

Plan de contingencia Pedagógica Para Séptimo Año
Incluye Bibliografía y Ejercicios de Repaso



Instrucciones: Leer el material y luego tratar de resolver los ejercicios que se encuentran al final. Ante cualquier duda consultar al siguiente mail:
hugowojczys@yahoo.com.ar

Técnicas de vacío

9.1. INTRODUCCIÓN

Como ya se dijo al principio del libro, se llama generalmente vacío a los estados de presión de aire que se encuentran por debajo de la presión atmosférica. Aunque de una forma estricta, la denominación del vacío total corresponde a la ausencia total de presión, es evidente que se trata de estados relativos en los cuales la presión atmosférica normal es la que se toma como presión de referencia.

En la técnica de vacío se emplean depresiones de hasta $-0,98$ bar, medidas desde la presión atmosférica, que en este caso sería la presión de referencia. Es decir, en los casos más extremos, se trabaja muy cerca de la presión absoluta de valor cero o del vacío total mencionado.

El uso del vacío en procesos industriales está cada vez más extendido, sobre todo en manipuladores diversos, robótica y transporte interno de distintos materiales.

En términos generales, y según la aplicación que se haga de estas técnicas, pueden establecerse dos formas diferentes de hacer uso de ellas: la que utiliza ventosas para la manipulación de productos, y la que utiliza el vacío, sin ventosas, para producir depresión en un proceso industrial cualquiera.

El primer caso es el que tiene interés aquí y, por tanto, es al que realmente se le va a prestar atención. El vacío sin el empleo de ventosas se utiliza sobre todo en extracciones de vapores y humos en recintos cerrados, moldeado de plásticos y caucho, mesas de vacío, ensayos de piezas de caucho para piezas de automóvil, etc.

Los medios empleados para producir vacío son diversos: extractores clásicos para depresiones muy pequeñas, bombas de vacío accionadas con motor eléctrico y, los ya más modernos, generadores de vacío de aire comprimido.

En las técnicas de vacío utilizando ventosas pueden emplearse, alternativamente, bombas de vacío o los mencionados generadores. Estos últimos son los más empleados como podrá apreciarse a continuación.

En este capítulo se hace un estudio simplificado de dichas técnicas y de los dispositivos o elementos diversos que integran este peculiar campo de aplicación de aire.

9.2. APLICACIONES DE LA TÉCNICA DE VACÍO

Al igual que ocurre con los actuadores lineales y de giro en la neumática convencional, donde dichos elementos son los que realmente realizan el trabajo, en la técnica de vacío que nos ocupa se consideran las ventosas como los elementos activos o, lo que es lo mismo, los que realizan la función útil (Fig. 9.1). La depresión producida en el interior de la ventosa cuando ésta, mediante sus labios flexibles, se encuentra herméticamente cerrada, crea una fuerza que es capaz de suspender multitud de objetos siempre que la superficie de dichos elementos no sea excesivamente rugosa, y el peso sea limitado.

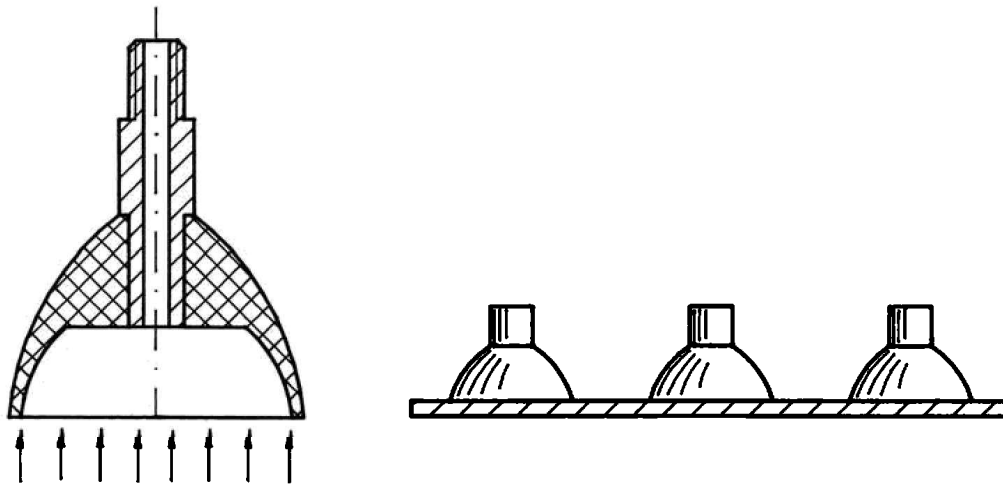


Fig. 9.1. Sujeción por ventosas.

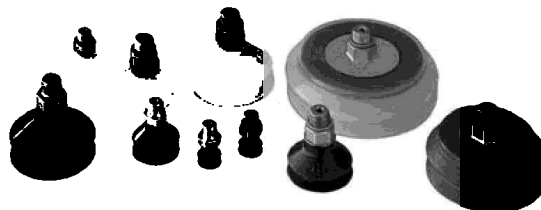


Fig. 9.1.1. Ventosas.
(Cortesía de FESTO, Alemania.)

Las aplicaciones de esta técnica son muy numerosas y su uso sigue en aumento, sobre todo en procesos industriales automatizados o semiautomatizados. En las figuras que se muestran a continuación puede apreciarse una muestra o representación muy simplificada de utilización de las técnicas de vacío, mediante el uso de ventosas.

En la figura 9.2 se muestra un tipo de sujeción convencional con ventosas en plano horizontal para suspender y transportar un objeto cualquiera, y en la figura 9.3 puede apreciarse la manipulación de una caja con ventosas situadas en un plano vertical.

En la figura 9.4 puede verse una aplicación diferente donde, en un proceso robotizado, una de estas máquinas traslada piezas desde una cinta transportadora a otro puesto de trabajo próximo para realizar en ellas una determinada operación. En el montaje de paneles con componentes electrónicos también las ventosas realizan un excelente papel para ensamblar dichos componentes en las placas de circuitos integrados (Fig. 9.5).

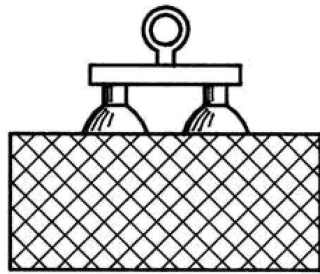


Fig. 9.2. Suspensión horizontal.

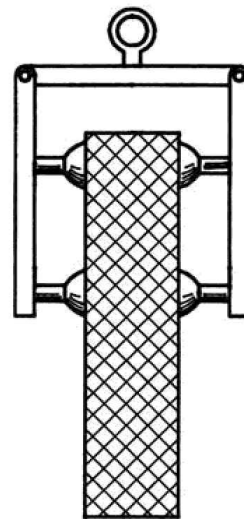


Fig. 9.3. Suspensión vertical.

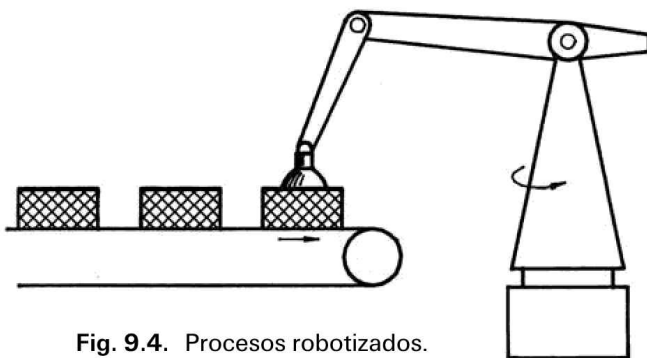


Fig. 9.4. Procesos robotizados.

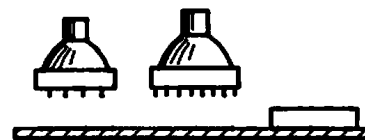


Fig. 9.5. Montaje de componentes electrónicos.

TÉCNICAS DE VACÍO

Otra de las aplicaciones típicas de las técnicas de vacío es en operaciones de envasado automatizadas, donde el cierre de las cajas y posterior manipulación de las mismas, se realiza utilizando ventosas, según se aprecia en la figura 9.6.

Estos dispositivos de sujeción son cada vez más sofisticados como puede verse en la figura 9.7, donde se combinan una ventosa de tipo fuelle y una rótula incorporada en el mismo cuerpo de la ventosa, que le permite adaptarse a cualquier plano inclinado, manteniéndose horizontal el soporte de la ventosa.

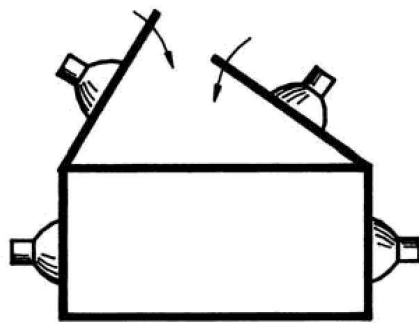


Fig. 9.6. Envasado.

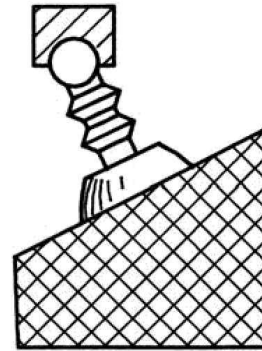


Fig. 9.7. Sujeción en plano inclinado.

Y ya para terminar esta breve, pero representativa, explicación gráfica de algunas de las aplicaciones de las técnicas de vacío mediante la utilización de ventosas, se muestran los casos peculiares de las figuras 9.8 y 9.9. En la primera se aprecia la suspensión de una lámina flexible empleando ventosas de rótula que se adaptan perfectamente a la curvatura que originan las flexiones de la mencionada lámina. En la segunda puede apreciarse la suspensión de un elemento tubular de sección circular, mediante una ventosa especial de fuelle que se adapta con facilidad a la superficie cilíndrica para producir el vacío.

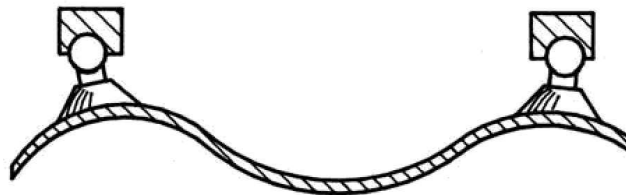


Fig. 9.8. Transporte de lámina flexible



Fig. 9.9. Sujeción de elemento cilíndrico.

9.3. BOMBAS DE VACÍO

Las bombas de vacío son dispositivos encargados de generar vacío mediante la utilización de un motor eléctrico convencional. Se emplean cuando son necesarios elevados caudales de aspiración, ya que en estos casos, los generadores de vacío por aire a presión son insuficientes. Al llevar incorporado un motor eléctrico, la bomba y elementos auxiliares son equipos más caros que los simples generadores de vacío que se caracterizan por su funcionamiento muy simple y carecer de elementos móviles. En cambio, el gasto de utilización para un mismo caudal de aspiración es mucho más elevado en los últimos, ya que dichos generadores funcionan con aire a presión de la red.

Suelen utilizar bombas de paletas y las capacidades de succión oscilan entre 6 ml/h y los 1.600 m³/h, datos que pueden compararse frente a los apenas 7 m³/h de los generadores de vacío de mayor capacidad. Las potencias oscilan entre los 0,37 kW y los 30 kW.

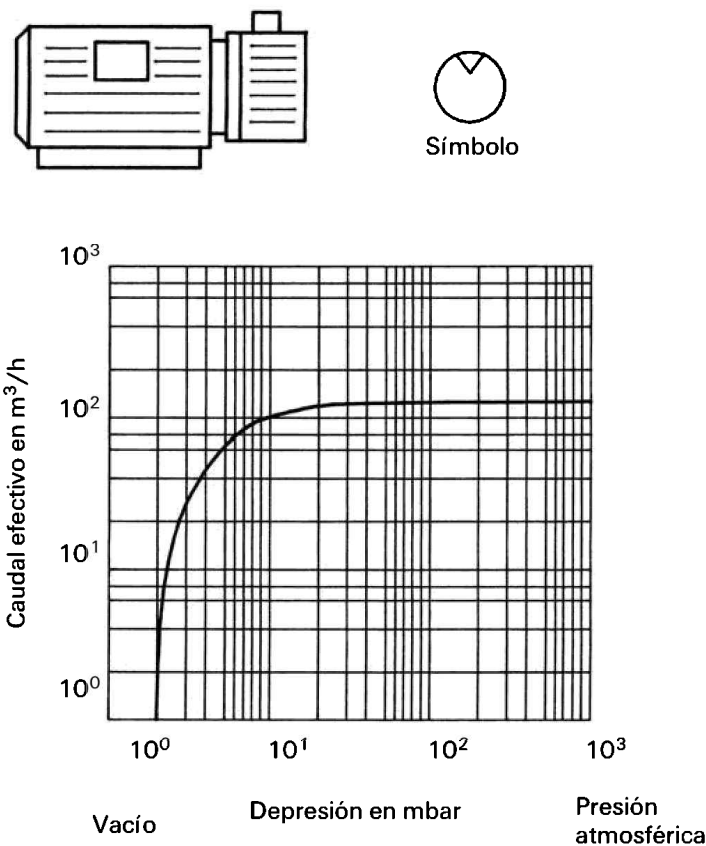


Fig. 9.10. Características de una bomba de vacío de 5,5 kW.

Las bombas de vacío se aplican en áreas muy diversas de la industria, tales como: máquinas de envasado de vacío, máquinas de imprenta, máquinas de embalaje, inyección de plásticos y caucho, y en general, en los casos en los cuales deben suspenderse grandes masas o elementos con elevadas superficies.

Una idea de las características de estas bombas la proporciona el gráfico de la figura 9.10 donde se muestra una bomba de vacío cualquiera, que puede ser representativa del resto. Se trata de una bomba de paletas de 5,5 kW de potencia, caudal nominal de aspiración de 250 m³/h y un grado de vacío límite de 2 mbar, lo cual significa que se encuentra prácticamente en el vacío total. Puede observarse en la curva que dicho grado de presión se mantiene constante hasta un caudal de unos 10 m³/h, el grado de depresión desciende hasta unos 30 mbar, manteniéndose dicho caudal constante aunque la presión llegue hasta la atmosférica.

9.4. GENERADORES DE VACÍO

Los generadores de vacío son elementos que, como su nombre indica, se encargan de producir vacío o depresión de aire. A diferencia de las bombas de vacío que funcionan con la energía de un motor eléctrico, los generadores funcionan sin partes móviles y aprovechando el efecto conocido en física como Venturi. Necesitan la presión de aire de la red y, por tanto, de un compresor general. Se aprovecha, pues, el aire de dicha red a una presión variable entre aproximadamente 1,5 y 8 bar, según el grado de vacío que se pretende conseguir.

Son unidades compactas de reducido tamaño, ligeras, fáciles de instalar y prácticamente exentas de mantenimiento. El aire comprimido debe ser aire filtrado y sin ningún tipo de lubricación.

En la figura 9.11 puede apreciarse el principio de funcionamiento de uno de estos aparatos. El aire a presión procedente de la red entra por (1) y al llegar a (2) se estrangula, aumentando notablemente su velocidad. Este aumento de velocidad crea una depresión en la cámara (3) y en el conducto (5), que se aprovecha para conectar las ventosas de vacío. El aire a presión generador del vacío sale expulsado al exterior a través del conducto (4).

En la figura 9.12 se muestra el circuito, con elementos mínimos necesarios, para hacer funcionar este generador. Deliberadamente, se ha prescindido en él de otros elementos recomendables que contribuirán a un mejor funcionamiento y control del sistema, como podrá verse más adelante. La válvula (1) es una válvula de paso simplemente; el elemento (2) es el generador de vacío y el (3), una ventosa para lograr la adherencia.

Existen en el mercado varias versiones de generadores de vacío entre las cuales, y atendiendo al diámetro interno de la boquilla, se han seleccionado 4 diámetros

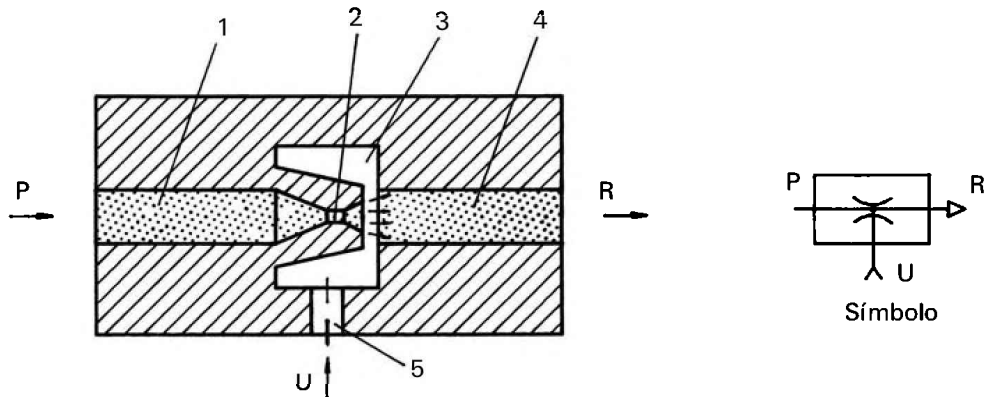


Fig. 9.11. Generador de vacío.



Fig. 9.11.1. Generadores de vacío.
(Cortesía de FESTO, Alemania.)

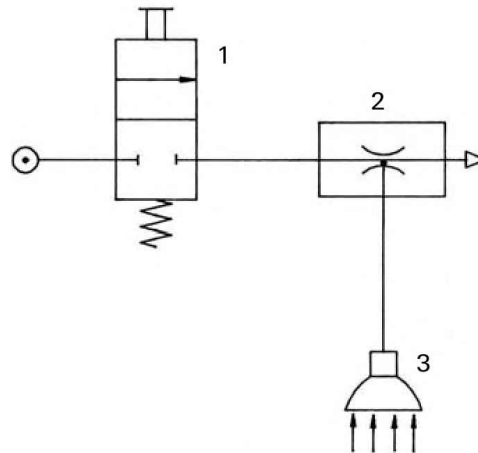


Fig. 9.12. Circuito elemental de generación de vacío.

que son los más corrientes: 0,1, 1, 1,5 y 2 mm. El nivel de depresión conseguido no depende apenas de dicho diámetro, pero sí dependen de esos diámetros de boquilla el caudal de aire libre aspirado y el caudal consumido.

En el gráfico de la figura 9.13 puede apreciarse la evolución o grado de vacío en mbar, en función de la presión de alimentación. Como puede verse, hasta aproximadamente los 4 bar, la depresión es proporcional a la presión de alimentación; a partir de ahí se hace máxima sobre los 5,5 bar y decrece después ligeramente, hasta llegar a los 8 bar.

En el gráfico de la figura 9.14 se aprecia el caudal de aire libre aspirado en l/min, en función también de la presión de alimentación en bar y de los, anteriormente mencionados, diámetros de las boquillas. Entre los 4 y 5 bar en todos los

TÉCNICAS DE VACÍO

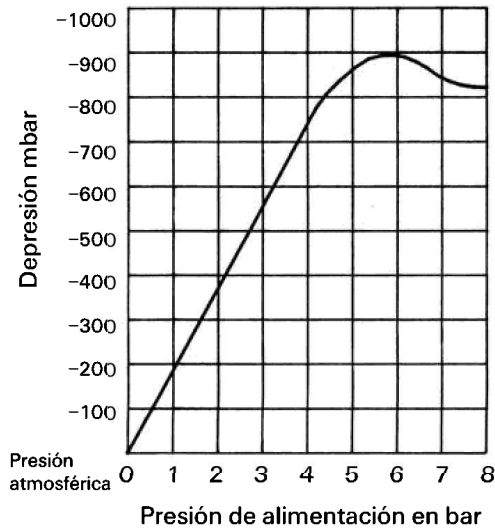


Fig. 9.13. Depresión en función de la presión de funcionamiento.

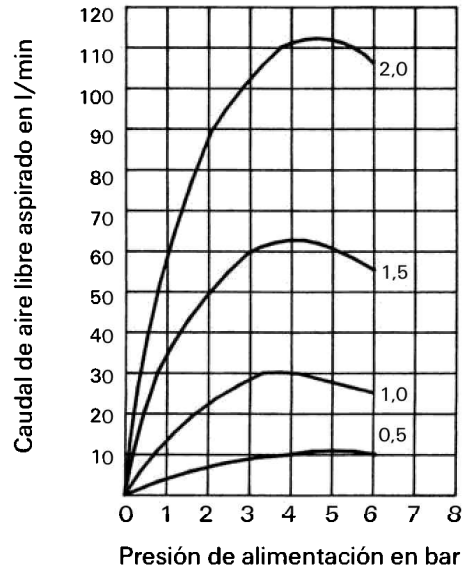


Fig. 9.14. Presión de alimentación en bar.

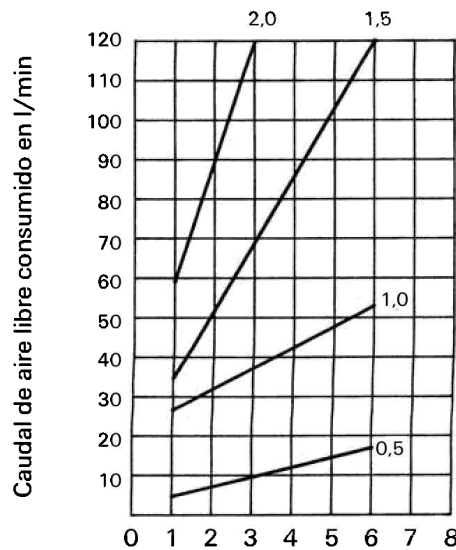


Fig. 9.15. Presión de alimentación en bar.

casos, se alcanza el máximo de aire libre aspirado, decreciendo a partir de ahí de forma parabólica en los tres últimos diámetros.

El consumo de aire libre de la alimentación es directamente proporcional a la presión del mismo aire, tal y como puede verse en el gráfico que se muestra en la figura 9.15.

La información proporcionada por estos gráficos será útil a la hora de utilizar las técnicas de vacío. La fuerza de sujeción de una determinada ventosa dependerá del nivel de depresión conseguido por el generador. Es evidente que el nivel de vacío no depende del diámetro de la boquilla, por tanto, con prácticamente cualquier diámetro se consigue depresión suficiente. En principio una ventosa de cualquier sección podría montarse en un generador con la boquilla de menor diámetro y, sin duda alguna, se produciría tarde o temprano el nivel necesario de depresión y a su vez, la fuerza requerida. Pero el problema estriba en el tiempo: no debe permitirse bajo ningún concepto que en un mundo industrial competitivo como el que nos ocupa, una ventosa ejerza su acción de forma torpe y lenta. Un mayor caudal aspirado producirá una depresión del mismo nivel, pero de forma más enérgica y rápida. Así pues, cuanto mayor sea el diámetro de la ventosa, mayor habrá de ser también el diámetro de la boquilla interior del generador. A su vez, y según puede verse en el último de los gráficos, el consumo de aire de la alimentación aumenta con el diámetro de la boquilla y, por tanto, el coste de funcionamiento se hace mayor.

9.5. GENERADORES DE VACÍO CON SISTEMA DE EXPULSIÓN

Hay generadores de vacío que incorporan en el mismo bloque un cabezal de expulsión que sirve para liberar de forma rápida la pieza sujeta a la ventosa. Esta acción rápida permite aumentar las cadencias de funcionamiento en procesos automatizados. A la vez que tiene lugar la generación de vacío, un depósito auxiliar montado sobre el generador se va llenando de aire a presión que se libera en el momento oportuno, produciendo un soplado sobre la ventosa que deja libre rápidamente la pieza.

En la figura 9.16 se muestra esquemáticamente el funcionamiento interno de estos sistemas. Sobre un generador de vacío convencional (1), se monta el cabezal expulsor (2) del generador. El aire a presión de (P) comunica con el conducto (3) que va llenando la cámara (4) en la cual se halla la junta elástica (5) de cierre. Esta junta actúa a modo de válvula antirretorno permitiendo, al ceder sus labios, el paso de aire hacia dicha cámara (4) quedando este aire presurizado, e igualándose la presión de este recinto con la de la alimentación (P). Mientras se produce el vacío, la junta (5) con su asiento corta el paso hacia el conducto (6) que comunica con el vacío.

Para que la ventosa ejerza su acción es preciso que en (P) haya alimentación de aire a presión. En el instante en el cual cesa dicha alimentación, el aire a presión del depósito (1) se libera bruscamente a través de la junta (5), cuyos labios de cierre cedan, produciendo un efecto de soplado sobre la ventosa que libera rápidamente la pieza.

TÉCNICAS DE VACÍO

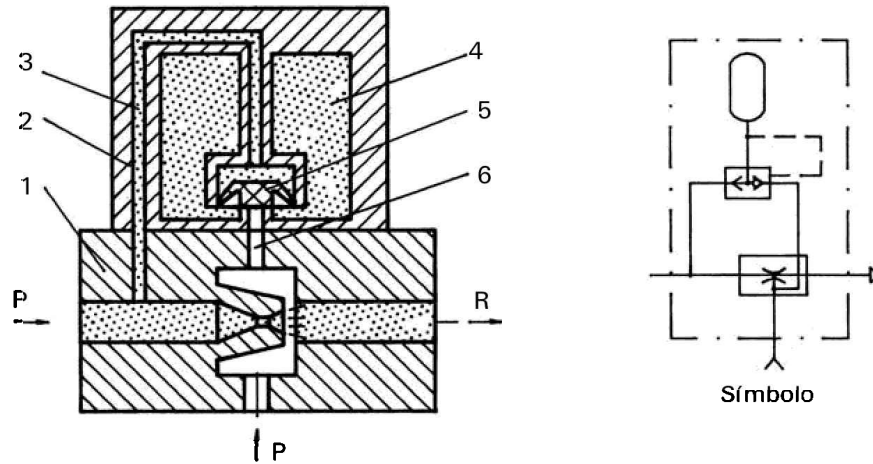


Fig. 9.16. Generador con sistema de expulsión.

En la figura 9.17 puede apreciarse el montaje de un sistema de vacío por ventosa bastante completo en el que aparecen: la válvula de paso (1), accionada manual o automáticamente, el generador con sistema de expulsión (2), un silenciador de escape (3), un vacuómetro (4) para medir el grado de vacío en el sistema, un vacuostato (5) para controlar el nivel de vacío, un condensador (6) para eliminar la humedad y un receptor (7) para almacenar el líquido condensado.

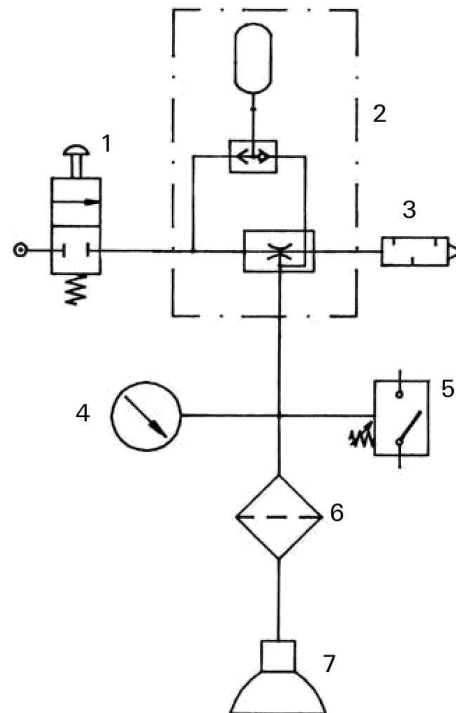


Fig. 9.17. Instalación de un generador con sistema de expulsión.

(5) que transforma el vacío en señal eléctrica, un filtro de aire (6) y la ventosa (7) que realiza la función activa o de trabajo.

9.6. VENTOSAS

Las ventosas son, como ya se ha dicho, los componentes de la técnica de vacío que realizan el trabajo de adherencia a distintos objetos para ser éstos manipulados. Existen varios tipos de ventosas, cada una de ellas con peculiaridades propias y especialmente concebidas para los más diversos usos.

Las ventosas (Fig. 9.18) tienen por objeto fundamental crear una cámara de vacío con el elemento a suspender, de forma tal, que la adherencia que se produzca entre ambos elementos sea capaz de soportar el peso de la pieza. Se componen esencialmente de un cuerpo metálico (1), roscado en su parte superior, y en su parte inferior unido a una junta de caucho en forma de vaso (2), cuyos labios, en contacto con la pieza (4), se encargan de producir la estanqueidad. El vacío creado en el conducto (U) y en la cámara (3) hace actuar la presión atmosférica exterior (P) que produce la adherencia entre ambos elementos.

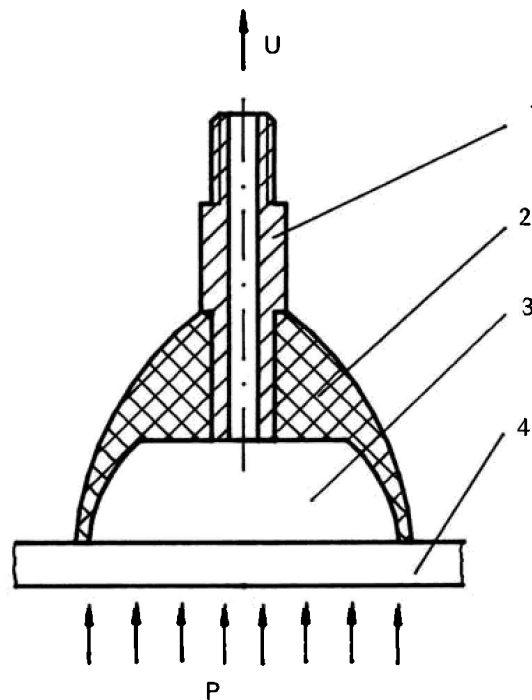


Fig. 9.18. Funcionamiento de las ventosas.

Las ventosas, atendiendo a una clasificación general y a su forma, se pueden dividir en: ventosas planas, de fuelle, de rótula y alargadas. En cuanto al elastómero o material que produce la estanqueidad, puede ser de nitrilo, caucho natural, silicona y vitón. Cada uno de estos materiales poseen características que los hacen más o menos resistentes a la compresión, al desgaste, al desgarre, a distintos líquidos como aceites o ácidos, y a temperaturas que llegan, en el caso del vitón, a los 300 °C.

Las ventosas planas, figura 9.19 (a) y (b), son las de mayor uso ya que se emplean en las aplicaciones más corrientes de manipulación. En todos los casos es preciso que las superficies de los objetos que hay que suspender sean planas y lisas. Entre tales objetos pueden enumerarse: planchas metálicas, aglomerados, cristales, mármoles, etc.

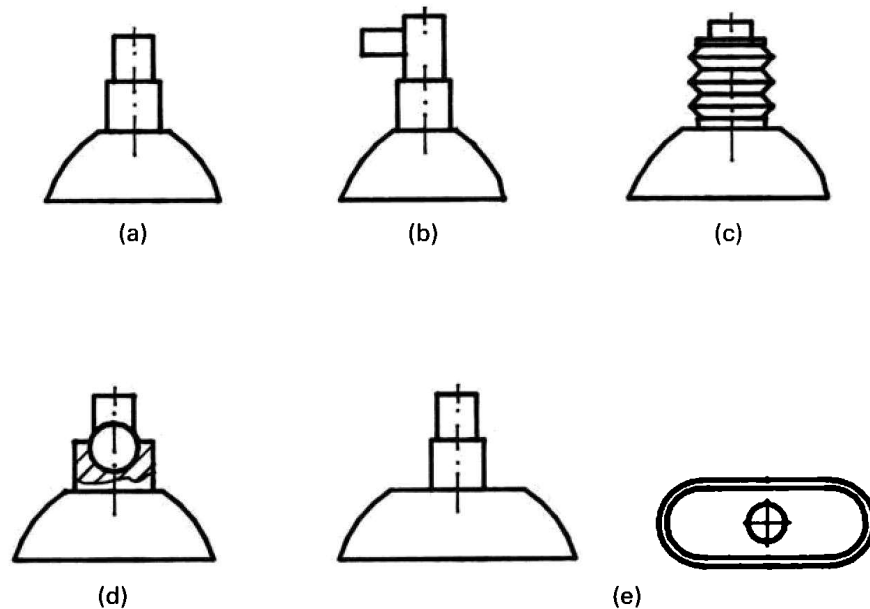


Fig. 9.19. Distintas formas de ventosas.

Todos los tipos de ventosas mencionadas anteriormente pueden ser de conexión en línea (a) o en escuadra (b).

Las ventosas de fuelle mostradas en (c) se emplean para manipular productos muy deformables como cartón, papel, plástico, etc., así como objetos con planos inclinados y con planos a distinto nivel ya que se adaptan fácilmente a diferentes alturas.

Las ventosas de rótula que se muestran en (d) se adaptan, mediante el giro posible de la articulación en todas las direcciones, a elementos con planos inclinados (Fig. 9.7) y a las planchas flexibles que se muestran en la figura 9.8.

Las ventosas alargadas, denominadas también rectangulares, mostradas en (e), se emplean para manipular objetos con superficies curvas, tal y como se muestra en la figura 9.19, y también para suspender sacos de cemento o grano y productos similares.

En la tabla de la figura 9.20 se muestra una relación de diámetros más corrientes de ventosas entre 2 y 100 mm. La fuerza que puede suspenderse depende fundamentalmente del diámetro de la ventosa y del grado de depresión conseguido. También puede influir en la carga que hay que soportar la rugosidad del material, porosidad, forma de la superficie, etc.

Depresión en bar	FUERZA TEÓRICA DE SUJECIÓN DE VENTOSAS EN N													
	Diámetro de ventosas en mm													
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
-900	0,28	1,13	2,54	4,52	7,06	15,9	28,3	44,2	63,6	113,0	176,7	254,4	452,4	706,8
-800	0,25	1,00	2,26	4,02	6,28	14,3	25,1	39,3	56,5	100,5	157,1	226,2	402,1	628,3
-700	0,22	0,88	1,98	3,52	5,50	12,4	22,0	34,3	49,5	88,0	137,4	197,9	351,8	549,8
-600	0,19	0,75	1,70	3,01	4,71	10,6	18,8	29,4	42,4	75,4	117,8	169,6	301,6	471,2
-500	0,16	0,63	1,41	2,51	3,93	8,83	15,7	24,5	35,3	62,8	98,2	141,4	251,3	392,7

Fig. 9.20. Valores de fuerza teórica de ventosas.

Los valores proporcionados en la tabla son valores teóricos según los dos parámetros expresados. Estos valores tendrán que verse afectados por un coeficiente de seguridad que garantice la sujeción. Según se sitúe la carga en un plano horizontal o vertical, el coeficiente será distinto. Este valor puede elegirse a voluntad pero se recomienda que, en el primer caso, sea de 2 al menos, y en el segundo, de 4.

El valor de la tabla ha sido obtenido empleando la expresión:

$$F = 10 \cdot P \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad [9.6.1]$$

Siendo:

F = Fuerza teórica de sujeción en N

P = Depresión en bar

d = Diámetro de la ventosa

La carga real considerando los coeficientes de seguridad anteriores será:

$$F = \frac{10 \cdot P \cdot \pi d^2}{4 \cdot n} \quad [9.6.2]$$

Siendo:

$n = 2$ para carga en plano horizontal

$n = 4$ para carga en plano vertical [9.6.2]

9.7. SELECCIÓN DEL GENERADOR

Una vez elegidas las ventosas necesarias en función de la carga que dichas ventosas deben soportar, es preciso seleccionar el tipo de generador de vacío que se empleará para succionar el aire que producirá la adhesión. En la tabla de la figura 9.21, que tiene carácter orientativo, se muestra la forma de elección de tal generador en función del diámetro de las ventosas y del número de éstas. Como ya se dijo, tales generadores se caracterizan esencialmente por el diámetro de la boquilla. Esta tabla ha sido confeccionada teniendo en cuenta una longitud media entre el generador y las ventosas de un metro, y un tiempo de la puesta en depresión de dichas

SELECCIÓN DEL GENERADOR DE VACÍO		
Diámetro de ventosas mm	Nº de ventosas por generador	Diámetro de boquilla del generador mm
de 2 a 8	de 1 a 2 de 3 a 6	0,5 1
de 10 a 15	1 de 2 a 6	0,5 1
de 20 a 25	de 1 a 6	1
de 30 a 40	de 1 a 4 de 5 a 6	1 1,5
de 50 a 60	de 1 a 2 de 3 a 4	1 1,5
de 80 a 100	1 de 2 a 4 de 5 a 6	1 1,5 2

Fig. 9.21. Selección del generador de vacío.

ventosas, de un segundo. Una mayor longitud de tubería supondría también un aumento del tiempo de dicha depresión.

Si se desea una actuación más enérgica de las ventosas, puede seleccionarse un generador de diámetro inmediatamente superior al recomendado, pero debe tenerse en cuenta que, tal y como se muestra en el gráfico de la figura 9.15, al aumentar el diámetro de la boquilla también aumenta el caudal de aire libre consumido y, por tanto, en la misma proporción lo hace el coste del trabajo de estas ventosas.

9.8. VACUOSTATOS

Los vacuostatos son dispositivos empleados para transformar una señal de vacío en señal eléctrica o en señal de presión neumática.

Los vacuostatos de señal eléctrica son regulables generalmente entre depresiones de -100 a -900 mbar. Una vez montados y regulados, confirman la presencia de vacío mediante un Led que se ilumina, garantizando así la fuerza de mantenimiento de la pieza. La instalación en el circuito de uno de estos vacuostatos puede verse en (5) de la figura 9.17, donde también se ha mostrado el vacuómetro (4) que mide el grado de vacío producido por el generador. También puede utilizarse esta señal para gobernar una electroválvula cualquiera cumpliendo la función de presostato.

Los vacuostatos que transforman la señal de vacío en señal de presión neumática son elementos que se utilizan en los circuitos para gobernar o pilotar válvulas que produzcan algún tipo de secuencia. En la figura 9.23 se muestra la instalación



Fig. 9.22. Vacuostatos regulables.
(Cortesía de JOUCOMATIC, España.)

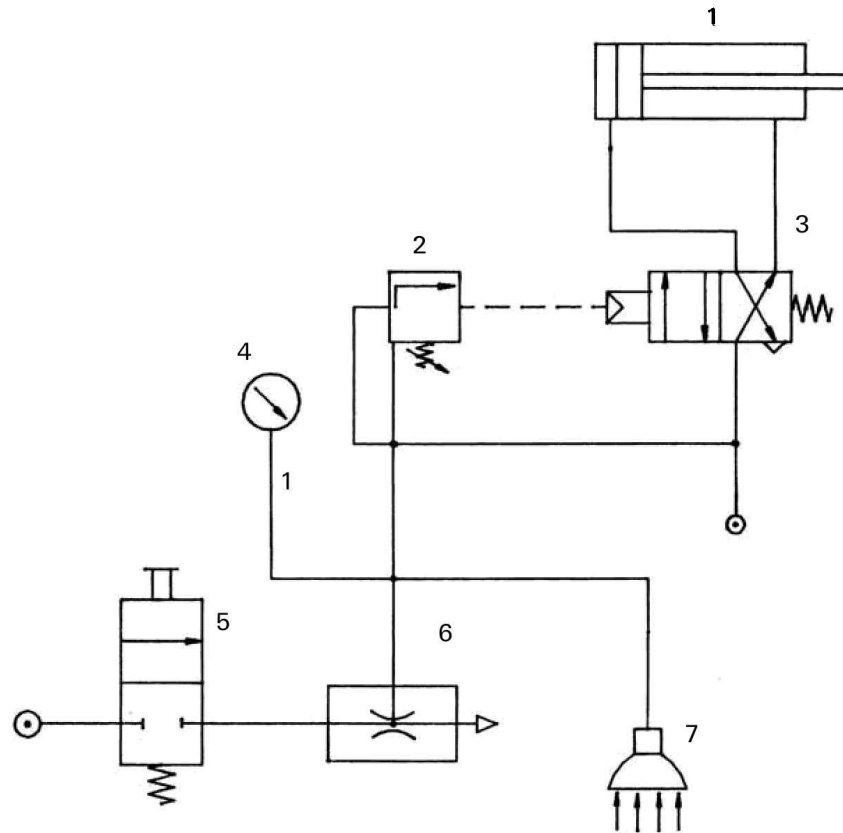


Fig. 9.23. Instalación de un vacuostato.

de un vacuostato (2) de este tipo. Como puede observarse, cuando la depresión desciende hasta un determinado valor ajustado en el vacuostato, se pilota la válvula (3) para hacer avanzar al vástago del cilindro (1). Luego el avance de dicho vástago está supeditado a que la ventosa (7) ejerza su acción, al haber alcanzado un determinado grado de vacío en su cámara interior.

9.9. COMPONENTES AUXILIARES

Las técnicas de vacío requieren una consideración especial en cuanto a los elementos que se emplean, ya que, así como en las técnicas del aire comprimido la presión actúa siempre desde el interior hacia el exterior, en el vacío, el efecto es contrario; aquí es la propia presión atmosférica la que actúa desde el exterior hacia el interior de los componentes. No todos los dispositivos neumáticos convencionales son aptos para trabajar de este modo, aunque cada vez se fabrica mayor número para poder cumplir ambas funciones. Así pues, válvulas estranguladoras de flujo,



Fig. 9.24. Vacuómetro.
(Cortesía de FESTO, Alemania.)

filtros, racores, tubos, etc., deben elegirse para poder soportar estas condiciones de trabajo.

De entre los componentes auxiliares que también se emplean en una instalación de vacío, cabe destacar: los filtros, los vacuómetros y los silenciadores.

Cuando la aspiración se realiza en ambientes polvorientos, es necesario utilizar filtros en la aspiración, tal y como se muestra en (6) de la figura 9.17. El grado de filtración normal oscila entre las 30 y las 60 micras de metro.

Para medir el nivel de depresión o vacío se emplean los vacuómetros (Fig. 9.24), bien con rosca posterior para empotrar en panel, o bien con rosca en la parte inferior, para montar en línea. Normalmente, las escalas de medición oscilan entre 0 y -1 bar y existen distintos diámetros de esfera en el mercado.

En cuanto a los silenciadores, el número (3) de la figura 9.17 muestra un silenciador en el escape. Este elemento puede ser un silenciador convencional ya que, como puede apreciarse en dicha figura, está instalado en el escape del aire a presión proyectado desde la tobera de vacío.

EJERCICIOS PROPUESTOS

- 9.1. En una instalación de vacío determinada, ¿cuándo se hace obligado el uso de bombas de vacío?
- 9.2. Enumerar las ventajas y desventajas de un generador de vacío por presión, frente a una bomba de vacío convencional.
- 9.3. ¿Qué ventajas ofrece el sistema de expulsión en un generador de vacío?
- 9.4. ¿En qué casos es recomendable el empleo de ventosas de fuelle? ¿Y el empleo de ventosas de rótula?
- 9.5. ¿Qué diferencias existen entre un vacuostato y un vacuómetro?