. García, D., Cardenas- Maciel, S. L. (2015). Estabilidad para un control borroso en modo deslizante aplicado a un robot paralelo neumático. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 12 (4), 488–496. doi: doi.org/10.1016/j.riai.2015.09.008.
- SNAME. (1950) Nomenclature for treating the motion of a submerged body through a fluid SNAME, New York, United States, *Technical and Research Bulletin No. 1-5*.
- Song, Y. S. Arshad, M. R. (2015). Sliding mode depth control of a hovering autonomous underwater vehicle. En: *IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering* (pp. 435–440). Penang, Malasia: IEEE.

- Valeriano-Medina, Y., Martínez, A. Hernández, L., Sahli, H., Rodríguez, Y., Cañizares, J. R. (2013). Dynamic model for an autonomous underwater vehicle based on experimental data. *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems: Methods, Tools and Applications in Engineering and Related Sciences*, 19(2), 175–200. doi: doi.org/10.1080/13873954.2012.717226.
- Valeriano-Medina, Y., Hernández, A., Hernández, L. (2015). Controlador ilos para el seguimiento de caminos en línea recta de un vehículo autónomo subacuático. *Revista de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 36(2), 15 – 28.
- Valeriano-Medina, Y., Fernández, A., Hernández, L., Prieto, P. J. (2016). Yaw controller in sliding mode for underwater autonomous vehicle. *IEEE Latin America Transactions*, 14(3), 1213–1220. doi: 10.1109/TLA.2016.7459601.
- Valeriano-Medina, Y. (2017) *Esquema de guiado y control para el seguimiento de caminos rectos sin restricciones temporales de un vehículo subacuático sub-actuado*, (Tesis Doctoral), UCLV, Cuba.
- Wiig, M. S., Pettersen, K. Y., Krogstad, T. R. (2015) Uniform semiglobal exponential stability of integral line-of-sight guidance laws. *IFAC- PapersOnLine*, 48 (16), 061–068. doi: doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.10.259.

Copyright © 2020 Valeriano-Medina, Y., Hernández-Santana, L., García-García, D., Hernández-Morales, L., Miranda-Jiménez, L., Milián-Morón O.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.