

# Método para la obtención de las curvas características de ventosas mediante ensayos en laboratorio

En este trabajo se propone y describe un método para la obtención experimental de las curvas que relacionan la presión en el interior de la tubería con el caudal másico expulsado o admitido por ventosas. El método de ensayos se caracteriza por su capacidad para reproducir las condiciones termodinámicas que se darían en el funcionamiento normal de las ventosas en redes de distribución de agua a presión. Mediante el procedimiento descrito, se ensayaron 35 modelos comerciales de ventosas de diámetros comprendidos entre 50 y 100 mm. Se presentan las curvas obtenidas, tanto en ensayos de admisión como de expulsión de aire, y se comparan los resultados con los datos proporcionados por los fabricantes.

### Palabras clave

Agua, ventosas, distribución, curvas características, modelos, ensayo, caracterización.

### METHODOLOGY FOR OBTAINING THE CHARACTERISTIC CURVES OF AIR VALVES BY MEANS OF LABORATORY TESTS

*This work proposes and describes a methodology to obtain the characteristic curves of air valves, which relate the inner pressure in the pipe with the air mass flow released or admitted in the pipe. The methodology is able to reproduce the thermodynamic conditions that would occur in the normal working of air valves in any pressurized water distribution network. 35 commercial models of air valves with a diameter between 50 and 100 mm were tested following the proposed methodology. The obtained curves are presented, either exhaust (the air is released) and admission (the air is let in the pipe) curves, and the results are compared with the data provide by the manufacturers.*

### Keywords

*Water, air valves, distribution, characteristic curves, models, test, characterisation.*

### Paloma Arué Burillo

profesora colaboradora en la Universitat Politècnica de València

### Antonio Manuel Romero Sedó

profesor titular de la Escuela Universitaria de la Universitat Politècnica de València e ingeniero de la administración pública (funcionario en excedencia)

### Vicent B. Espert Alemany

catedrático de la Universitat Politècnica de València

### Jorge García-Serra García

catedrático de la Universitat Politècnica de València

### Román Ponz Carcelén

Dirección de Operaciones de la Empresa Mixta Metropolitana (Emimet)

### Francisco Biel Sanchis

Dirección de Operaciones de la Empresa Mixta Metropolitana (Emimet)



## 1. INTRODUCCIÓN

El papel que desempeñan las ventosas en las redes de distribución de agua a presión resulta fundamental para su correcto funcionamiento y seguridad. Las ventosas se encargan de evacuar pequeñas cantidades de aire atrapado en las tuberías en el funcionamiento normal de la red, así como evacuarlo o introducirlo en grandes cantidades durante las maniobras de llenado y vaciado de tuberías respectivamente (Romero Sedó *et al.*, 2018). En este último caso también son de utilidad para evitar el colapso de las tuberías cuando se produce una depresión súbita.

A pesar de la complejidad que juegan estos elementos en los sistemas de distribución de agua a presión (Carlos *et al.*, 2011), no existe mucha información sobre su efectividad y comportamiento físico (Ramezani *et al.*, 2015). Por este motivo, una adecuada selección y un correcto dimensionado de las ventosas no resulta un trabajo sencillo.

El comportamiento físico de las ventosas se representa mediante su curva característica. Esta curva relaciona el caudal másico que es expulsado o admitido por la ventosa dada una determinada presión en el exterior y en el interior de la tubería. Se han propuesto en la literatura

métodos para el cálculo teórico de esta curva asimilando el flujo de aire a través de la ventosa a un flujo isentrópico en una tobera. Sin embargo, el resultado teórico sobredimensiona el caudal másico debido a realizar ciertas hipótesis simplificativas, como la reversibilidad del proceso termodinámico, y se debe incluir un coeficiente de descarga que relacione el flujo teórico con el real.

Para conocer el comportamiento real de las ventosas se deben realizar ensayos experimentales en laboratorios aptos para este tipo de ensayos. No obstante, reproducir en un laboratorio las condiciones termodinámicas que se darían en la realidad implica una serie de dificultades, como la posibilidad de trabajar en aspiración, esto es, generando depresión en el interior de la tubería para simular las operaciones de vaciado (Arrué Burillo *et al.*, 2019).

El artículo aporta el método experimental de ensayo, así como los resultados de una serie de ensayos realizados en laboratorio para la obtención de la curva característica de admisión y expulsión de aire, de una muestra representativa de ventosas comerciales de diámetros comprendidos entre 50 y 100 mm. De los resultados obtenidos en los ensayos se realiza una comparativa con los

datos proporcionados por los fabricantes.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este artículo se detallan las pruebas de las ventosas realizadas en el banco de ensayo que dispone la empresa Bermad en sus instalaciones de Nahariya (Isarel), realizándose una comparativa con los ensayos que se llevaron a cabo previamente en las instalaciones de la empresa ARI en Israel y CSA en Italia (Arrué Burillo *et al.*, 2019).

En primer lugar, se describen los elementos físicos que conforman el banco de pruebas de Bermad en el que se realizaron los ensayos (**Figura 1**). Este banco está certificado por el laboratorio SAI Global para el ensayo de ventosas. Posteriormente se describen los propios ensayos.

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL BANCO DE ENSAYOS BERMAD

El banco está alimentado por dos soplantes de diferentes capacidades. La mayor de ellas, volumétrica de lóbulos, es capaz de impulsar un caudal de 16.320 Nm<sup>3</sup>/h a 0,5 bar con una potencia de 315 kW. En caso de trasegar pequeños caudales se dispone de otro soplante, de menor potencia y de tipología centrífuga (**Figura 2**).

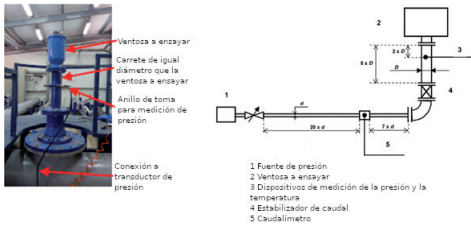
**FIGURA 1.** Vista general de la instalación de ensayos de la empresa Bermad en Nahariya (Israel).



**FIGURA 2.** Soplante centrífuga del banco de ensayos de ventosas.



**FIGURA 3.** Ventosa a ensayar conectada al carrete en el que está el anillo de toma para medición de presión y esquema de instalación de ensayo según UNE-EN 1074-4.



Los motores eléctricos que accionan los soplantes están equipados con un variador de frecuencia, lo que permite modificar la velocidad de giro de los mismos, a fin de obtener diferentes curvas motrices. De esta manera se pueden ensayar diferentes puntos de la curva P-Q de la ventosa, al poder incrementar progresivamente la velocidad de giro del soplante y proponiendo, por lo tanto, curvas motrices cada vez más elevadas a una misma curva resistente.

Asimismo, es posible regular también el caudal mediante diferentes válvulas dispuestas en derivación con la tubería principal.

La instalación está dotada de caudalímetros másicos, de transductores de presión, y de sensores de temperatura, almacenando los registros de caudal ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ), presión (bar relativo) y temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), datos que son volcados en una computadora para su representación gráfica.

Para almacenar los registros, se espera a que se estabilice el flujo tras un cambio en las condiciones de funcionamiento del soplante y se elige el momento de la captura de valores. En cada captura se almacenan 20 valores de presión, caudal y temperatura durante 10 segundos (1 cada 0,5 seg). Para confeccionar las gráficas se determina el punto P-Q con el valor medio de los regis-

tros en esos 20 segundos, si bien es posible disponer de todos los valores capturados.

En la **Figura 3** se recogen algunos detalles de la instalación donde se observa la ubicación de la ventosa a ensayar y el anillo de toma de presión en el carrete al que se acopla la ventosa, cumpliendo con lo especificado en la norma UNE-EN 1074-4.

Pueden acoplarse ventosas hasta 200 mm de diámetro. Los equipos de adquisición de datos y los operadores de la instalación están en un lugar de control (**Figura 4**) cerrado y aislado acústicamente desde el que se controla el funcionamiento de la instalación. Dado el elevado nivel sonoro de los experimentos, esto resulta imprescindible. Incluso dentro de la cabina del lugar de control es necesario llevar protección auditiva cuando los caudales son muy elevados.

El banco de pruebas de ventosas de Bermad es capaz de realizar los siguientes ensayos:

- Ensayo para la medición del caudal de aire de expulsión de cualquier tipo de ventosa para diferentes presiones en el interior de la tubería (obtención de la curva P-Q).
- Ensayo para la medición del caudal de aire de admisión de cualquier tipo de ventosa para diferentes presiones en el interior de la tubería (obtención de la curva P-Q).

**FIGURA 4.** Lugar de control en el laboratorio de ensayos de Bermad.



Tanto en uno como en otro caso las condiciones termodinámicas reproducen de manera exacta el comportamiento real de la ventosa. En el caso de expulsión o descarga, la presión se mide en el interior de la tubería y la ventosa descarga contra la atmósfera, mientras que, en el caso de admisión, el aire es admitido en condiciones atmosféricas exteriores, generándose la depresión en el interior de la tubería, al contrario que en la mayoría de los laboratorios en los que el aire debe de ser impulsado desde el exterior de la ventosa, por lo que no se cumplen las condiciones termodinámicas reales.

## 2.2. ENSAYO DE VENTOSAS EN EXPULSIÓN EN EL LABORATORIO DE BERMAD

El aire se suministra desde el soplante de mayor o menor potencia, en función del caudal que se desee, aspirando ambas a través de los filtros de succión correspondientes.

La regulación para lograr en cada caso el caudal deseado se realiza a través de los variadores de velocidad de los soplantes y del caudal de aire impulsado por los mismos que puede derivarse a través de una válvula tipo mariposa, en función de su grado de apertura (regulación por caudal en derivación). Es decir, el caudal que se aporta por los soplantes se distribuye entre la válvula tipo mariposa (escapa a la atmósfera) y la ventosa.



Si durante el proceso de cierre de la válvula de mariposa se cierra completamente la ventosa (por efecto del cierre dinámico) o se cierra parcialmente (subida del primer flotador en las ventosas *non-slam*), se producirá un fuerte incremento de la presión. Para evitar sobrepresiones en el sistema existe una válvula de alivio tarada a una presión de 0,5 kp/cm<sup>2</sup>.

A partir de la serie de puntos de funcionamiento (P-Q) obtenidos se puede trazar la curva de funcionamiento de la ventosa en expulsión.

### 2.3 ENSAYOS DE VENTOSAS EN ADMISIÓN EN EL LABORATORIO DE BERMADE

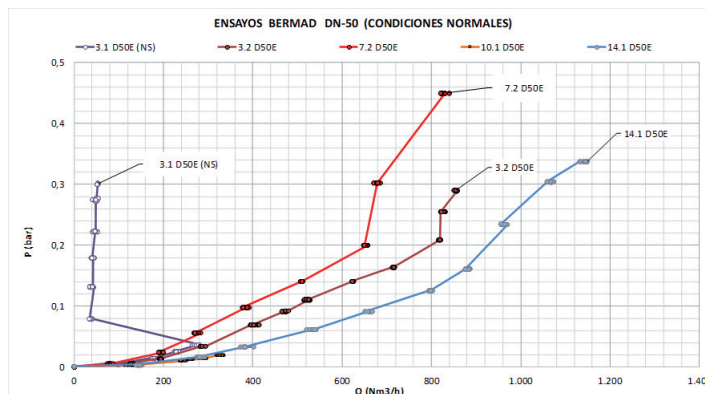
Para el ensayo de ventosas en admisión se utiliza el mismo banco donde se realizan los ensayos de expulsión, haciendo circular el aire a través de la ventosa desde la boca de salida hasta su boca de entrada. En esta prueba la ventosa estará continuamente abierta, sin posibilidad de cerrarse.

Para llevar a cabo estos ensayos, la ventosa se monta en un carrete conectado al banco de manera que los soplantes, en lugar de aspirar el aire a impulsar desde los filtros, lo hacen desde la propia ventosa generando una succión en el colector al que está conectada la ventosa.

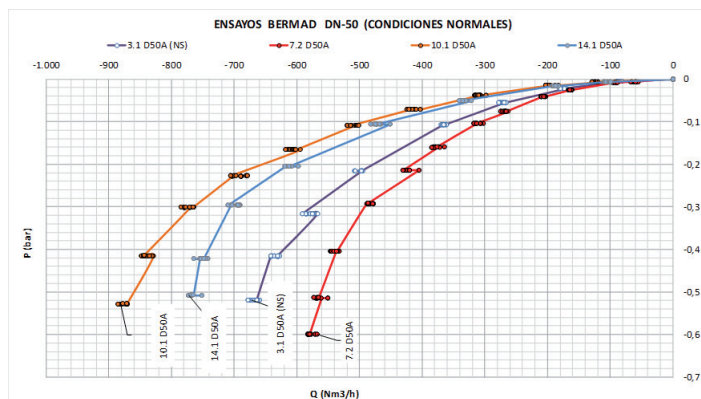
Al contrario que en el resto de los bancos en los que se han realizado ensayos de admisión, en este caso se reproducen exactamente las mismas condiciones termodinámicas del aire de aspiración que ocurrirán en el funcionamiento normal de la ventosa en una red de distribución de agua a presión. Es decir, el aire entra en la ventosa en condiciones atmosféricas, tal como ocurre en la realidad.

Asimismo, el interior de la tubería está, lógicamente, a una presión inferior a la atmosférica, lo que hace

**FIGURA 5.** Ventosas DN-50. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales (Nm<sup>3</sup>/h) en expulsión.



**FIGURA 6.** Ventosas DN-50. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales (Nm<sup>3</sup>/h) en admisión.



que su densidad sea menor que la del aire atmosférico aspirado. Esta es una de las configuraciones que admite la norma UNE 1074-4 para realizar ensayos de capacidad de admisión, sin duda, la más realista.

La regulación de la depresión generada en el punto en el que se coloca la ventosa, se realiza combinando la acción de los variadores de velocidad de los soplantes y la entrada de aire exterior directamente en la succión del soplante a través de una válvula de regulación. El aire es expulsado al exterior a través de un silenciador.

El caudal máximo se lograría con la máxima velocidad en el variador y las válvulas de regulación en aspiración cerradas (todo el aire que aspira el soplante proviene de la ventosa), mientras que la apertura de las válvu-

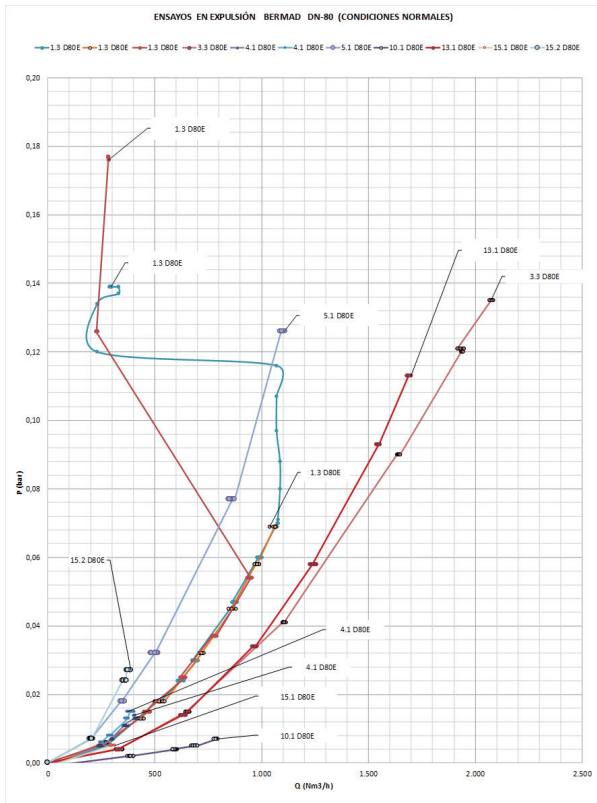
las, o la disminución de la velocidad de giro de las soplantes daría lugar a una disminución del caudal que entra a través de la ventosa (aumento de la presión, aun siendo negativa, en el carrete de conexión de la ventosa).

## 3. RESULTADOS

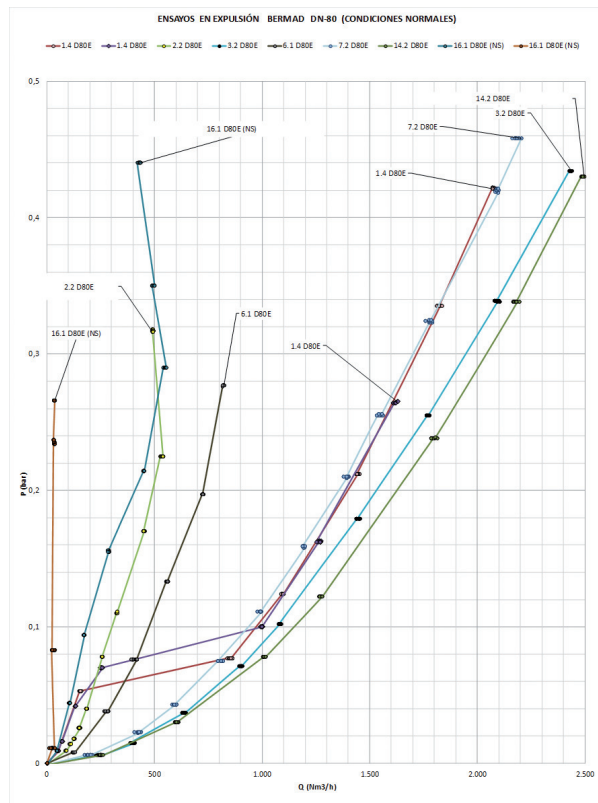
El plan de ensayos realizado incluyó 35 modelos distintos de ventosas de diámetros comprendidos entre 50 y 100 mm. Se realizaron 37 ensayos en expulsión y 33 ensayos en admisión. A continuación, se presentan las distintas curvas obtenidas.

En la **Figura 5** se representan las curvas experimentales obtenidas en el laboratorio para las ventosas de DN-50 en expulsión y en la **Figura 6** en admisión, ambas, en condiciones normales.

**FIGURA 7.** Ventosas DN-80. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales (Nm<sup>3</sup>/h) en expulsión, para una presión máxima de 0,2 bar.



**FIGURA 8.** Ventosas DN-80. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales (Nm<sup>3</sup>/h) en expulsión, para una presión máxima superior a 0,2 bar.



En la **Figura 7** se representan las curvas experimentales obtenidas en el laboratorio Bermad para las ventosas de DN-80 en expulsión, con valores de presiones máximas inferiores a 0,20 bar en todos los casos (condiciones normales).

En la **Figura 8** se representan las curvas experimentales obtenidas en el laboratorio Bermad de las ventosas de DN-80 en expulsión con valores de presiones máximas superiores a 0,20 bar (condiciones normales).

En la **Figura 9** vienen representadas las curvas experimentales obtenidas en el laboratorio de las ventosas de DN-80 en admisión en condiciones normales.

En la **Figura 10** se representan las curvas experimentales obtenidas en el laboratorio Bermad de las ventosas de DN-100 en expulsión con

valores de presiones máximas superiores a 0,20 bar, y en la **Figura 11** con presiones máximas inferiores a 0,20 bar, ambas en condiciones normales.

En la **Figura 12** se representan las curvas experimentales obtenidas en el laboratorio Bermad de las ventosas de DN-100 en admisión en condiciones normales.

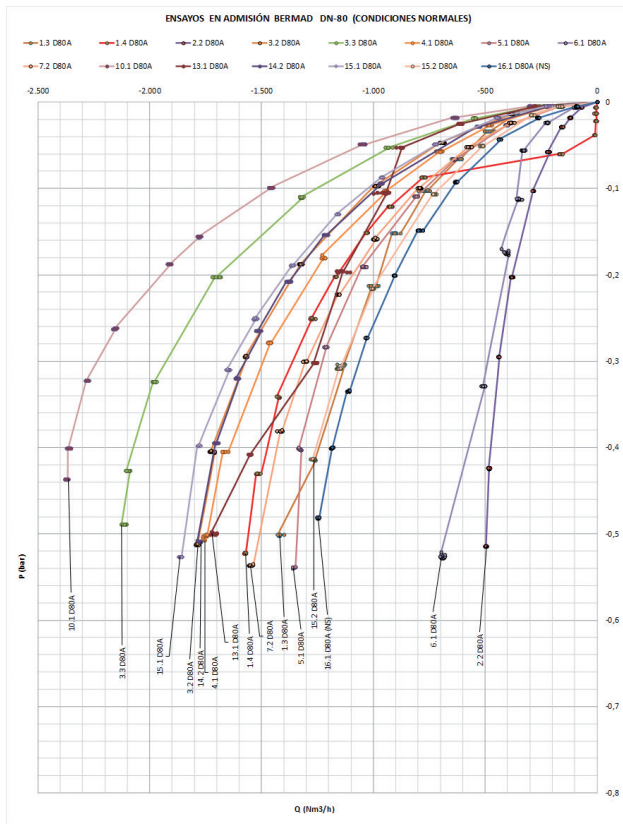
La comparativa entre los datos que aparecen en los catálogos comerciales de los fabricantes, y los resultados experimentales para el caso de expulsión de aire, con el caudal expresado en condiciones normales para los 7 valores de presiones estudiados, se especifican en la **Tabla 1**, obteniéndose un promedio de desviación de un 52,1%. Se ha clasificado la desviación en función de si se ha producido en una

mayoría de los puntos analizados por defecto (caudal comercial mayor al experimental,  $Q_c > Q_{exp}$ ) o por exceso ( $Q_c < Q_{exp}$ ). Cabe destacar que 18 de las 36 ventosas proporcionaron caudales inferiores a los comerciales (por defecto) con desviaciones en cinco ellas por encima del 30%. En el caso de las 18 ventosas que proporcionaron caudales mayores a los comerciales (por exceso), se presentaron desviaciones de hasta el 904,4%.

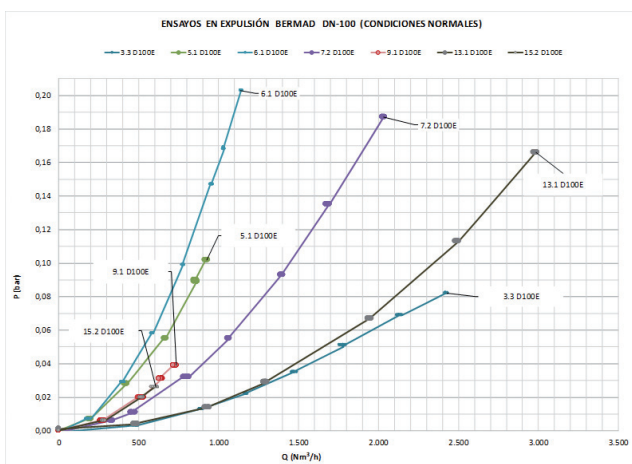
La comparativa de los datos de catálogo (comerciales), y los valores experimentales en las curvas de admisión en condiciones normales, para los 6 valores de presiones estudiados y punto máximo ensayado que se indica en la **Tabla 2**, se obtiene un promedio de desviación global de un 41,4%.



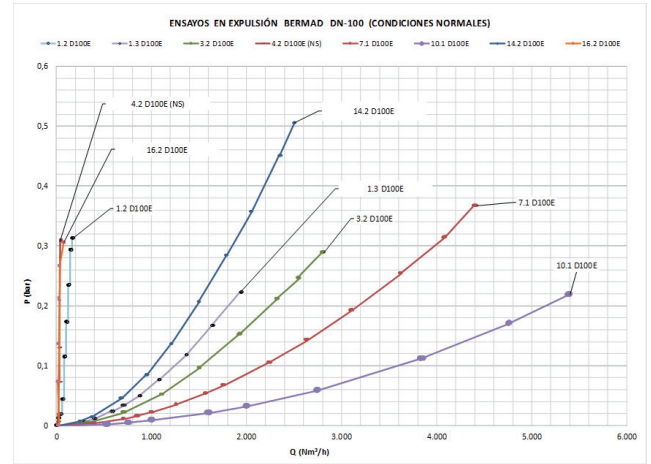
**FIGURA 9.** Ventosas DN-80. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) en admisión.



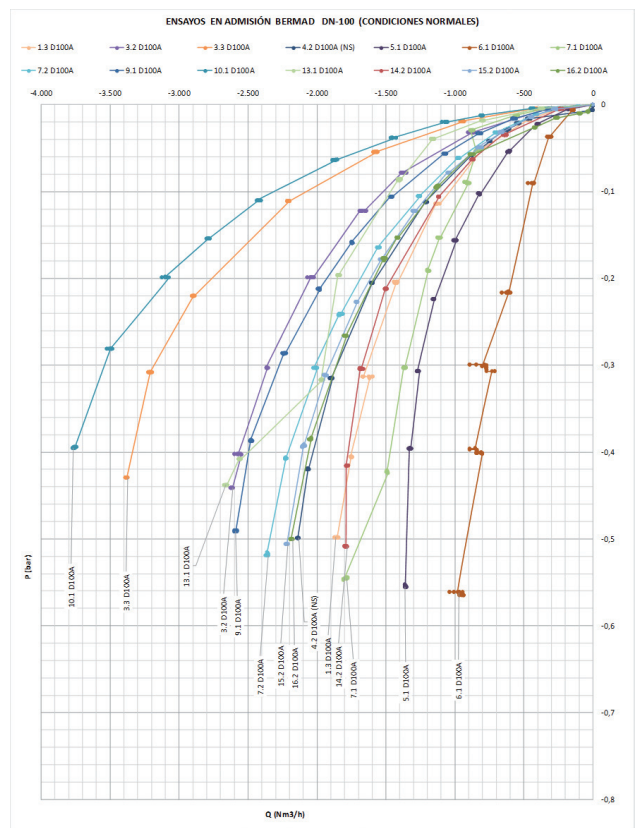
**FIGURA 11.** Ventosas DN-100. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) en expulsión, para una presión máxima de 0,2 bar.



**FIGURA 10.** Ventosas DN-100. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) en expulsión, para una presión máxima superior a 0,2 bar.



**FIGURA 12.** Ventosas DN-100. Correlación presión en el interior de la tubería (bar) versus caudal de aire en condiciones normales ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) en admisión.



» La elección de una ventosa pensando que admite un caudal superior al que realmente indica puede provocar problemas en la instalación, por ejemplo generar depresiones mayores a las previstas de inicio en un proceso de vaciado

TABLA 1

## DESVIACIÓN ENTRE LA CURVA COMERCIAL Y EXPERIMENTAL EN CONDICIONES NORMALES DE LAS VENTOSAS EN EXPULSIÓN.

Ficha N°	NS	DN	Desviación entre la curva comercial y experimental en condiciones normales(%) $D = (Q_c - Q_{exp(CN)}) \times 100/Q_c$								Desviación promedio $Q_c$ y $Q_{exp(CN)}$ (%) Tipo y n° puntos estudiados			
			0,05 bar	0,10 bar	0,15 bar	0,20 bar	0,25 bar	0,30 bar	Punto máximo ensayado	Promedio	Defecto $Q_c > Q_{exp}$	N°	Exceso $Q_c < Q_{exp}$	N°
1.1.D80	No	80	1,1%	1,4%	3,0%	4,3%	5,1%	5,7%	2,5%	3,3%	-	-	3,3%	7 pt
1.2.D80	Sí	80	1,2%	6,6%	19,2%	21,8%	26,4%	25,1%	18,7%	17,0%	-	-	17,0%	7 pt
1.2.D100	Sí	100	27,1%	13,5%	-	-	-	-	-	20,3%	20,3%	2 pt	-	-
1.3.D80	No	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.3.D100	No	100	32,6%	18,5%	19,6%	20,5%	20,3%	19,9%	18,8%	21,5%	-	-	21,5%	7 pt
1.4.D80	No	80	47,0%	22,8%	8,5%	1,7%	1,5%	2,6%	0,04%	12,0%	-	-	12,0%	7 pt
1.4.D100	No	100	11,8%	16,7%	17,3%	17,7%	18,2%	18,1%	16,5%	16,6%	16,6%	7 pt	-	-
2.1.D80	No	80	49,0%	54,3%	55,5%	56,5%	57,0%	57,2%	57,7%	55,3%	55,3%	7 pt	-	-
2.2.D80	No	80	41,4%	43,2%	40,7%	37,3%	32,9%	29,6%	38,4%	37,6%	37,6%	7 pt	-	-
3.1.D50	Sí	50	-	80,2%	83,2%	83,6%	83,5%	83,6%	-	81,8%	82,8%	6 pt	-	-
3.1.D100	Sí	100	-	8,0%	23,2%	38,7%	49,3%	56,5%	-	35,2%	-	-	35,2%	5 pt
3.2.D50	No	50	47,2%	17,1%	12,2%	14,5%	17,9%	22,7%	14,1%	20,8%	-	-	20,8%	7 pt
3.2.D80	No	80	22,2%	15,2%	10,8%	7,5%	6,3%	6,3%	3,3%	10,2%	10,2%	7 pt	-	-
3.2.D100	No	100	25,3%	18,1%	13,3%	10,5%	8,0%	5,3%	4,8%	12,2%	12,2%	7 pt	-	-
3.3.D80	No	80	1,6%	3,5%	6,1%	9,8%	11,1%	15,3%	6,4%	7,7%	-	-	7,7%	7 pt
3.3.D100	No	100	13,4%	1,7%	2,5%	3,2%	6,0%	9,8%	5,6%	6,0%	-	-	6,0%	7 pt
4.1.D80	No	80	8,1%	8,8%	8,3%	8,9%	8,4%	8,2%	8,0%	8,4%	8,4%	7 pt	-	-
4.1.D100	No	100	22,0%	14,7%	10,4%	7,8%	6,4%	5,6%	6,3%	10,4%	10,4%	7 pt	-	-
4.2.D80	Sí	80	29,9%	31,7%	35,5%	35,2%	33,3%	30,6%	-	32,7%	-	-	32,7%	7 pt
4.2.D100	Sí	100	9,1%	7,2%	14,8%	17,0%	20,6%	22,2%	-	15,1%	-	-	15,1%	7 pt
5.1.D80	No	80	32,6%	17,3%	13,7%	11,4%	13,1%	17,3%	12,2%	16,8%	-	-	16,8%	7 pt
5.1.D100	No	100	12,8%	18,4%	17,8%	20,8%	25,8%	28,9%	4,8%	18,5%	-	-	18,5%	7 pt
6.1.D80	No	80	1,7%	2,0%	7,7%	9,8%	9,8%	12,3%	0,4%	6,3%	-	-	6,3%	7 pt
6.1.D100	No	100	23,2%	23,7%	19,1%	17,8%	15,9%	14,8%	15,6%	18,6%	18,6%	7 pt	-	-
7.1.D80	No	80	25,5%	4,5%	5,4%	10,3%	12,2%	12,9%	30,3%	14,4%	14,4%	7 pt	-	-
7.1.D100	No	100	0,2%	11,1%	16,1%	13,0%	14,3%	13,4%	29,4%	13,9%	13,9%	7 pt	-	-
7.2.D50	No	50	30,3%	39,8%	37,7%	34,3%	33,5%	32,8%	25,6%	33,4%	33,4%	7 pt	-	-
7.2.D80	No	80	33%	29,2%	27,2%	25,8%	24,0%	23,4%	25,5%	26,9%	26,9%	7 pt	-	-
7.2.D100	No	100	48%	36,1%	29,2%	25,4%	21,2%	17,7%	-	29,6%	29,6%	6 pt	-	-
8.1.D80	No	80	-	48,8%	54,5%	58,7%	61,9%	66,1%	81,5%	61,9%	61,9%	6 pt	-	-
8.1.D150	No	150	-	48,0%	20,5%	4,9%	6,1%	14,1%	48,1%	23,6%	-	-	23,6%	6 pt
9.1.D80	Sí	80	3.558,7%	366,0%	422,7%	440,9%	465,1%	478,3%	599,5%	904,4%	-	-	904,4%	6 pt
9.1.D100	Sí	100	167,2%	181,6%	199,8%	231,0%	237,3%	251,2%	255,7%	217,7%	-	-	217,7%	6 pt
10.1.D50	No	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.1.D80	No	80	41,4%	41,0%	38,3%	39,0%	37,6%	35,2%	52,1%	40,7%	-	-	40,7%	7 pt
10.1.D100	No	100	14,8%	6,1%	1,4%	4,1%	6,4%	8,3%	-	6,8%	-	-	6,8%	6 pt
10.2.D80	No	80	10,1%	-	-	-	-	-	-	10,1%	10,1%	1 pt	-	-
11.1.D80	No	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.1.D100	No	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.1.D80	No	80	20,7%	11,9%	5,1%	0,4%	2,8%	6,8%	-	8,0%	8,0%	6 pt	-	-
Promedio										52,1%	52,1%			



TABLA 2

## DESVIACIÓN ENTRE CAUDAL COMERCIAL Y EXPERIMENTAL EN CONDICIONES NORMALES DE LAS VENTOSAS EN ADMISIÓN.

Ficha Nº	NS	DN	Desviación entre la curva comercial y experimental en condiciones normales(%) $D = 100 \times (Q_c - Q_{exp(CN)})/Q_c$								Desviación promedio $Q_c$ y $Q_{exp}$ (CN) (%) Tipo y nº puntos estudiados			
			-0,05 bar	-0,10 bar	-0,15 bar	-0,20 bar	-0,25 bar	-0,30 bar	Punto máximo ensayado	Promedio	Defecto $Q_c > Q_{exp}$	Nº	Exceso $Q_c < Q_{exp}$	Nº
			1.1.D80	No	80	71,9%	35,1%	29,6%	31,1%	32,9%	33,1%	26,2%	37,1%	-
1.3.D80	No	80	172,8%	38,7%	41,0%	41,0%	40,0%	40,5%	-	62,3%	62,3%	6 pt	-	-
1.3.D100	No	100	30,8%	39,6%	42,4%	45,3%	45,0%	45,2%	42,7%	41,6%	41,6%	7 pt	-	-
1.4.D80	No	80	80,9%	39,9%	26,6%	20,5%	15,3%	12,3%	-	32,6%	-	-	32,6%	6 pt
2.2.D80	No	80	122,2%	84,2%	59,6%	42,3%	36,2%	30,5%	0,7%	53,7%	-	-	53,7%	7 pt
3.1.D50	Sí	50	28,5%	10,8%	17,0%	15,5%	12,4%	8,6%	8,7%	14,5%	14,5%	7 pt	-	-
3.1.D100	Sí	100	22,4%	16,2%	14,4%	13,0%	10,5%	9,4%	-	14,2%	14,2%	6 pt	-	-
3.2.D80	No	80	61,1%	0,1%	4,0%	1,3%	3,5%	6,0%	-	12,7%	12,7%	6 pt	-	-
3.2.D100	No	100	2,1%	1,4%	2,5%	4,7%	5,3%	4,5%	1,2%	3,1%	3,1%	7 pt	-	-
3.3.D80	No	80	69,4%	0,8%	5,4%	4,7%	5,1%	3,5%	-	14,8%	14,8%	6 pt	-	-
3.3.D100	No	100	2,8%	7,1%	7,6%	4,5%	1,2%	1,0%	-	4,0%	4,0%	6 pt	-	-
4.1.D80	No	80	13,4%	22,0%	24,7%	23,4%	21,9%	19,5%	10,1%	19,3%	19,3%	7 pt	-	-
4.2.D80	Sí	80	41,6%	35,0%	30,9%	27,9%	23,4%	18,6%	0,9%	25,5%	25,5%	7 pt	-	-
4.2.D100	Sí	100	35,7%	32,7%	27,3%	23,9%	20,8%	17,7%	0,8%	22,7%	22,7%	7 pt	-	-
5.1.D80	No	80	19,3%	15,9%	15,2%	5,3%	3,4%	1,0%	-	10,0%	-	-	10,0%	6 pt
5.1.D100	No	100	4,4%	7,1%	9,0%	9,5%	11,1%	11,9%	-	8,8%	8,8%	6 pt	-	-
6.1.D80	No	80	110,3%	43,3%	25,7%	15,9%	10,3%	5,2%	-	35,1%	-	-	35,1%	6 pt
6.1.D100	No	100	70,3%	13,7%	4,4%	6,4%	10,1%	11,6%	-	19,4%	-	-	19,4%	6 pt
7.1.D100	No	100	60,9%	61,3%	60,7%	60,1%	59,9%	59,9%	-	60,5%	60,5%	6 pt	-	-
7.2.D50	No	50	22,0%	35,0%	33,7%	30,2%	27,6%	25,3%	-	29,0%	29,0%	6 pt	-	-
7.2.D80	No	80	7,7%	31,9%	38,7%	40,9%	43,2%	45,4%	-	34,6%	34,6%	6 pt	-	-
7.2.D100	No	100	41,3%	44,5%	42,6%	42,0%	40,6%	39,3%	37,9%	41,2%	41,2%	7 pt	-	-
8.1.D80	No	80	756,0%	502,1%	451,8%	384,8%	321,2%	289,0%	197,6%	414,6%	-	-	414,6%	7 pt
9.1.D100	No	100	6,7%	32,0%	34,3%	35,6%	37,2%	37,8%	-	30,6%	30,6%	7 pt	-	-
10.1.D50	No	50	-	-	-	-	-	-	50,1%	50,1%	50,1%	1 pt	-	-
10.1.D80	No	80	27,7%	0,7%	0,7%	3,7%	2,2%	1,4%	1,2%	5,4%	-	-	5,4%	7 pt
10.1.D100	No	100	26,2%	19,4%	20,1%	20,0%	20,8%	17,5%	27,4%	21,6%	21,6%	7 pt	-	-
Promedio										41,4%	41,4%			

Se ha clasificado la desviación en función de si se ha producido en una mayoría de los puntos analizados por defecto (caudal comercial mayor al experimental,  $Q_c > Q_{exp}$ ) o por exceso ( $Q_c < Q_{exp}$ ).

Las ventosas ensayadas cuyos resultados son más aproximados a los

comerciales presentan una desviación del 3,1% y 4,0% por defecto, y la ventosa con menos aproximación presenta un desvío de 62,3% por defecto.

Cabe destacar que 19 de las 27 ventosas con curvas de fabricante proporcionaron caudales inferiores

a los comerciales. La elección de la ventosa pensando en que pueda admitir un caudal superior al que realmente admite, puede provocar problemas en la instalación, por ejemplo, generando en un proceso de vaciado depresiones mayores a las previstas inicialmente.



## 4. CONCLUSIONES

El método de ensayo ha resultado satisfactorio, si bien sería deseable poder determinar de una manera más precisa el umbral de presión a partir del cual el flotador efectúa un cierre dinámico o, en las ventosas *non-slam*, el valor de la presión a la que se produce el cierre del primer flotador (primera etapa).


Las condiciones termodinámicas reproducen de manera exacta el comportamiento real de la ventosa. En el caso de expulsión o descarga, la presión se mide en el interior de la tubería y la ventosa descarga contra la atmósfera, mientras que, en el caso de admisión, el aire es admitido en condiciones atmosféricas exteriores, generándose la depresión en

el interior de la tubería, al contrario que en la mayoría de los laboratorios en los que el aire debe de ser impulsado desde el exterior de la ventosa, por lo que no se cumplen las condiciones termodinámicas reales. Podemos concluir que, por lo tanto, en los ensayos de admisión los resultados son más realistas que en otros bancos de ensayo.

Dadas las desviaciones encontradas entre los datos proporcionados por los fabricantes y los resultados de los ensayos, cabe pensar que en algunos casos los fabricantes puedan no haber realizado los correspondientes ensayos de una forma adecuada, ya que en la mayoría de los catálogos no se indica la metodología seguida para determinar la

curva P-Q, ni se referencian las normas UNE-EN 1074-1 y/o ISO 9635-4.

### Bibliografía

- [1] Arrué Burillo, P.; Romero Sedó, A.M.; Espert Alemany, V.B.; García-Serra García, J.; Ponz Carcelén, R.; Biel Sanchis, F.; Alonso Campos, J.C. (2019). Caracterización experimental de flujos de admisión y expulsión de aire en ventosas. *Tecnoaqua*, núm. 35, págs. 74-82
- [2] Carlos, M.; Arregui, F.J.; Cabrera, E.; Palau, C.V. (2011). Understanding air release through air valves. *J. Hydraul. Eng.*, núm. 137, págs. 461-469. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000324](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000324).
- [3] Ramezani, L.; Karney, B.; Malekpour, A. (2015). The challenge of air valves: A selective critical literature review. *J. Water Resour. Plan. Manag.*, núm. 141, págs. 1-11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000530](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000530)
- [4] Romero Sedó, A.M.; Arrué Burillo, P.; García-Serra García, J.; Espert Alemany, V.B.; Biel Sanchis, F. (2018). Modelo de llenado de grandes conducciones. *Ing. del Agua*, núm. 22, pág. 239. <https://doi.org/10.4995/ia.2018.9642>.
- [5] Romero Sedó, A.M.; Arrué Burillo, P.; García-Serra García, J.; Espert Alemany, V.B.; Ponz Carcelén, R. (2017). Caracterización de ventosas de admisión y expulsión de aire. V Jornadas de Ingeniería del Agua (JIA 2017). ISBN/ISSN: 978-84-9749-670-4, 233-234. 

# TECNOAQUA

## Normas de publicación para autores

Estimado Colaborador:

Para facilitar la publicación de los artículos técnicos (o procesos y sistemas) en nuestra revista TECNOAQUA se han elaborado unas breves normas de forma y contenidos para sus autores.

### RECOMENDACIONES A LOS AUTORES DE ARTÍCULOS

1. Los artículos deben ser inéditos, nuestra política editorial requiere exclusividad para publicarlos. No obstante, si tuviera interés en publicarlos en otro medio a posteriori, dicho medio deberá pedirnos autorización.
2. Deberán figurar el nombre y dos apellidos del autor o autores, su titulación y/o cargo en la entidad a la que pertenezcan, dirección completa, teléfono de contacto, fax, e-mail y web.
3. El título no debe sobrepasar las 20 palabras, con su traducción al inglés. (La traducción no es necesaria en caso de procesos y sistemas).
4. Se debe incluir un breve resumen del artículo de unas 100 palabras, junto a 5-8 palabras clave, y la traducción de todo ello al inglés (Todo este punto debe obviarse en el caso de procesos y sistemas).
5. El texto seguirá una línea de explicación coherente y progresiva, contando de partes con títulos y subtítulos numerados, que habitualmente empiezan con una introducción al tema (número 1), para pasar a su estudio de planteamientos, resultados, discusión.....- número 2, 3, 4, 4.1, 4.2...), terminando con las conclusiones y, si los hubiera, los agradecimientos (punto final). Por último, se añade la bibliografía (numerada dentro de corchetes [1], [2]...).
6. El artículo se redactará evitando el lenguaje académico o excesivamente denso, sin por ello dejar de mantener un rigor conceptual, explicando cuando convenga aquellos términos o conceptos de uso poco habitual.
7. Preferentemente se utilizarán frases y párrafos cortos. Debe evitarse la inclusión de notas a pie de página, incorporándolas dentro del texto.

8. Se cuidará la correcta expresión de las unidades, símbolos y abreviaciones.
9. El texto tendrá una extensión de unas 5-8 hojas, formato DIN A4 a espacio simple. Tipo de letra preferente: Times New Roman, 12.
10. Se incluirán gráficos, esquemas o fotografías en color para facilitar la comprensión del texto, todos ellos bajo el epígrafe de Figura, indicándose su ubicación en el texto escrito. Cada figura llevará su número y pie explicativo. Todas las figuras deben tener la suficiente calidad gráfica para su reproducción (300 píxeles por pulgada) y deben enviarse por separado. (Es aconsejable añadirlas en el texto escrito en baja calidad para, al menos, conocer su ubicación).
11. Las fotografías y dibujos deben tener un mínimo de 300 píxeles de resolución, tamaño 13x8 cm (mínimo), y en formato jpg, tiff o bmp, preferentemente.
12. El artículo se dirigirá al coordinador editorial de la revista TECNOAQUA, vía e-mail a: [tecnoaqua@infodedita.net](mailto:tecnoaqua@infodedita.net)
13. Una vez recibido el artículo, la dirección de la revista estudiará su contenido. En caso de aceptación se indicará la fecha aproximada de publicación, que depende del tema del artículo y su relación con el contenido de cada número de la revista, así como del orden de artículos recibidos con anterioridad.
14. Una vez publicado el artículo, la revista envía un ejemplar de cortesía a cada autor firmante. A solicitud del interesado se puede enviar una carta o fax donde se especifique la aceptación del mismo antes de su publicación.