



DI 26/17
15/12/17

Capitán de Fragata CG. DEM.
Alan Ruiz Moreno

Nuevas tendencias en la construcción naval: Vehículos tipo HOVERWING

RESUMEN

La velocidad y la capacidad de transporte de mayor carga inciden en la eficiencia del transporte y que comúnmente se divide en terrestre, aéreo y marítimo. Sin embargo, desde la década de 1960 se ha generado un vehículo que responde a la necesidad de cubrir el espacio entre una aeronave y una embarcación: el vehículo Hoverwing. Desarrollados a partir del siglo pasado, en lo que va del presente siglo se han caracterizado por ser parte de una segunda generación de vehículos con mejoras sobre sus antecesores.

Estos inusuales híbridos cuentan con características que permiten explotar con eficacia las zonas marítimas de los países usuarios, por lo que resulta interesante conocer dicha tecnología y que en nuestro país no existe. Una tecnología que presenta bajo costos de operación y mantenimiento que parece atractiva para ser considerada como una opción en las operaciones marítimas.

Palabras clave: Efecto de suelo, Hoverwing.

ABSTRACT

The speed and the capacity for transport of greater amounts of cargo affects in the efficiency of the transport, normally divided in ground, air and maritime transportation. However, since the 1960s a vehicle has been developed that can cover the gap between an aircraft and a boat: the Hoverwing vehicle. Developed since the last century, in the present century it has been characterized as being part of a second generation with improvements over its predecessors.

These unusual vehicles have allowed characteristics to exploit with the maritime zones of the user countries. So, it is interesting to know this technology and that in our country does not exist. A technology that has low operating and maintenance costs, seems attractive to be considered as an option in maritime operations.

Keywords: Ground effect, Hoverwing.



INTRODUCCIÓN

El presente texto se refiere al tema de la tecnología hoverwing (HW) (aerodeslizador) en la construcción naval que se deriva de los buques denominados hovercraft, los cuales mediante un colchón de aire se permite a la embarcación navegar por encima de la superficie del agua. La diferencia básica del hoverwing de su antecesor es que utiliza alas para la sustentación e impulso, pues el hovercraft utiliza un sistema evector de aire para producir la sustentación y otro para el impulso.

La característica principal en ambos casos, es el tipo de navegación: navegan por encima de la superficie de un cuerpo acuático. Éste proporciona una velocidad superior a cualquier tipo de embarcación con su obra viva inmersa en el agua.

La investigación de esta tecnología se realizó por el interés de conocer las nuevas tendencias en ese ámbito de la construcción naval vinculada a la creciente importancia en la explotación de las zonas marinas de México, máxime de contar con el privilegio de ser un país bioceánico con un enorme potencial marítimo y que, por ende, toda cuestión que tenga que ver con el eficiente uso de esas ricas zonas no continentales, son de suma importancia para el desarrollo nacional marítimo del Estado mexicano.

Para comprender el principio de operación del hoverwing será necesario revisar el fenómeno físico designado *ground effect* (efecto de suelo) que le permite la suspensión sobre una superficie.

Efecto de suelo (ground effect)

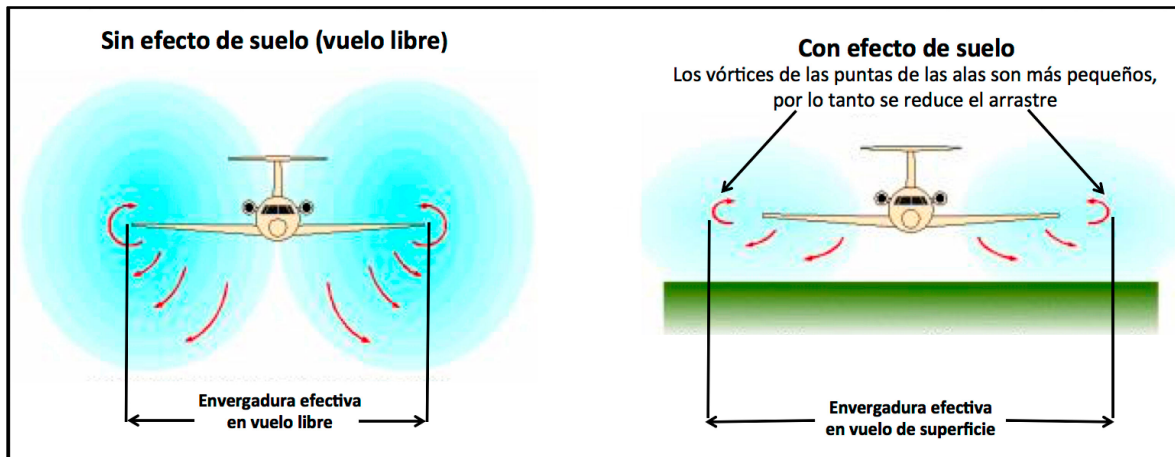
Los HW se basan en el fenómeno de efecto de suelo, cuando una aeronave vuela, tendrá dos fuerzas básicas: una que la mantiene elevada (sustentación) y que se le conoce como presión estática, y otra fuerza que produce el movimiento hacia adelante (la velocidad), denominada presión dinámica. Cuando un ala se encuentra próxima a una superficie se produce un efecto aerodinámico denominado *ram* (se basa en el principio de que la suma total de ambas presiones siempre es la misma) que consiste en un incremento en la fuerza estática y una reducción en la oposición al avance inducida en el ala, en otras palabras, aumenta su sustentación y reduce la resistencia del aire para volar.

Esto sucede porque al estar cerca del suelo, como se aprecia en las figura 1, evita que el flujo de aire debajo del ala se expanda como lo haría en el aire libre y esto aumenta la envergadura efectiva del ala, incrementando así la presión de sustentación, lo que reduce la fuerza necesaria para mantenerlo “suspendido” y la resistencia. La suma de estos factores produce un ahorro de energía para mantener el vehículo en vuelo bajo o raso.

El efecto de suelo es fácil de observar en la naturaleza, en el vuelo de las aves sobre el agua, por ejemplo, los albatros y pelicanos lo usan para volar cerca de la superficie como se observa en la figura 2, y para

ayudar a comprender mejor este fenómeno, se recomienda ver el video en: <http://www.cesnav.edu.mx/ININVESTAM/hoverwing.html>, (Fisher Flugmechanik (FF) y Airfol Development GmbH (AFD)). **Nota: Puedes dar click en el link del video o copiarlo y pegarlo en el buscador de tu agrado.**

Figura 1.- Efecto de suelo



Fuentes: <http://www.aerospaceweb.org/question/aerodynamics/q0130.shtml>

Figura 2.- Aves marinas y el principio del efecto de suelo



Fuente: <https://sites.google.com/site/hoverwingwcraft/academics>

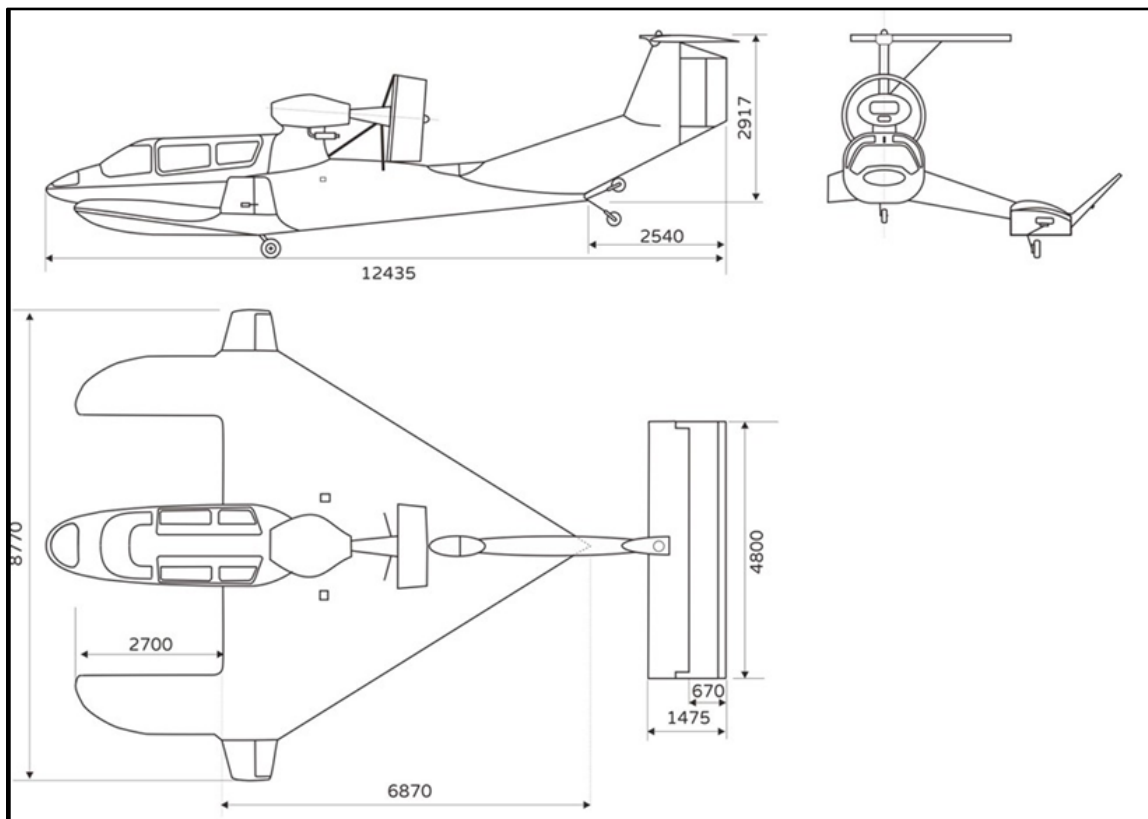
La habilidad y eficiencia de un vehículo HW reside en el efecto de suelo. A partir de la teoría aerodinámica, la eficiencia de las aeronaves se determina por la capacidad de transportar una carga sobre una distancia, es decir que una aeronave es más eficiente entre más carga y más lejos la pueda transportar. Esta eficiencia está dada con la relación entre la sustentación y la relación de arrastre, es decir, qué tanta facilidad tenga un vehículo para elevarse y qué tanta resistencia ofrece al vuelo.

En este sentido un transporte WIG (Wing in Ground Effect, Ala con Efecto de Suelo), tiene un aumento en esta relación, pues al estar más cerca del suelo, cuenta con mayor sustentado, cubriendo un vacío entre los buques y las aeronaves que un vehículo HW (WIG Craft) puede realizar (Halloran & O'Meara, 1999).

Los inicios del Hoverwing

El desarrollo de este tipo de embarcaciones encuentra sus antecedentes en Alemania, donde el Dr. Alexander Martin Lippisch¹ buscaba la manera de cubrir la falta de transporte en áreas con extensos cuerpos acuáticos o en países que contaran con grandes litorales marinos en donde no se pudiesen construir aeropuertos caros. De esta forma, Lippisch fue el pionero en el diseño de embarcaciones basadas en el *ground effect* desarrollado en la década de 1920, construyendo el modelo X-112 en 1963 (ver figura 3) en los EE.UU. (academics google, 2012).

Figura 3.- *Hoverwing de Lippisch*

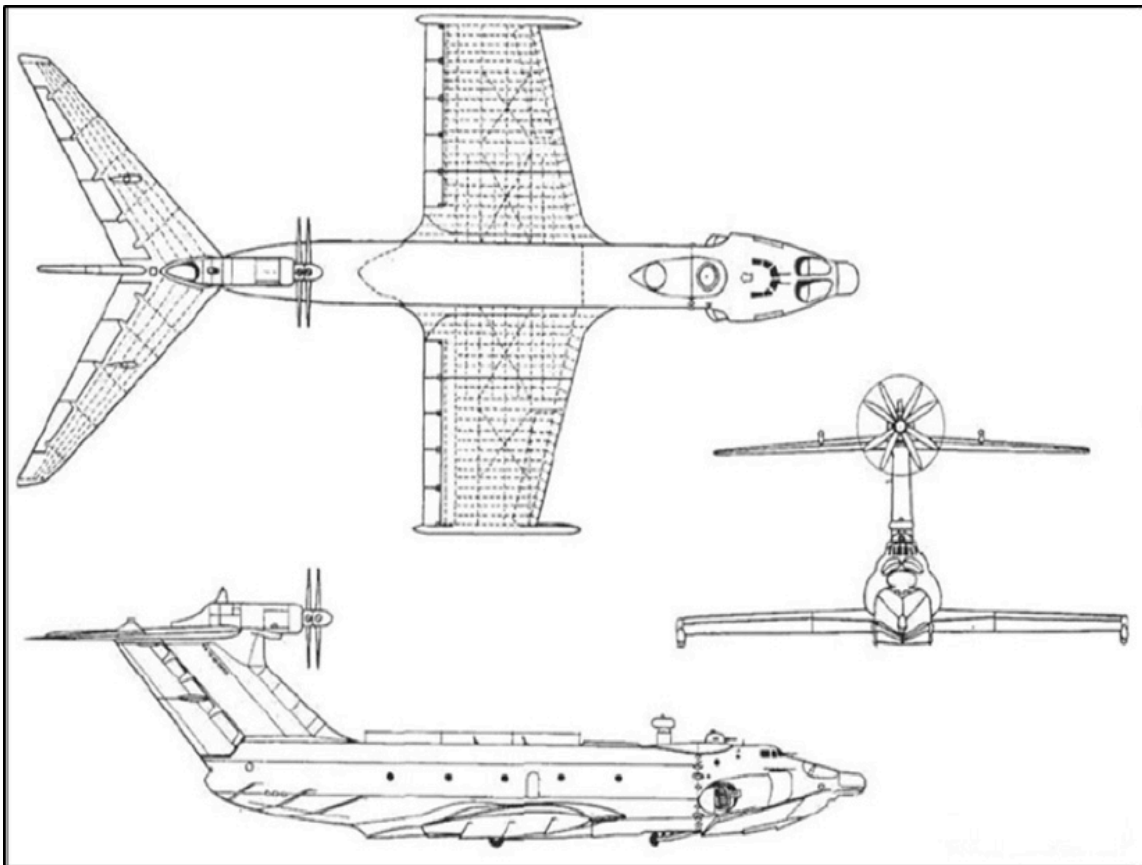


Fuente: http://www.hassanhameed.com/?page_id=1108

¹ Nació en 1894 en Alemania, se enlistó en las fuerzas armadas alemanas en 1915 y sirvió hasta 1918 como fotógrafo aéreo, consiguió el doctorado en 1943; es el inventor del ala delta inversa y del avión sin cola.

A la par de los EE.UU. en la década de 1960, la ex Unión soviética desarrolló a través del Dr. Rosotislav Alexeyev² la versión hoverwing soviética (ver figura 4), a lo que denominó *Ekranoplano*. La diferencia entre ambos consistió en la forma de sus alas, pues en tanto el modelo estadounidense contaba con ala de delta inversa, los soviéticos tenían una plataforma cuadrada, cuyo primer modelo en 1966 se le nombró KM (el HW más grande de esa época) y conocido coloquialmente como el Monstruo del Mar Caspio (Halloran & O'Meara, 1999). Estas diferencias se traducían en el plano operativo que, los Ekranoplanos estarían relegados a cuerpos acuáticos protegidos, es decir, a lagos y ríos, debido a que el modelo de Lippisch cuenta con mayor estabilidad de lanzamiento longitudinal, reduciendo las demandas de habilidades del piloto (academics google, 2012).

Figura 4.- *Ekaronplano de Alexeyev*



Fuente: https://aerofred.com/details.php?image_id=85989&mode=search&sessionid=b5chrj6lh4bfhfsrus5d9482e6

A partir de las fotos del primer aerodeslizador operativo en la década de 1970, las Fuerzas Armadas estadounidenses revisaron cómo combatir tal clase de HW, llegando a la conclusión en ese tiempo que no

² Nació en 1916 en Rusia, fue el creador del ekranoplano.



era una tecnología a desarrollar, sin embargo, no perdieron de vista la necesidad de entender el potencial de capacidades de esos vehículos (Halloran & O'Meara, 1999), y a través del tiempo se han generado sinónimos respecto a los vehículos con esa tecnología como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.- Sinónimos

Término	Explicación
WIG Craft (Wing in Ground effect craft))	Vehículo con alas con efecto de suelo.
Wingship (Buque con alas)	Terminología estadounidense para referirse a un vehículo del tamaño de un mamut. Designación coya propiedad pertenece a la compañía Aero-co.
Ekranoplan	Terminología de la ex URSS, usado comúnmente para referirse al vehículo WIG de larga eslora de la ex Unión soviética.
AGEC (Aerodynamic Ground Effect Craft)	Vehículo aerodinámico de efecto de suelo. Es un término alemán para referirse a un vehículo WIG.
WISES (Wing in Surface Effect Ship)	Buque con alas con efecto de superficie. Es un término japonés usado para referirse en general a los vehículos WIG.
GEM (Ground Effect Machine)	Maquina con efecto desuelo. Otro término usado para referirse a los vehículos WIG e incluyendo a los hovercraft y otros vehículos terrestres.
Flarecraft	Término introducido por Günter Jörg en Alemania y el nombre es propiedad y usado por la manufactura estadounidense de vehículos WIG
PAR-WIG (Power Assisted Ram WIG)	Ram asistido con poder en vehículos con efecto de suelo. Esto se refiere a la potencia del motor dirigida directamente debajo del ala para ayudar a despegar y aterrizar.

Fuente: *Halloran & O'Meara*, 1999, pág. 19.

Embarcaciones Hoverwing: la velocidad como factor privilegiado en la mar

La principal ventaja de un HW es su velocidad. Como se puede apreciar en el anexo I, las velocidades de crucero pueden variar desde 60 hasta 250 nudos y de 269 nudos (500 km/hr) de velocidad máxima en el caso del ekranoplano.

El beneficio de la tecnología WIG o HW está basado en su eficiencia comercial. Esto se debe a que puede viajar a una mayor distancia con la misma cantidad de combustible que una aeronave comercial y mucho más rápido que un barco

Análisis del HW: eficiencia comparativa con una aeronave y un buque

Comparativo con una aeronave

Un vehículo HW es más eficiente que una aeronave. Esto es debido a que un HW cuenta con una mayor relación sustentación/resistencia como se explicó anteriormente en el efecto de suelo. El beneficio se palpa



en el despegue y los aterrizajes en relación a la longitud de una pista convencional, pues usa las extensas superficies de los cuerpos acuáticos, a excepción de áreas con dimensiones reducidas, como lagunas muy pequeñas o ríos con curvaturas muy próximas entre sí. Los beneficios en comparación con una aeronave son (Matjasic, Fisher, & Taylor, 2003):

1. Menor costo de capital en relación a un avión, debido a la reducción de “contenido aeroespacial” y simplificación.
2. Menor costo de mantenimiento debido a la simplicidad y la férrea estructura/casco.
3. Menor costo de combustible debido a la potencia/eficiencia.
4. Reducción de costo de personal, debido a que no necesita un piloto de avión entrenado.
5. Velocidad similar a la de un avión o un helicóptero.
6. Bajo costo de infraestructura, pues tiene capacidad de operar desde una playa.

De acuerdo a Halloran y O’Meara (1999), existen algunas consideraciones como las que a continuación se relacionan y que han sido tomadas en cuenta en los actuales modelos para mejorar su rendimiento:

1. **La operación de los propulsores a nivel del mar.** Se debe considerar que los turbomotores y motores a reacción, operan mejor con temperaturas bajas que son características de las elevadas altitudes, por lo que sus motores deben subsanar esta desventaja en relación a los propulsores de un avión.
2. **Casco marino.** Similar a un hidroavión, el casco incrementa la resistencia y el peso estructural.
3. **Superar la estabilidad en el cabeceo.** Debido a que esta operación se lleva a cabo sobre una superficie dinámica como los ríos y océanos, el vehículo debe afrontar sus cambios, por ejemplo, las olas generan inestabilidad en el despegue y aterrizaje, por los cabeceos que esas producen en el aerodeslizador. Esto motiva a adicionar estructuras de balanceo, ocasionando mayor resistencia y peso estructural.
4. **Empuje adicional en el despegue.** Debido a la resistencia del agua a diferencia de una aeronave que despegue de tierra, se necesita que el motor propulsor cuente con mayor capacidad por lo que este necesita motores adicionales o más grandes, lo que incrementa el peso y la resistencia.

Comparativa con un buque convencional

La velocidad de un HW es mayor que la de un buque. Puede transportar cargas pesadas a alta velocidad, pues no tienen límites por la resistencia del agua como en el caso de las embarcaciones convencionales. El principal obstáculo está en el despegue y amerizaje donde un oleaje elevado restringe su operación; por

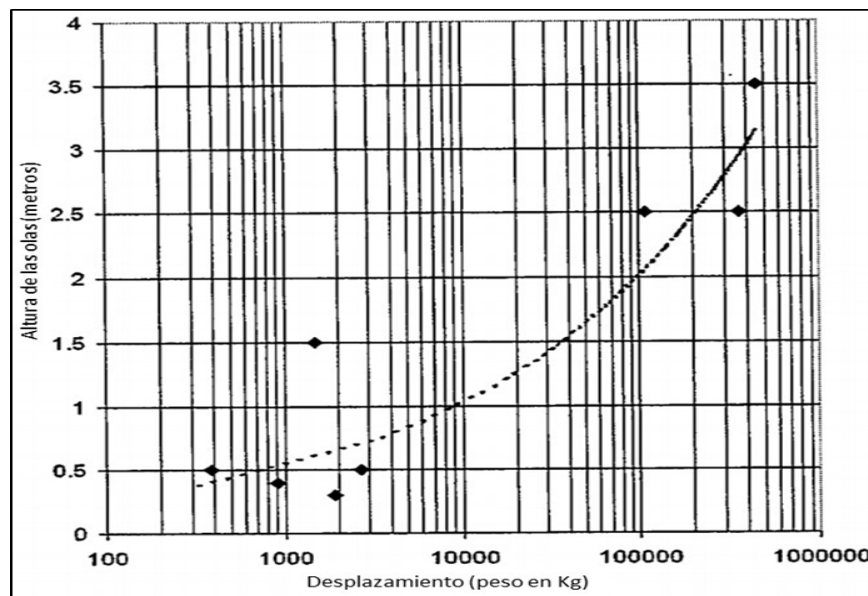


ejemplo, un hovercraft limita su velocidad por el estado de la mar. En suma, este vehículo en comparación con una embarcación convencional (Matjasic, Fisher, & Taylor, 2003) presenta las siguientes ventajas:

1. Su alta velocidad y comodidad, proporciona mayor autonomía y rápida respuesta en tiempo.
2. Un solo vehículo WIG (HW) puede cubrir el área de varios buques convencionales, ahorrando capital, costos de personal y combustible.

La altura de las olas es una limitante para los HW. La carga del vehículo y el impacto de su casco con las olas durante el despegue y el aterrizaje son críticos como parámetros en el diseño y para facilitar esas operaciones se han implementado una serie de dispositivos auxiliares como por ejemplo el APR (Aumento de potencia Ram, PAR por sus siglas en inglés Power Augmentation of Ram), hidrodeslizadores, tecnología hovercraft y los cascos escalonados. Esta limitación se reduce entre mayor sea el porte del vehículo, es decir, entre más grande es, puede operar con olas más grandes como se puede apreciar en el diagrama de la figura 5³, en donde la curva muestra que un HW de mayor desplazamiento puede operar con olas más altas. Por ejemplo, con base a ese diagrama, para un HW de 500 kg. la máxima altura promedio para despegar es de 0.5 metro; para uno de 10,000 kg. es de 1 metro; en el caso de uno de 100,000 kgs. es de 2 metros. En relación a la experiencia rusa, muestra que para un vehículo HW de 500 toneladas (500,000 kgs.) la máxima altura para despegue y aterrizaje es de 2.5 metros⁴, (Halloran & O'Meara, 1999).

Figura 5.- Altura de las olas en el despegue HW vs desplazamiento



Fuente: Wing in Ground Effect Craft Review (Halloran y O'Meara).

³ la tabla 2 se expone la escala Douglas para clasificar el estado de la mar de acuerdo a la altura de las olas

⁴ De acuerdo a la escala Douglas para clasificar el estado de la mar en relación a la altura de las olas en una escala del 0 al 9, una ola de 2.5 m pertenece a la escala 4 y se le denomina "fuerte marejada".



Tabla 2.- Escala de Douglas.

ESCALA DOUGLAS			
ALTURA DE LAS OLAS			
ESCALA	NOMBRE	ALTURA EN METROS	ALTURA EN PIES
0	CALMA O LLANA	0	0
1	RIZADA	0 A 0.1	0 A 0.32
2	MAREJADILLA	0.1 A 0.5	0.32 A 1.64
3	MAREJADA	0.5 A 1.25	1.64 A 4.10
4	FUERTE MAREJADA	1.25 A 2.5	4.10 A 8.20
5	GRUESA	2.5 A 4	8.20 A 13.12
6	MUY GRUESA	4 A 6	13.12 A 19.68
7	ARBOLADA	6 A 9	19.68 A 29.52
8	MONTAÑOSA	9 A 14	29.52 A 45.93
9	ENORME	MÁS DE 14	MÁS DE 45.93

Fuente: Organización Meteorológica Mundial (SEMAR, 2001).

Ventajas y desventajas en general

En relación a las aeronaves y los buques convencionales, se pueden numerar las siguientes ventajas principales (wigcraft) (Matjasic, Fisher, & Taylor, 2003):

1. Altas velocidades de crucero, con velocidad similar a la de un avión. Esto le proporciona la capacidad de: cubrir una amplia área en poco tiempo, respuesta rápida, interceptar a los otros buques marinos.
2. Ya volando no tiene contacto con el agua. Esto beneficia en que no se producen mareos y por lo tanto hay una baja fatiga en la tripulación y pasajeros. No deja estelas, no daña la naturaleza y cuenta con un alto grado de invisibilidad ante los radares.
3. Requerimientos de infraestructura similar al de un buque.
4. No necesita pistas. Opera sobre el agua o en modo anfibio.
5. Amigable con el medio ambiente por el bajo uso de energía e intercambio de fluidos con el mar.
6. Legalmente son embarcaciones marítimas para los requisitos de construcción, seguros, licencias de operación y registro (en comparación con una aeronave reduce el costo de propiedad en un 40%. Se reduce el costo de combustible en un 75% y menor costo operativo).
7. Los requerimientos de la tripulación son similares a la de una aeronave, pero requieren menos entrenamiento.
8. Alta capacidad de carga, en relación a una aeronave.

En tanto, de igual manera se pueden enunciar sus principales desventajas (Global Security, 2017):



1. Las alas y la mar no se mezclan. Si alguna ala impacta con el agua resultará en un desastre.
2. La envergadura de sus alas no facilita su amarre a los muelles.
3. Inhabilidad para girar a alta velocidad, pues por la baja altura y la envergadura de las alas no permite que el HW se incline mucho, ya que corre el riesgo de que sus alas choquen con la superficie.
4. No cuentan con capacidad de realizar hover, es decir de mantenerse suspendido sin avanzar.

La construcción de vehículos con efecto de suelo

Existen diferentes empresas que han producido prototipos y vehículos operacionales, por ejemplo: En Alemania se tienen a BOTEC Ingenieursozietät GmbH (Jörg), Fisher Flugmenchanik GmbH y Techno Trans e.V.; en los EE.UU. están Lockheed Martin, Aerocon y Flarecraft; en Rusia se encuentran La Oficina Central de Diseño de Aerodeslizadores, Sukhoi y la SDDP Soporte Dinámico a Vehículos, asimismo Corea del Sur con Wing Ship Technology. En el anexo I, se muestran más detalles de algunos vehículos con esta tecnología y cuyos usos se enumeran a continuación (Halloran & O'Meara, 1999):

1. Transporte marítimo de carga a velocidad de un avión.
2. Embarcación hospital y rescate. Su alta velocidad les permite contar con un tiempo reducido de respuesta a una emergencia en el mar.
3. Guerra antisubmarina (GAS) (ASW, por sus siglas en inglés: Anti Submarine Warfare).
4. Asalto anfibio, inserción y extracción.
5. Patrulla de intercepción.
6. Operaciones de caza⁵, vinculadas con operaciones de GAS y patrullaje.

Hasta la fecha, el vehículo WIG de mayor envergadura es el ekranoplano manufacturado por la empresa Orlyonk en Rusia. En la figura 6 se muestra el Ekranplano ruso A-90 (el monstruo del mar Caspio) y en la figura 7 se muestra la versión militar lanzamisiles, el modelo de combate Lun entró en operación en 1986, pero su proyecto se suspendió en 1990; su eslora era de 73 metros, envergadura de 44 metros, velocidad máxima de 500 km/hr, un alcance de crucero de hasta 2,000 kilómetros, con un peso de carga útil máximo de despegue de 380 toneladas, ocho motores de turbinas de gas NK-87 y armado con seis misiles anti buque soviéticos mosquito (Rostec, 2014).

⁵ En inglés se le denomina también *sprint and drift applications* para referirse a las operaciones de caza, al combinar la deriva silenciosa (drift) al navegar por encima de la superficie del mar y anulado su detección por submarinos y la rapidez (sprint, término deportivo que se refiere a correr a máxima velocidad) hacia un submarino detectado (Friedman, 2014).

Figura 6.- Ekranoplano ruso: *Modelo A-90*Fuente: *Reedit* (2013)Figura 7.- Ekranoplano ruso: *Modelo Lun*Fuente: *Rostec* (2014).

Rusia retomará la construcción del Ekranoplano. En el presente año, Rusia anunció el planeamiento de la construcción de un nuevo ekranoplano para soportar su expansión en las operaciones militares en el ártico (Mizokami, 2017), el cual tendrá un peso de 600 toneladas, eslora de 100 metros y 70 de envergadura, altura de vuelo entre 3 y 12 metros, con capacidad para 500 pasajeros y una velocidad máxima de 550 km/hr y que será nombrado como “rescatador” (Cervera, 2017).



De acuerdo a expertos navales rusos este modelo está pensado para hundir a portaviones enemigos y que podrían resultar más útiles que los buques anfibios clase Mistral. En este sentido un ingeniero participante en la construcción de los antiguos ekranoplanos, señaló que esos vehículos representaron un problema para los EE.UU. por su capacidad de hundir portaviones, despegar y acuatizar en condiciones adversas de la mar y que se les apodó “asesino de portaviones”, asimismo explicó que, por el mismo costo de un Mistral se pueden construir seis ekranoplanos (Actualidad, 2015).

El otro país líder en los vehículos HW es Alemania. Como se apreció anteriormente el modelo Lippisch⁶ se caracterizaba por sus alas de delta inversa y que hoy sigue exhibiendo dicho sello personal. Este modelo fue retomado y mejorado a partir de 1971, con la unión de las empresas Fisher Flugmechanik (FF) y Airfoil Development GmbH (AFD) y que de acuerdo a la Organización del Atlántico Norte (OTAN) (Matjasic, Fisher, & Taylor, 2003) las cuatro mayores innovaciones que los nuevo HW son:

1. La patente del auxiliar de despegue.
2. Reducción de potencia instalada.
3. La configuración de “cuerpo mezclado” en lugar de un “palo con alas”.
4. La capacidad de usar alas plegables.

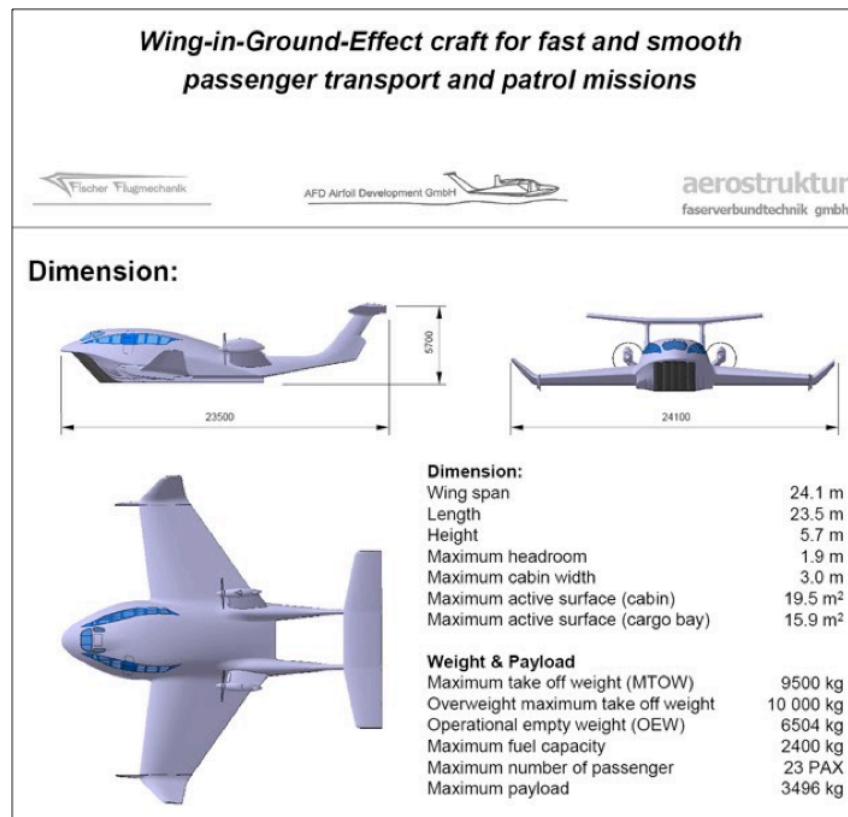
La combinación de citadas innovaciones permite transportar cargas más pesadas que su antecesor, además de una mayor capacidad de volumen, consiguiendo acomodar cargas que no cabrían en una aeronave convencional y por lo tanto sería difícil transportarlas a alta velocidad; otra de las mejoras es la combinación de control combinado de aleta/timón, con lo que logra efectuar giros con menos de 300 mts. de diámetro táctico⁷ a 90 nudos; esta nueva generación de HW está orientada a aplicaciones de áreas de corto y medio rango, como ríos, costas, estuarios, espacio entre islas, transporte en estuarios y delta (donde el estado de la mar lo permita), como algunas áreas en el Golfo de México y el Caribe (Matjasic, Fisher, & Taylor, 2003).

Un ejemplo de esta nueva generación de HW, donde las mejoras se reflejan, se puede observar en el modelo HW-20 que se muestra en la figura 8. Este HW tiene 23.5 metros de eslora, envergadura de 24.1 mts. (longitud de las alas). Puede despegar con un peso de 9,500 kg. (y un sobrepeso máximo de 10,000 kg.), con olas de máxima altura de 1.5 metros (en la escala Douglas como se observa en la tabla 2, este oleaje corresponde a un mar del 4 “fuerte marejada” que comprende olas entre 1.25 a 4 mts.), con vientos máximos de 20 nudos. Este vehículo cuenta con tres versiones:

⁶ Recordando que se diseñó en Alemania, pero el primer modelo fue estadounidense X-112 y que, posteriormente le vendieron la patente a Alemania.

⁷ El diámetro táctico es el diámetro del círculo descrito por un buque cuando gira hasta alcanzar su rumbo opuesto.

1. **Versión civil.** Para el transporte de 23 pasajeros.
2. **Versión de carga.** Puede transportar hasta 2,300 kg. y la maniobra de carga y descarga se realiza a través de su compuerta de popa. Esto ofrece un transporte rápido de personal y equipo a instalaciones en la mar como las plataformas petroleras.
3. **Versión militar/guardia costera.** Puede transportar 14 pasajeros más de 2 de tripulación y una pequeña embarcación. De acuerdo a la OTAN, las aplicaciones incluyen interdicción de drogas, antipiratería, patrulla fronteriza, búsqueda y rescate, medevac (evacuación médica) contaminación/monitoreo ambiental, transporte, operaciones encubiertas y especiales, siendo difíciles de detectar por minas o sonares, por lo que son adecuadas para cruzar áreas minadas, remoción de minas y operaciones de GAS (Matjasic, Fisher, & Taylor, 2003).

Figura.-8: *Hoverwing 20*Fuente: *Aerostruktur*.

Asimismo, su autonomía es de 900 km (486 mn) con 20 pasajeros, de 725 km (391 mn) con 23 pasajeros, y con cinco horas de operación (23 pasajeros), con una velocidad de crucero de 75 nudos (140 km/hr). Para



contar con una idea de su alcance, en la figura 9 se presenta un mapa con las distancias máximas del HW-20, tomando como centros Mazatlán y Coatzacoalcos, mostrándose en la tabla 3 los tiempos que se tomaría un HW en llegar a diferentes puertos y como podrá apreciarse, los tiempos son mucho menores que un buque convencional a una velocidad promedio de 37 km/hr (20 nudos).

Figura 9.- Rango de autonomía del HW-20



Fuente: elaboración propia con datos ficha técnica HW-20.

Nota: Se tomó como centro Mazatlán en el Océano Pacífico y Coatzacoalcos en el Golfo de México.

Tabla 3.- Tiempos de un HW zarpando de Mazatlán y Coatzacoalcos a 140 km/hr.

Puerto de zarpe	Puerto de arribo	Distancia en kilómetros	Tiempo en horas	Tiempo en horas en un buque convencional a 37 km/hr (20 nudos)
Mazatlán Sin.	Islas Marías	180	1.3	4.8
	Cabo San Lucas BCS	200	1.4	5.4
	La Paz BCS	400	2.8	10.8
	Manzanillo Col.	563	4	15.2
	Isla Socorro	600	4.2	16.2
	Guaymas Son.	696	5	18.8
Coatzacoalcos Ver.	Terminal petrolera de Cayo Arcas en la Sonda de Campeche	425	3	11.4
	Tampico Tamps.	570	4	15.4
	Progreso Yuc.	600	4.2	16.2

Fuente: elaboración propia.



CONCLUSIONES

Los vehículos HW de segunda generación han mejorado mucho en relación a los desarrollados en la década de los 1970, con lo que le permite una efectiva aplicación en las versiones civiles de transporte y carga, así como en la versión militar y guardia costera. Si bien el oleaje sigue siendo la mayor limitante de los HW.

Estas mejoras permiten contar con un vehículo que es más rápido que un buque convencional y que cubre un área mayor que varias unidades convencionales, y por otro lado es más económico en adquisición, operación y mantenimiento que una aeronave. El HW por consiguiente cubre el espacio entre un buque y una aeronave.

Estas capacidades le permiten configurar un esquema operativo muy competitivo con las embarcaciones y buques convencionales de pequeño y mediano porte, en donde se requiere un factor clave: la velocidad.

Rusia ha reconocido dichas capacidades y las utilidades de los HW por un bajo costo. Por lo que este año anunció retomar su antiguo ekranoplano y revivir su programa, y pese a que no señala ninguna versión militar hay que recordar su contrapeso a los portaviones debido a su capacidad combinada de alta velocidad, sigilo y transporte/lanzamiento de misiles superficie.

En tanto, no existen vehículos HW en México, que es un país bioceánico, con un importante cuerpo insular (islas), vastas costas, plataformas petroleras y áreas turísticas como la ribera Maya donde se combinan puertos costeros e islas. Por otro lado, el uso de su mar por semi-sumergibles y embarcaciones rápidas para actividades ilícitas, interpelan a considerar nuevas tecnologías para una explotación efectiva y mantenimiento del Estado de Derecho de nuestros mares. La tecnología HW parece responder con eficiencia (eficacia y bajo costo) las necesidades de transporte y vigilancia en algunas áreas de las costas mexicanas.



ANEXO I Algunos vehículos HW (WIG)

Nombre	País y fabricante	Fecha	Desplazamiento	Capacidad de carga	Altura máxima de las olas para el despegue	Velocidad de crucero	Autonomía	Misión	Notas
KM (Monstruo del Mar Caspio)	Ex URSS CDBH	Oct. 1966	500 tons		3.5 m	250 nds.	1500 km	Prototipo	Estrellado por error del piloto
A.90.150 Orlyonok)	Ex URSS CBDH	1973	120 tons.	15-20 ton	2.5 m	215 nds	2000 km	Transporte de tropas de asalto	Entro en servicio en la marina soviética en 1979. Uno se estrelló en 1992. Actualmente no hay ninguno en servicio
Lun	Ex URSS CBDH	Jul.1986	400 tons		2.5 m	270 nds.	2000 km	Vehículo misilero y de asalto	Uno de los dos vehículos fue comisionado para pruebas en 1989. El otro vehículo fue rediseñado como hospital.
Amphister	Rusia Moscow Aviation Company		1900 kg	320 kg	0.3 m	80 nds	400 km	Recreativo (4 pasajeros)	30 en servicio
Volga-2	Rusia SDPP Dynamic Support Craft	1986	2700 kg	800 kg	0.5 m	60 nds	500 km	Transbordador pequeño (10 asientos)	
Aquaglide	Rusia ATTK	2009	2010	300 kg	0.3 m	80-91 nds	350-500 km	1) Comerciales (Recreativos y negocios) 2) misiones de Estado (guardia costera, rescate, misiones especiales, medio ambiente y suministro de emergencias)	
Jörg IV	Alemania Jörg	1981	740 kg	200 kg		67 nds	200 km		
Jörg V	Alemania Jörg	1987	3500 kg	500 kg		80 nds	500 km	8 pasajeros	
Jörg VI	Alemania Jörg	1991	3150 kg	800 kg		80 nds	400 km	Embarcación para 7 pasajeros para aguas interiores únicamente	Crucero 0.4 m
Airfish-3	Alemania Fischer Flug-mechanik	1990	650 kg	190 kg		65 nds	370 km	Recreativo. Este vehículo ha sido usado como base para el diseño de otros vehículos incluyendo el L-325	
VT-01 Hoverwing	Alemania Techno Trans e. V.,	1997	915 kg		0.4 m	65 nds		La versión de 2 asientos fue escalada a un proyecto de 80 asientos	
X-113	Alemania Rhein Flugzeugbau GmbH (RFB)	1970				85 nds		Prototipo de vehículo a escala	



Nombre	País y fabricante	Fecha	Desplazamiento	Capacidad de carga	Altura máxima de las olas para el despegue	Velocidad de crucero	Autonomía	Misión	Notas
X-114	Alemania Rhein Flugzeubau GmbH (RFB)	1977	1500 kg	500 kg	1.5 mts	100 nds	1000 km	Prototipo militar. Usado como vehículo para varias pruebas de despegue	Estrellado por error del piloto al aterrizaje
HW-20	Alemania Aerostruktur Maritim GmbH	2013	6504 kg	3496 kg	1.5 mts	75 nds	20 pasajeros: 900 km 23 pasajeros: 725 kms	3 versiones: 1) Carga (2300 kg); 2) Militar/Guardia Costera; 3) De lujo (recreativo)	
X-112	EE.UU. Collins Radio Company	1963	372 kg	160 kg	1.5 mts	65 nds		Vehículo de prueba de concepto	Patente comprada por la empresa RFB y usada en los vehículos X-113, X-114 y Airfish 3
L-325	EE.UU. Flarecraft		550 kg			65 nds	400 km	Vehículo de uso comercial con un precio de us\$224,000 (1999)	
Blue Dolphin	EE.UU. WigCraft	2007	3700 kg	1200 kg	1.25 mts	90 nds	4000 km	3 versiones: 1) pasaje y carga; 2) Guardia costera y 3) versión militar	
WSH-500	Korea del Sur Wing Ship Technology					97 nds	1000 km	4 versiones: 1) Ferry; 2) suministro; 3) carga y 4) militar	Hay un modelo denominado WSH-1500, pero no se visualizan sus especificaciones
Ram Wing Vehicule 902	China Ship Scientific Research Centre	1984	385 kg	105 kg	0.5 mts	65 nds	1000 km	Vehículo de un solo asiento	

Fuente: Halloran & O'Meara, 1999, Aerostruktur Maritim GmbH 2013, Wigcraft, Wingsh



BIBLIOGRAFÍA

Academics google. (2012). *Hoverwing*. Obtenido de sites.google.com: <https://sites.google.com/site/hoverwingcraft/recommended-articles>

Actualidad. (02 de Marzo de 2015). *Ecranoplano: "el monstruo" podría ser "más útil" para Rusia que los mistral*. Obtenido de Actualidad: <https://actualidad.rt.com/actualidad/167894-ekranoplano-monstruo-caspio-mistral>

ASM. (2013). *Wing in ground effect craft: Hoverwing 20. Aerotraktur Maritim GmbH (ASM)*. Burgau, Alemania.

ATTK. (s.f.). *Small five-seat passenger ekranoplan "AQUAGLIDE"*. Obtenido de Artic Trade and Transport Company (ATTK): <http://www.atk.ru/Eng/product/product.htm#Begin>

Cervera, P. (11 de Noviembre de 2017). *Regresa el Ecranplano: Rusia construira un nuevo modelo del avión más raro del mundo*. Obtenido de El Confidencial: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-11-11/ekranoplano-rusia-aviacion-avion-ingenieria_1475755/

Friedman, N. (2014). *Fighting the Great War at Sea: strategy, Tactic and Technology*. Yorkshire: Seafort Publishing.

Galera, C. J. (22 de Junio de 2014). *File: El efecto suelo.ogv*. Obtenido de Wikimedia commons: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File%3AEI_efecto_suelo.ogv

Global Security. (07 de Julio de 2017). *Wing In Ground-effect (WIG) Wingship*. Obtenido de Global Security Organization: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/wig.htm>

Halloran, M., & O'Meara, S. (Febrero de 1999). *Wing in Ground Effect Craft Review*. Obtenido de U.S. Department of Defense: Defense Tecnical Information Center: <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA361836>

mathematics dictionary. (s.f.). *Cuerda*. Obtenido de mathematics dictionary: <http://www.mathematicsdictionary.com/spanish/vmd/full/c/chord.htm>

Matjasic, K., Fisher, H., & Taylor, G. (07 de Abril de 2003). *WIG (Wing Groud Effect) Craft Military and Paramilitary Aplications: The Hoverwing concept - A New Generation of High Speed Marine Craft*. Obtenido de Hypercraft Associates Ltd: <http://www.hypercraft-associates.com/nato2003.pdf>

Mizokami, K. (30 de Octubre de 2017). *Russia is planning a Giant Sea-Skimming "Ecranoplan"*. Obtenido de Popular Mechanics: <http://www.popularmechanics.com/military/aviation/a28833/russia-is-planning-a-giant-sea-skimming-hybrid-transport/>

RAI. (s.f.). *Cuerda aerodinámica*. Obtenido de Real Academia de Ingeniería (RAI): <http://diccionario.raing.e-presentaciones.net/es/lema/cuerda-aerodin%C3%A1mica>

reedit. (20 de Mayo de 2013). *Twnty year anniversary since last flight of soviet ekranplan A-90 Orlyonok*. Obtenido de reedit: https://www.reddit.com/r/aviation/comments/1p4mVV/twenty_year_anniversary_since_last_flight_of/



Rostec. (30 de Abril de 2014). *The Lun Ekranplan: the Combat Flying Ship*. Obtenido de Rostec: <http://rostec.ru/en/news/4513331>

Rostec. (30 de Abril de 2014). *The Lunekranplan: the Combat Flying Ship* . Obtenido de Rstotec: <http://rostec.ru/en/news/4513331>

wigcraft. (s.f.). *Home WigCraft*. Obtenido de Wig Craft Blue Dolphin: <http://www.wigcraft.com/>

WST. (s.f.). *Wing Ship Technology*. Obtenido de Wing Ship Technology (WST): <http://www.wingship.com/>