

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2022

INFORME DEL PROYECTO REF. SV-22-GIJON-08

1. Datos del proyecto

Título: Modelo para el estudio de la congelación en el circuito de descarga de aire de bombas de doble diafragma

Fechas inicial y final del proyecto: 01/04/2022-30/12/2022

Investigador/a Principal: Andrés Meana Fernández

Otros investigadores: Jorge Luis Parrondo Gayo, María José Suárez López, Victoria Mollón Sánchez, Pedro García Regodeseves, Alberto Menéndez Blanco

Personal contratado: Ignacio Soto-Jove Ocáriz

Fechas inicial y final de contratación: 04/07/2022-30/12/2022

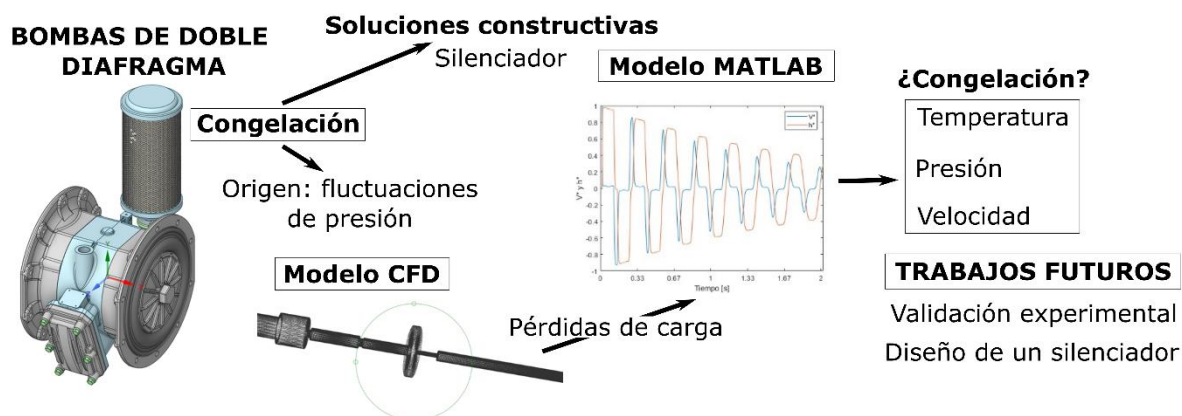
Empresas o instituciones colaboradoras: LINTER TECHNICAL CENTER, S.L. (GRUPO SAMOA)

Redes sociales de investigadores y empresas (Linkedin, Twitter, Instagram):

Andrés Meana Fernández: <https://www.linkedin.com/in/andresmeanafdez/>,
<https://twitter.com/AndresMeanaFdez>, https://www.instagram.com/andres__mf/

Empresa: <https://es.linkedin.com/company/samoaindustrial>, <https://twitter.com/samoaindustrial>

2. Resumen Gráfico



3. Memoria descriptiva del proyecto

3.1 Resumen ejecutivo

Las bombas de diafragma son máquinas de desplazamiento positivo con diafragmas deformables que generan un flujo de descarga pulsante. Cuando se emplea aire comprimido para accionarlas,

suelen ser de doble efecto y se conocen como bombas alternativas de doble diafragma operadas por aire (AODDP). La Figura 1 muestra una sección y un esquema de funcionamiento.

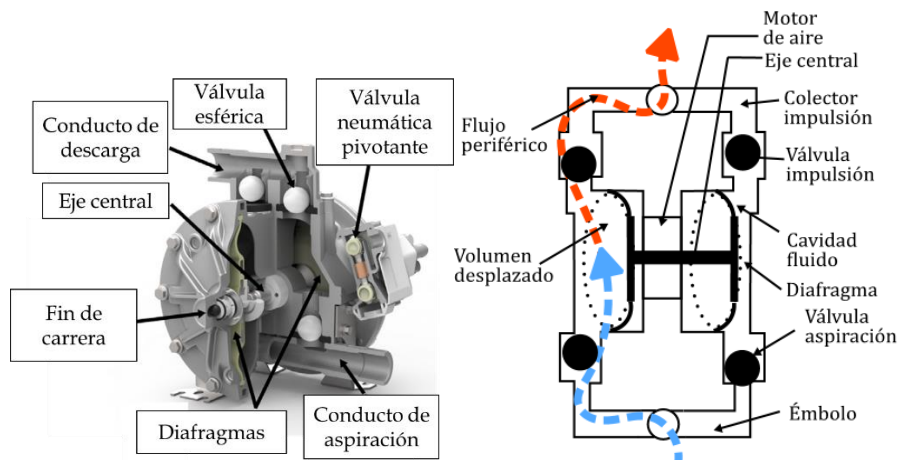


Figura 1 – Sección y esquema de funcionamiento de una bomba de doble diafragma operada por aire

Al no haber componentes internos sometidos a fricción, tienen una gran fiabilidad. No emplean sellados ni lubricantes, por lo que no hay fugas ni contaminación del fluido [1]. Por ello, tienen multitud de aplicaciones, desde petroquímica, sanitaria, alimentación y bebidas. En este contexto, el grupo SAMOA, en el que se integra LINTER TECHNICAL CENTER, S.L, es uno de los principales fabricantes a nivel mundial, habiendo patentado un diseño optimizado respecto a los existentes anteriormente [2]. Casi todas las mejoras se realizan mediante pruebas experimentales en las propias empresas, por lo que en el momento en el que se publicó un trabajo realizado por el equipo de investigación que avala esta propuesta, aún no existían referencias específicas en la bibliografía [3].

El origen de este proyecto es un problema observado durante el funcionamiento de las bombas, que, en determinadas condiciones de operación, disminuían su rendimiento y llegaban a atascarse. La inspección visual determinó que se formaba hielo en el conducto de descarga de aire, generando una contrapresión y la posterior obstrucción de la bomba. Este problema afecta a cualquier tipo de bomba neumática, por lo su resolución sería fácilmente extrapolable a otros tipos de bombas. Las soluciones existentes surgen del ensayo y error y la experiencia acumulada por los fabricantes, pudiendo ser operativas o constructivas [4]. Dentro de las soluciones operativas, se contempla reducir la presión y velocidad de bombeo, la importancia del mantenimiento o el uso de una bomba sobredimensionada. Sin embargo, no siempre se puede modificar el punto de trabajo de la bomba ni hacer paradas de mantenimiento continuamente. Por este motivo, prima la búsqueda de una solución constructiva.

Los resultados obtenidos en el proyecto sugieren que el problema se debe a procesos de expansión y compresión abruptos por los estrechamientos en la sección de paso del aire comprimido, que generan cambios bruscos de temperatura [5]. Las bajadas bruscas de la temperatura provocan que se alcance el punto de escarcha, produciéndose la congelación.

Se ha desarrollado un modelo en MATLAB, con el que se ha conseguido modelar la evolución de la velocidad y la presión a través de los conductos de la bomba utilizando el método de las características [6], que tiene en cuenta la propagación de las ondas de presión a lo largo de los conductos con la velocidad del sonido. La temperatura, presión, densidad del aire y velocidad del sonido están interrelacionadas, por lo que se van calculando de manera iterativa mediante las relaciones de gases ideales y de procesos isentrópicos.

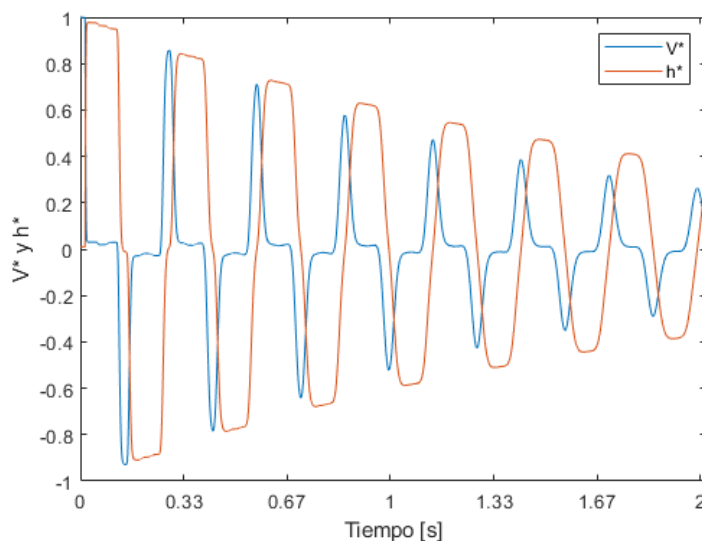


Figura 2 - Evolución temporal de la velocidad y altura de presión en un tramo de conducto.

Paralelamente, se ha desarrollado un modelo CFD para caracterizar las pérdidas de carga a lo largo de los conductos de la bomba y poder ajustar el modelo de MATLAB con mayor precisión

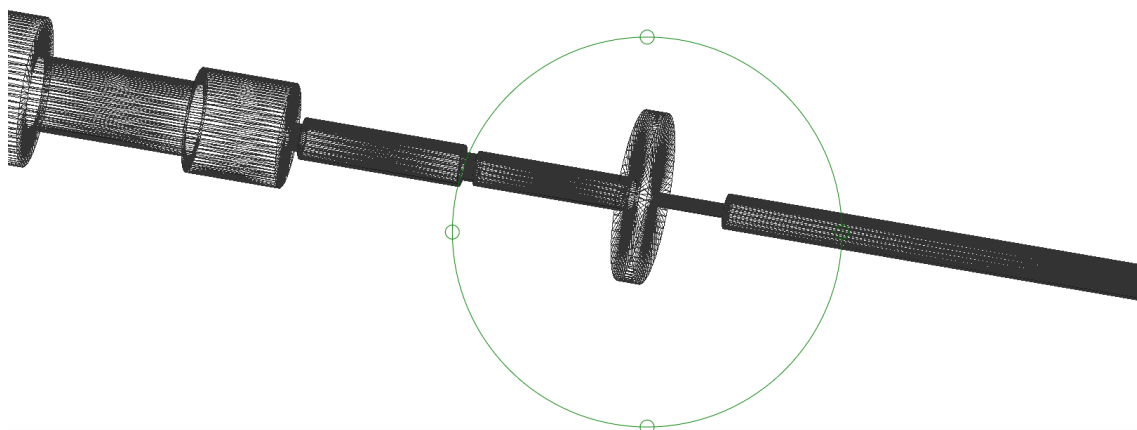


Figura 3 - Detalle del modelo CFD utilizado para caracterizar las pérdidas de carga en la bomba

Se ha seleccionado una bomba para su ensayo experimental y así validar los modelos desarrollados. Actualmente se está terminando de construir el banco de ensayos.

Finalmente, se ha realizado una lista de posibles soluciones constructivas, a partir de las existentes en la literatura, como la instalación de filtros de secado, el aumento de las secciones de paso o el empleo de materiales de menor conductividad térmica. Como objetivo futuro, queda el diseño de un silenciador optimizado para eliminar completamente la congelación.

3.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

El objetivo principal del proyecto presentado en esta propuesta es la generación de conocimiento científico-técnico aplicable al diseño y análisis de soluciones para evitar la congelación en los conductos de descarga de aire en bombas de doble diafragma. Dicho objetivo se puede concretar en la generación de un modelo que permita analizar distintas soluciones constructivas, teniendo en cuenta los fenómenos termoacústicos que acontecen. Este objetivo principal puede desglosarse en los siguientes objetivos específicos:

- Revisión de la bibliografía referente a los fenómenos físicos presentes, los métodos de modelización y las soluciones constructivas existentes. Este objetivo se ha completado al 100%

- Desarrollo de un modelo numérico del comportamiento fluidodinámico y termoacústico del aire en los conductos de salida de las bombas. Este objetivo se ha completado al 80%, está pendiente la validación final del modelo con datos experimentales.

- Realización de un sumario de las soluciones posibles al problema de la congelación, a partir de las encontradas en la bibliografía y las que surjan durante el modelado numérico. Este objetivo se ha completado al 100%.

- Difusión de la tecnología y de los resultados obtenidos. De momento la difusión de resultados de investigación se ha realizado exclusivamente con la empresa colaboradora. Está pendiente la realización de publicaciones científicas para la divulgación de los resultados más relevantes.

3.3 Tareas realizadas

- Reuniones de coordinación con la empresa LINTER TECHNICAL CENTER, S.L
- Revisión bibliográfica de los fenómenos físicos presentes, métodos de modelización y soluciones constructivas
- Desarrollo del modelo analítico en MATLAB
- Desarrollo del modelo CFD en ANSYS Fluent
- Preparación del banco de ensayos experimental
- Análisis de resultados y obtención de conclusiones
- Realización de un sumario de soluciones posibles al problema de la congelación
- Redacción de la memoria final del proyecto

3.4 Resultados obtenidos

1. La congelación en el conducto de salida de aire de las bombas se debe a las fluctuaciones de presión en el aire de suministro y a los cambios de sección en el conducto, que provocan procesos de compresión y expansión abruptos, generando bajadas drásticas de la temperatura.
2. El modelo desarrollado es capaz de describir adecuadamente el acoplamiento entre las fluctuaciones de presión y las bajadas de temperatura, a partir de las condiciones de operación y la geometría y materiales de los conductos, asumiendo procesos isentrópicos y que el aire se comporta como un gas ideal.
3. Los valores de las pérdidas de carga en el conducto obtenidos mediante simulación CFD permiten ajustar el modelo con una mayor precisión
4. Se han obtenido varias soluciones posibles al problema de la congelación, siendo el diseño de un silenciador optimizado la mejor solución para eliminar definitivamente este problema

3.5 Trabajos o necesidades futuras

Completar la caracterización experimental de la bomba seleccionada y utilizar los datos experimentales para validar el modelo numérico desarrollado. Diseñar un silenciador optimizado para la bomba a partir del modelo.

Redacción de artículos de revista a partir de los resultados obtenidos en el proyecto y difusión y divulgación de los resultados en jornadas y actividades.

3.6 Divulgación de los resultados

Se prevé la redacción de artículos con el objetivo de enviarlos a revistas científicas indexadas con factor de impacto (como Applied Thermal Engineering o International Numerical Methods for Heat & Fluid Flow) y/o a congresos internacionales de reconocido prestigio. También se dará visibilidad al proyecto entre las actividades de I+D+i del grupo de investigación en la página web del Departamento de Energía y la página web del Grupo de Investigación en Ingeniería Fluidodinámica de la Universidad de Oviedo, una vez esté finalizado. Los resultados se expondrán en la Jornada de Presentación de Proyectos del IUTA, así como en otras actividades organizadas por el IUTA como los “Desayunos Tecnológicos”, o en otras jornadas o conferencias enmarcadas en el ámbito de la energía. También se propondrá la impartición de charlas o conferencias en la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón dentro de sus actividades habituales de divulgación científico-técnica y en las que tenga cabida esta temática dentro del programa de Ayuntamiento de Gijón “Gijón CON Ciencia”

4. Memoria económica

4.1 Gastos:

Concepto	Gasto
Personal	5000 €
Fungibles	
Amortización	
...	
TOTAL GASTOS	5000 €

4.2 Ingresos:

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Concepto	Ingreso
Ayuda IUTA	Contratación de personal	5000 €
TOTAL INGRESOS		5000 €

5. Bibliografía

1. Henry, D. (2006). *Selecting air-operated double diaphragm pumps*. *World Pumps*, 2006(476), 26-28.
2. González-Moratiel, A. (2013). *Double-membrane central-flow pump*. *EP Patent 2573397 A1*.

3. Menéndez Blanco, A.; Fernández Oro, J.M.; Meana-Fernández, A. (2019). Numerical methodology for the CFD simulation of diaphragm volumetric pumps. *International Journal of Mechanical Sciences*, 150, 322-336.
4. ALL-PUMPS Sales & Service. Tips on how to stop double diaphragm pumps from freezing. Disponible en <https://allpumps.com.au/tips-on-how-to-stop-double-diaphragm-pumps-from-freezing/> (acceso 13 de enero de 2022)
5. Swift, G. W. (1988) "Thermoacoustic engines", *The Journal of the Acoustical Society of America* 84, 1145-1180 <https://doi.org/10.1121/1.396617>
6. Wylie, E.B., Streeter, V.L. (1978). *Fluid transients*. McGraw-Hill: New York, USA.