



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE DEFENSA

SECRETARÍA DE ESTADO DE DEFENSA

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE SISTEMAS NAVALES



INSTITUTO NACIONAL DE
TECNICA AEROSPAZIAL



CEHIPAR CENTRO
DE EXPERIENCIAS
HIDRODINÁMICAS
DE EL PARDO

CAMPUS DE EL PARDO

PROYECTO APHRES. I+D+i

ENSAYOS EN EL CANAL DE AGUAS TRANQUILAS



Informe: OTI 2501

Tipo de artefacto: Rodillos giratorios

Carena: 2948

Cliente: CARLOS ARCUSIN

Fecha: 27 octubre 2021

PÁGINA

INTENCIONADAMENTE

EN BLANCO

ENSAYOS EN CANAL DE AGUAS TRANQUILAS

Cliente:

CARLOS EDUARDO ARCUSIN

Carmen Puch, 1000
1639 - Buenos Aires
Argentina

E-mail: carlosarcusin@yahoo.com

Desarrollado por:

INSTITUTO NACIONAL DE TÉCNICA AEROESPACIAL “ESTEBAN TERRADAS” (INTA)

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE SISTEMAS NAVALES (SGSN)

Centro de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR)

Carretera de la sierra s/n, 28 048 El Pardo, Madrid.

Tel: +34 913 762 100

Persona de contacto: Ramón Quereda

E-mail: queredalr@inta.es

Instalación/Departamento:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Canal de aguas tranquilas |
| <input type="checkbox"/> | Canal de dinámica del buque |
| <input type="checkbox"/> | Túnel de Cavitación |
| <input type="checkbox"/> | Pantano (Valmayor) |
| <input type="checkbox"/> | CFD |
| <input type="checkbox"/> | Otros: |

Elaborado por:

(RQ) **Ramón Quereda** / **Jefe de Área**

Revisado por:

(RQ) **Ramón Quereda** / **Jefe de Área**

Aprobado por:

(FP) **CN (CIA) Francisco J. Pérez Villalonga** / **Subdirector General de Sistemas Navales**

PÁGINA

INTENCIONADAMENTE

EN BLANCO

CONTROL DE REVISIÓN DOCUMENTAL

REVISIÓN	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA	TOTAL DE PÁGINAS	PAGINA AFECTADAS
00	RQ	RQ	FP	octubre de 2021	13	TODAS
			PEREZ VILLALONGA FRANCISCO JAVIER 41496111V Firmado digitalmente por PEREZ VILLALONGA FRANCISCO JAVIER 41496111V Fecha: 2021.10.28 14:04:36 +02'00'			

LISTA DE DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

INTA – CEHIPAR	EXTERNA
CN Francisco J. Pérez Villalonga (FP) Ramón Quereda (RQ) Patricia Díaz (PD)	Carlos Arcusín

Este documento es confidencial y propiedad de INTA - CEHIPAR. Cualquier copia total o parcial del documento es igualmente confidencial, no pudiéndose reproducir sin la autorización expresa de INTA-CEHIPAR.

This document is a property of INTA - CEHIPAR. Any copy generated from this document is confidential and neither shall be used to any different purpose that it has been requested nor could be reproduced, copied or communicated to any person without permission of INTA - CEHIPAR.

Si una persona distinta de las autorizadas encuentra este documento, debe remitirlo conjuntamente con su nombre y dirección, dentro de un sobre cerrado a la siguiente dirección postal:

If any other person distinct the authorized holder founded this document should send it, together with his name and address, inside a sealed envelope to the following postal address:

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial E. Terradas (INTA)
 Subdirección General de Sistemas Navales (SGSN)

Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR)

Carretera de la Sierra s/n

28 048 El Pardo – Madrid

ESPAÑA – SPAIN

Tel. +34 913 762 100

PÁGINA

INTENCIONADAMENTE

EN BLANCO

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	8
2. CARACTERISTICAS DE LOS CILINDROS	8
3. CARACTERISTICAS DEL SOPORTE	9
4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	9
5. ENSAYO REALIZADO	10
5.1 CONDICIONES DEL ENSAYO	10
5.2 RESULTADOS DEL ENSAYO	11
6. CONCLUSIONES	13

1. INTRODUCCION

El presente documento contiene la información referente a los ensayos realizados para el proyecto APHRES en las instalaciones del INTA-CEHIPAR, ubicadas en El Pardo (Madrid), con dos cilindros con la numeración, 2948-Pr y 2948-Pp, correspondientes a dos rodillos giratorios, proyecto de Investigación y Desarrollo promovido por Carlos Arcusín.

El objetivo de este trabajo de Investigación y Desarrollo es la generación de energía mediante dos cilindros que giran sincronizados con la condición de que la velocidad tangencial de ambos rodillos sea igual a la velocidad de la corriente de agua.

El fundamento teórico de este proyecto de I+D+i viene determinado por los principios de Arcusín.

2. CARACTERISTICAS DE LOS CILINDROS

Rodillos: 2948-Pr y 2948-Pp

Material de los rodillos: PVC

Factor de escala: 10.00

Diámetro: 500.0 mm

Anchura: 500.0 mm

Separación entre ejes: 525.0 mm

Calado: 150.0 mm



Figura 1. Cilindros. 2948-Pr y 2948-Pp.

Los rodillos empleados, con los contornos redondeados por medio de un radio de acuerdo de 16 mm, recibieron una capa de imprimación y, posteriormente, fueron pintados con pintura impermeable y sellados para evitar la entrada de agua al interior de los cilindros durante la realización de los ensayos.

3. CARACTERÍSTICAS DEL SOPORTE

Para el desarrollo de los ensayos se procedió al proyecto de una estructura, soporte, en la que pudieran situarse los rodillos que, accionados por sendos motores sincronizados, girasen con la misma velocidad angular. El esquema se presenta en la figura 2.

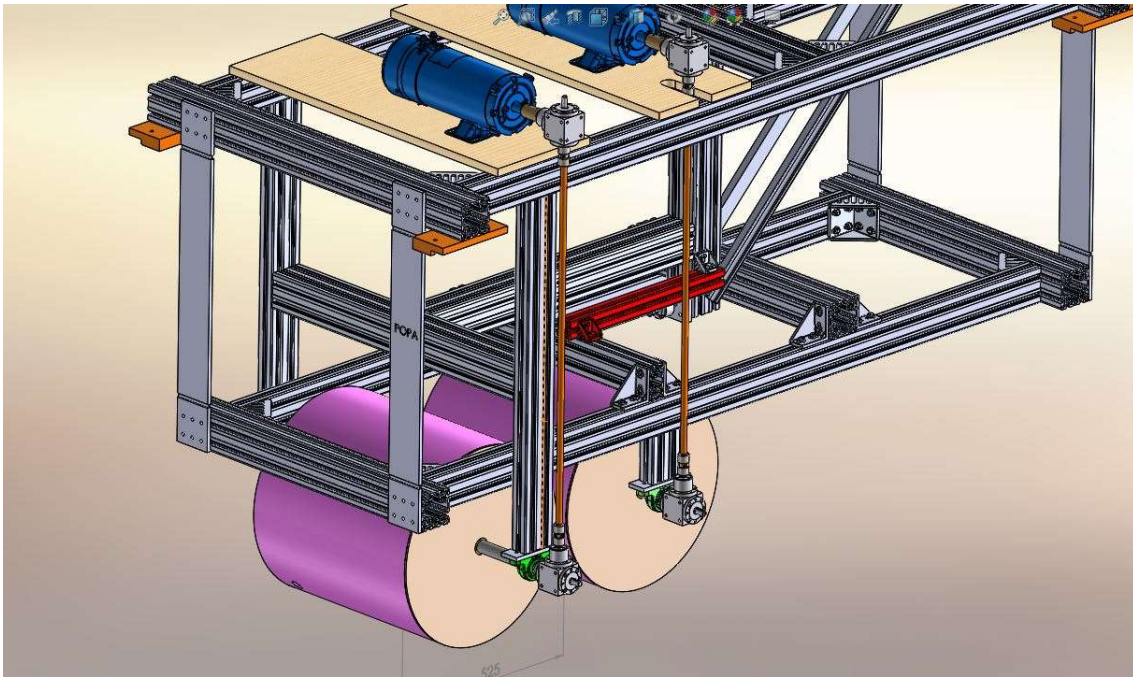


Figura 2. Esquema de la disposición de los rodillos giratorios.

4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El método utilizado se fundamenta en los principios de Arcusín, siendo la condición más restrictiva la velocidad sincronizada que consiste en la necesidad de que los cilindros giren a la misma velocidad con la característica de que la velocidad de cualquier punto de la periferia coincida con la velocidad de la corriente, en este caso, la velocidad del carro remolcador.

Primer Principio de Arcusín. Un cuerpo de revolución que se mueve a través de la interfaz agua-aire, sumergido el 30% de su diámetro, girando a la llamada “velocidad rotacional sincronizada” con la velocidad de avance, produce que la resistencia de fricción, prácticamente, desaparece y la resistencia de presión disminuye con respecto de la que experimenta cuando no gira.

Segundo Principio de Arcusín. Cuando dos cuerpos de revolución avanzan y giran a la “velocidad rotacional sincronizada”, parcialmente sumergidos en la interfaz agua-aire, a una distancia mínima de 5% de su diámetro, el cilindro que va aguas arriba, cilindro de proa, no presenta resistencia de fricción y recibe un empuje que disminuye a medida que aumenta la separación entre los cilindros.

5. ENSAYO REALIZADO

En esta primera fase del proyecto de Investigación y Desarrollo, sólo se ha realizado una prueba, con objeto de analizar la viabilidad de la realización de los ensayos y la comprobación del cumplimiento de los principios de Arcusín.

Por ello, se ha comenzado con la comprobación del segundo principio de Arcusín. Se instalaron dos cilindros, sumergidos un 30% del diámetro, es decir, 150 mm, separados un 5% del diámetro.

5.1 CONDICIONES DEL ENSAYO

Cilindros 2948-Pr y 2948-Pp

Calado: 150.0 mm

Separación entre ejes: 525.0 mm

El ensayo fue realizado a diferentes velocidades de avance del carro, partiendo de 0,60 m/s e incrementando la velocidad del carro cada 0,20 m/s, es decir, 0,80 m/s; 1,0 m/s; 1,20 m/s y 1,40 m/s, para abarcar las velocidades solicitadas por el cliente, las correspondientes a 4.00 nudos (0.6507 m/s); 6.00 nudos (0.9761 m/s) y 8.00 nudos (1.3015 m/s). Nudos para escala real, modelo (m/s).

La velocidad de giro de ambos cilindros fue establecida de acuerdo con la condición de la “velocidad rotacional sincronizada”.

$$V = \omega R$$

Siendo, V, velocidad del carro, (m/s), equivalente a la velocidad de la corriente, R, radio del cilindro, (m), ω , la velocidad de giro del cilindro, (rad/s).

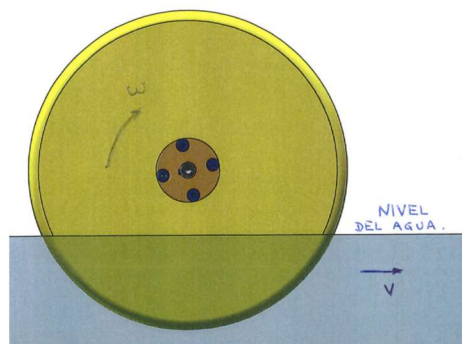


Figura 3. Velocidad rotacional sincronizada.

El sentido de giro de los rodillos queda determinado con la condición de “rodar sin deslizarse”, es decir, el vector de la velocidad del punto más bajo del cilindro ha de ser igual y de sentido opuesto al vector velocidad del carro.

Ello implica que la aceleración angular de ambos rodillos es nula.

5.2 RESULTADOS DEL ENSAYO

De acuerdo con el enunciado del segundo principio de Arcusín, se situaron los ejes de los cilindros en la estructura con una separación de 525 mm entre ejes, dejando un 5% del diámetro como separación entre las superficies periféricas más próximas de ambos rodillos.

El motivo de esta distancia está justificado por ser la separación que produce mayor empuje en el cilindro de proa.

Durante la realización del ensayo se midieron, para cada velocidad, el empuje, la velocidad del carro y la velocidad de giro de cada rodillo.

Para medir el empuje se colocó una célula de carga en el cilindro de proa, que permitiera registrar la fuerza que actuaba.

Una tabla, con los valores numéricos de los resultados obtenidos, se presenta en la tabla 1, acompañado de una gráfica, figura 4, con la representación de los valores del empuje (kg) en función de la velocidad del carro (m/s).

Velocidad carro (m/s)	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
Empuje (kg)	0,1613	0,3763	0,6133	0,4412	0,0976

Tabla 1. Empuje del cilindro de proa, medido durante el ensayo.

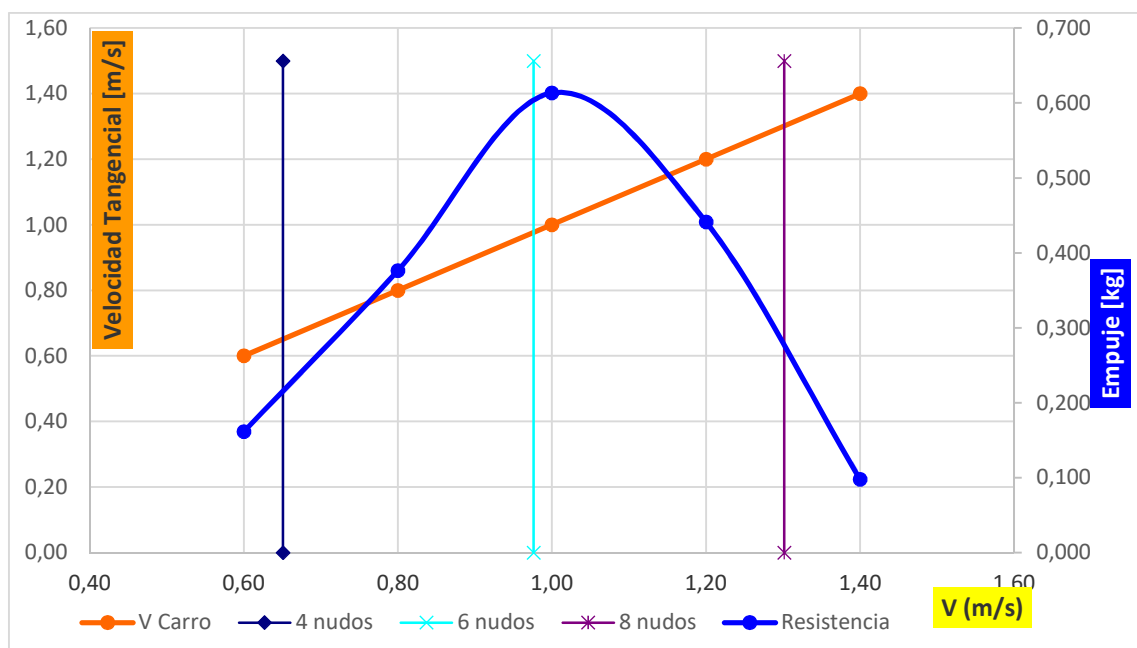


Figura 4. Empuje del rodillo de proa a cada velocidad, significando las velocidades en nudos

Las limitaciones de espacio en la estructura, instalada en el carro remolcador del Canal de Aguas Tranquilas, obligaron a reducir la anchura de los rodillos al valor de 500 mm.

El requisito del proyecto APHRES recomienda una anchura de 941,9 mm., teniendo en cuenta la escala $\lambda = 10,00$. En consecuencia, los resultados obtenidos deben ser multiplicados por el factor 941,9/500, para dar respuesta al tamaño de 9,419 m que, realmente, define el diseño de los cilindros a escala real.

Velocidad carro (m/s)	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
Empuje (kg)	0,3038	0,7089	1,1554	0,8311	0,1839

Tabla 2. Empuje del cilindro de proa, corregido para una anchura de 941.9 mm.

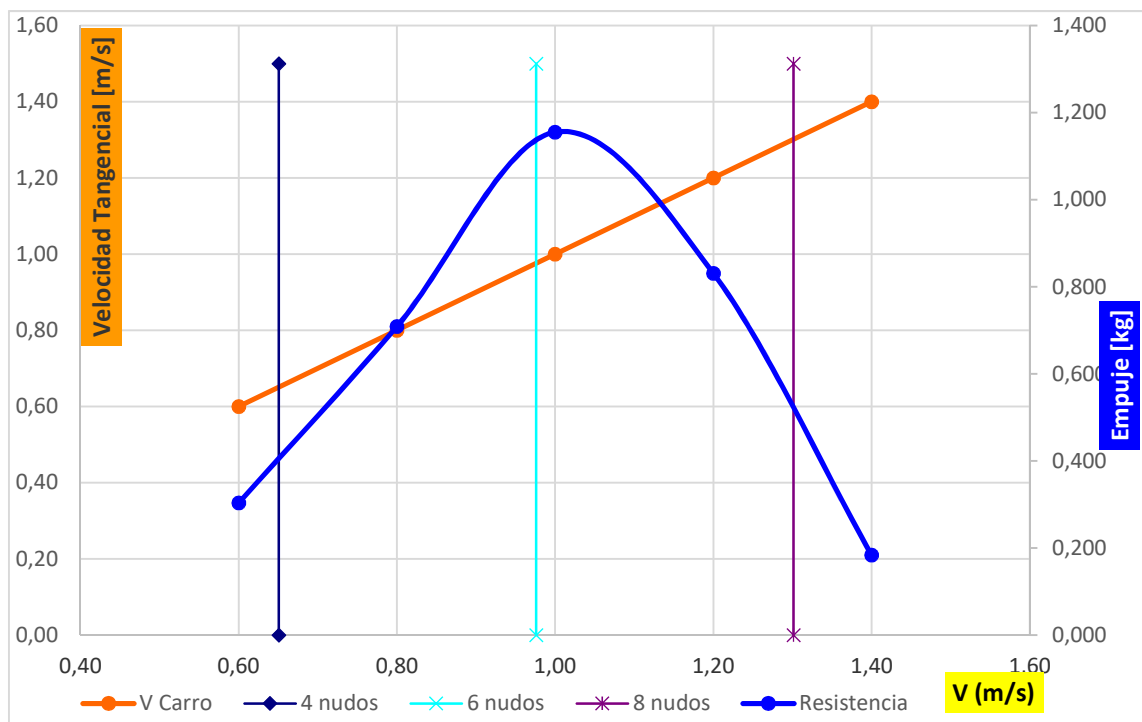


Figura 5. Estimación del empuje del rodillo de proa, para una anchura de 941.9 mm.

Durante la realización del ensayo pudo observarse la generación de un tren de olas a proa de ambos cilindros, cuya longitud aumentaba, al incrementar la velocidad del carro y, consecuentemente, la velocidad de giro de ambos rodillos.

6. CONCLUSIONES

La estructura, diseñada y fabricada en los talleres de la SGSN del INTA, ha permitido realizar el ensayo y se ha medido, mediante una célula de carga, el empuje recibido por el cilindro de proa a diferentes velocidades.

Los cilindros han girado a velocidades sincronizadas, siendo la velocidad del punto más bajo de la periferia igual a la velocidad del carro, con sentido opuesto, según se ha representado en la figura 3.

Los resultados, obtenidos durante el ensayo a diferentes velocidades del carro, verifican que “El rodillo de proa recibe un empuje, proveniente del rodillo de popa, al girar con la velocidad de sincronización”, lo que confirma el 2º principio de Arcusín.

Para verificar la variación del empuje, al aumentar la separación entre los rodillos, es necesario realizar ensayos de medición del empuje a diferentes distancias entre los ejes de giro de ambos cilindros, variando la velocidad del carro.


Para verificar el 1º principio de Arcusín sería necesario realizar ensayos con el rodillo de proa, en ausencia del cilindro de popa, en dos condiciones de trabajo diferentes. Primero, con el rodillo parado, para medir la resistencia al avance a diferentes velocidades del carro. Posteriormente, con el rodillo girando a la velocidad sincronizada a cada velocidad de avance del carro.

El Pardo, 27 de octubre de 2021

**RAMON
QUEREDA**  Firmado
digitalmente por
RAMON QUEREDA
Fecha: 2021.10.27
13:50:34 +02'00'

Ramón Quereda Laviña

Doctor Ingeniero Naval, jefe de buque

**PEREZ
VILLALONGA
FRANCISCO JAVIER**  Firmado digitalmente por
PEREZ VILLALONGA
FRANCISCO JAVIER |
41496111V
Fecha: 2021.10.28
14:06:06 +02'00'

CN (CIA) Francisco J. Pérez Villalonga

Subdirector Gral. de Sistemas Navales.