

Gases licuados

MANUAL

Sugerencias prácticas sobre el diseño y la instalación de sistemas de manejo de propano, butano, amoníaco anhidro y gases licuados similares

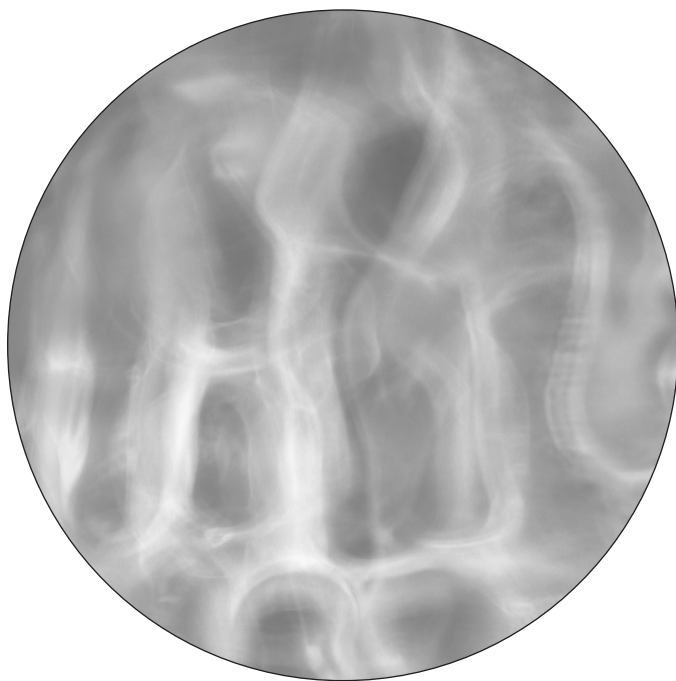


Blackmer

Donde fluye la innovación

Boletín 500 – Manual de gas licuado

Este manual trata sobre bombas y compresores Blackmer para gas licuado , su instalación y funcionamiento. Se describen sugerencias prácticas y directrices que pueden utilizarse en el diseño de nuevos camiones y plantas, así como en la resolución de problemas de instalaciones existentes . Este manual no es, ni pretende ser, un tratado sobre toda la industria del GLP. Existen otras excelentes publicaciones que tratan en detalle las diversas fases especializadas de esta industria.



Índice

Acerca de Blackmer.....	2
Características generales del gas licuado	3
Bombas de desplazamiento positivo	4
Compresores	6
Instalaciones de propano	12
Sistemas de suministro en camiones cisterna.....	15
Sistemas de suministro en camiones de transporte.....	24
Bombas fijas accionadas por motor	27
Aplicaciones en evaporadores y plantas de reserva.....	29
Apéndice.....	31

Antes de instalar equipos de propano en cualquier vehículo móvil o en una ubicación fija, revise los requisitos del Folleto n.º 58 de la NFPA “Norma para el almacenamiento y la manejo de gases licuados de petróleo”.

Puede obtener una copia en:

National Fire Protection Association
Asociación Nacional de Protección
contra Incendios 1 Batterymarch Park
Quincy, MA 02269-9101
Teléfono: 1-800-344-3555 web:
www.nfpa.org

Este folleto goza en general de la aceptación de las autoridades reguladoras y constituye una guía del sector en materia de seguridad de los equipos y procedimientos de manipulación. Se recomienda siempre, consultare las leyes y ordenanzas locales/estatales sobre el tema. Los equipos de los vehículos utilizados en este servicio deben cumplir con los requisitos aplicables del Departamento de Transporte.

blackmer.com

La información sobre todos los productos Blackmer, tanto los modelos actuales como los anteriores, está disponible en nuestro sitio web. Las hojas de especificaciones, las listas de piezas, los manuales de instrucciones y mucho más están disponibles en todo el mundo las 24 horas del día.

Acerca de Blackmer

En 1903, Robert Blackmer, inventor de la primera bomba de paletas rotativas, lanzó con éxito una nueva tecnología (bombas de paletas deslizantes) que estableció de manera efectiva valiosos estándares de bombeo para los años venideros para las empresas de bombas de todo el mundo. Durante casi un siglo, Blackmer ha seguido reforzando su compromiso de ofrecer productos de calidad a sus valiosos clientes.

Responder a los retos de los clientes mediante una combinación de experiencia, dedicación y asistencia, permite a Blackmer ofrecer los productos más eficaces junto con la información que los clientes necesitan para elegir el producto adecuado para sus aplicaciones. Son las personas que forman parte de Blackmer las que hacen de la empresa lo que es hoy en día. Con una amplia gama de segmentos de mercado y expertos en la materia, Blackmer se enorgullece de sus servicios y productos disponibles en todo el mundo.

Las instalaciones de fabricación de Blackmer están totalmente equipadas con la última tecnología y cuentan con los técnicos calificados necesarios para ofrecer productos que cumplan con los más altos estándares globales de la industria. El departamento de investigación y diseño de Blackmer trabaja sin descanso probando no solo nuevos productos, sino también los cambios y avances introducidos en los productos existentes.

Los expertos en el sector imparten continuamente formación personalizada sobre los productos en todo el mundo. Blackmer cree firmemente en su equipo, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de sus clientes gracias a sus años de experiencia y a la longevidad de su fuerza de trabajo.

Blackmer se ha convertido en una empresa global que abastece a mercados de todo el mundo con aplicaciones expertas en tecnologías de fluidos. Blackmer responde con rapidez a los rápidos avances del sector, rediseñando constantemente sus

productos para incorporar nuevas innovaciones.

Sin embargo, Blackmer es mucho más que la tecnología más avanzada y de vanguardia. Los empleados de Blackmer trabajan juntos como un equipo para satisfacer las necesidades de los clientes necesidades en constante evolución con un profundo conocimiento y perspicacia. Blackmer ofrece un servicio excepcional que mejora el negocio de sus clientes, desde la formación in situ hasta el soporte técnico especializado. El cliente es siempre la máxima prioridad en Blackmer.

Declaración de misión

Ser líderes en la propuesta de valor en aplicaciones globales identificadas estratégicamente, proporcionando:

- Credibilidad empresarial: Blackmer llevará a cabo sus actividades de conformidad con el Código de Conducta y Ética de Dover
- Experiencia en aplicaciones y selección de equipos
- Asistencia técnica y atención al cliente
- Capacidad de respuesta
- Calidad y valor del producto
- Asistencia durante todo el ciclo de vida del producto

Productos

Bombas de paletas deslizantes LG y LGL

Estas bombas de hierro dúctil, disponibles en tamaños de 1 a 4 pulgadas, cuentan con certificación UL para servicio con GLP y amoníaco anhidro. Hay modelos disponibles para abastecimiento de combustible de motores, llenado de cilindros, vaporizadores, transferencia general y carga/descarga de camiones.

Válvulas de derivación BV

Todas las bombas de desplazamiento positivo deben estar equipadas con una válvula de derivación de retorno al tanque. Para este fin, las válvulas de derivación Blackmer son todas de hierro dúctil y están disponibles en tamaños de 1.25 pulgadas a 2 pulgadas.

Además de los productos disponibles para la transferencia de gases licuados, Blackmer fabrica una amplia gama de productos para su uso en numerosas industrias y mercados de todo el mundo:

Compresores LB para transferencia de GLP y NH₃

Estos compresores de hierro dúctil están disponibles en cuatro tamaños para adaptarse a cualquier aplicación. Los compresores son especialmente adecuados para la descarga de vagones de ferrocarril, el vaciado de cilindros y tanques y en cualquier lugar donde se requiera la recuperación de vapores.



Bombas de paletas deslizantes



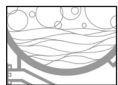
Bombas centrífugas



Compresores industriales de proceso de alta presión

- Reductores de engranajes
- Bombas manuales

Características generales del gas licuado



GLP es la abreviatura de “gas licuado de petróleo” y abarca varios productos de la familia de los hidrocarburos; compuestos formados de carbono e hidrógeno con estructuras moleculares variables. El propano y el butano son los dos hidrocarburos más conocidos que se utilizan como combustible en hogares, comercios e industrias. En los mercados internacionales, el GLP se refiere predominantemente a una mezcla de propano y butano. Estas mezclas pueden variar en su composición, desde aquellas en las que predomina el butano hasta aquellas en las que el propano es el componente principal.

El GLP, ya sea butano o propano, es único porque puede transportarse y almacenarse en estado líquido, pero al liberarse se vaporiza y arde como un gas. El GLP también puede pasar fácilmente del estado líquido al gaseoso y viceversa. Ningún otro combustible comercial tiene estas características. El gas natural, por ejemplo, no puede transportarse en un depósito en cantidades significativas a menos que se comprima a presiones extremadamente altas o se enfríe a -259°F (-126°C), momento en el que se licua. Incluso cuando está comprimido, solo contiene una fracción de la energía útil que tiene un volumen idéntico de GLP en estado líquido.

Cuando están licuados, los gases de GLP se encuentran siempre en su punto de ebullición a temperaturas normales. La más mínima caída de presión o la más mínima aportación de calor hará que hiervan y desprendan vapor o gas. Esta característica se vuelve crítica cuando se considera el trasvase de gases licuados de un tanque a otro. Al ser un gas licuado, el GLP debe almacenarse en un recipiente cerrado a presión. El fluido en un tanque se encuentra en estado de equilibrio, con los vapores de gas sobre el líquido proporcionando la presión necesaria para evitar que este hierva.

El Apéndice A muestra una tabla que resume las propiedades físicas del propano y el butano. Las densidades de los líquidos son algo más de la mitad de la del agua. Esto significa que un galón de propano o butano pesa solo la mitad de lo que pesa un galón de agua. Además, el propano y el butano tienen una viscosidad de aproximadamente 0,1 centipoises, lo que los hace aproximadamente 10 veces más fluidos que el agua. Esta propiedad hace que el GLP sea un fluido difícil de bombear, ya que un fluido de baja viscosidad es más difícil de sellar y de evitar el deslizamiento de la bomba.

La única diferencia significativa entre el propano y el butano es su punto de ebullición, la temperatura a la que cada uno se vaporiza. El butano hierve a aproximadamente $+32^{\circ}\text{F}$ (0°C), el propano a -44°F (-42°C) a presión atmosférica. Por lo tanto, a 0°F (-18°C), el butano no se vaporizará a presión atmosférica, mientras que el propano sí lo hará. En consecuencia, a cualquier temperatura dada, la presión en un recipiente de propano será mayor que en uno de butano. Refiérase a la tabla del Apéndice B titulada “Presión de vapor de los gases licuados”.

El GLP es un combustible intrínsecamente seguro. Dos factores principales contribuyen a la seguridad del GLP: uno es su estrecho margen de inflamabilidad y el otro es el hecho de que el contenedor en el que se almacena es extremadamente resistente y hermético. Si el gas confinado no puede escapar, no puede arder. El GLP tiene un margen de inflamabilidad más estrecho que la mayoría de los combustibles. En el caso del propano, los límites respectivos son del 2.4 % y del 9.6 %. Esto significa que cuando la concentración de GLP en el aire es inferior al 2.4 % o superior al 9.6 %, la mezcla no es susceptible de combustión.

Propiedades del GLP

Es necesario comprender las siguientes propiedades del GLP con el fin de promover la seguridad en su uso y actuar de forma responsable al manipular este combustible:

1. El gas o el vapor son más pesados que el aire.
2. El gas o el vapor se difundirá en la atmósfera muy lentamente a menos que la velocidad del viento sea alta.
3. Las llamas abiertas encenderán las mezclas de aire y gas que se encuentren dentro de los límites de inflamabilidad.
4. Las mezclas de gas y aire pueden situarse por debajo del límite de inflamabilidad mezclándolas con grandes volúmenes de nitrógeno, dióxido de carbono, vapor o aire.
5. Las pulverizaciones finas de agua reducen la posibilidad de que se inflamen las mezclas de gas y aire.
6. La presión de vapor de este combustible es mayor que la de la gasolina. Solo se almacena de forma segura en recipientes a presión cerrados, diseñados, construidos y mantenidos de acuerdo con la normativa pertinente y equipados con los dispositivos de seguridad requeridos.
7. El líquido en recipientes abiertos se evaporará para formar mezclas combustibles con el aire, incluso si la temperatura ambiente está muchos grados por debajo del punto de ebullición.
8. La rápida eliminación del vapor del tanque reducirá la temperatura del líquido y la presión del tanque.
9. Los líquidos se expandirán en el tanque de almacenamiento cuando aumente la temperatura atmosférica. Los tanques de almacenamiento nunca deben llenarse completamente de líquido. Consulte la norma NFPA 58 para conocer la densidad de llenado de los tanques de almacenamiento.
10. El líquido extraído del depósito de almacenamiento provocará quemaduras por congelación al entrar en contacto con la piel. Esto se debe a la rápida absorción de calor por parte del líquido al vaporizarse al aire libre.
11. Se producirá condensación en las tuberías de distribución de gas (vapor) cuando las temperaturas ambientales sean inferiores al punto de ebullición del líquido.
12. Los gases de petróleo licuados son excelentes disolventes de productos petrolíferos y de caucho. Existen compuestos especiales para juntas de tuberías y sustitutos del caucho disponibles para su uso en la distribución.

Bombas de desplazamiento positivo

La bomba es probablemente el dispositivo de transferencia de fluidos más antiguo que se conoce. Al menos dos tipos se remontan a los primeros registros históricos: (1) las norias, o ruedas hidráulicas de cubos inferiores, utilizadas en Asia y África hace 3,000 años y que siguen siendo comunes hoy en día, y (2) la bomba de tornillo de Arquímedes (alrededor del 250 a.c.), que todavía se fabrica hoy en día para manejar mezclas de sólidos y líquidos.

Una bomba es un dispositivo para transferir fluidos; pero si transfiere gases (o vapores), pueden utilizarse tres términos diferentes, dependiendo del aumento de presión alcanzado. Hasta un aumento de presión de aproximadamente 1 psi, una bomba de gas se denomina ventilador; entre 1- 40 psi se denomina soplador; y por encima de 40 psi se denomina compresor. Además de transferir fluido, una bomba también es un dispositivo que añade energía a un fluido.

Existen dos tipos básicos de bombas: las de desplazamiento positivo y las dinámicas o de cambio de impulso. En la actualidad hay varios miles de millones de cada tipo en uso en todo el mundo.

Las bombas de desplazamiento positivo (PD) tienen una pared móvil que empuja el fluido mediante cambios de volumen. Se abre una cavidad y el fluido entra a través de una entrada. A continuación, la cavidad se cierra y el fluido es expulsado a través de una salida. El ejemplo clásico es el corazón de los mamíferos, pero las versiones mecánicas se utilizan ampliamente. Las bombas PD pueden clasificarse en dos grupos básicos: alternativas y rotativas. Tanto las bombas de paletas deslizantes como las de engranajes se consideran bombas rotativas.

Todas las bombas de desplazamiento positivo proporcionan un caudal casi constante en un amplio rango de incrementos de presión, mientras que la bomba dinámica (centrífuga) ofrece un aumento de presión uniforme en un rango de caudales.

Una bomba de desplazamiento positivo es adecuada para un gran variación de presión y un caudal bajo, y su mayor ventaja es su capacidad para manejar cierta cantidad de vapores inducidos.

Blackmer fabrica una bomba de paletas deslizantes diseñada específicamente para aplicaciones de GLP. Una bomba de paletas deslizantes consta de un rotor ranurado acoplado a un eje giratorio. Las paletas se encajan en las ranuras del rotor y se deslizan libremente hacia dentro y hacia fuera durante el funcionamiento. Se mecaniza un perfil de leva excéntrico en el revestimiento, formando la cámara de bombeo.

A medida que gira el rotor, las paletas se deslizan fuera de las ranuras y se desplazan a lo largo del revestimiento. En el puerto de admisión, el fluido es aspirado hacia la cámara de bombeo, formada por las superficies del rotor y del revestimiento. Un volumen de fluido, atrapado entre dos paletas, es empujado a lo largo de la cámara de bombeo. En el puerto de salida, las paletas se deslizan de nuevo hacia la ranura y el fluido es expulsado por la tubería de descarga.

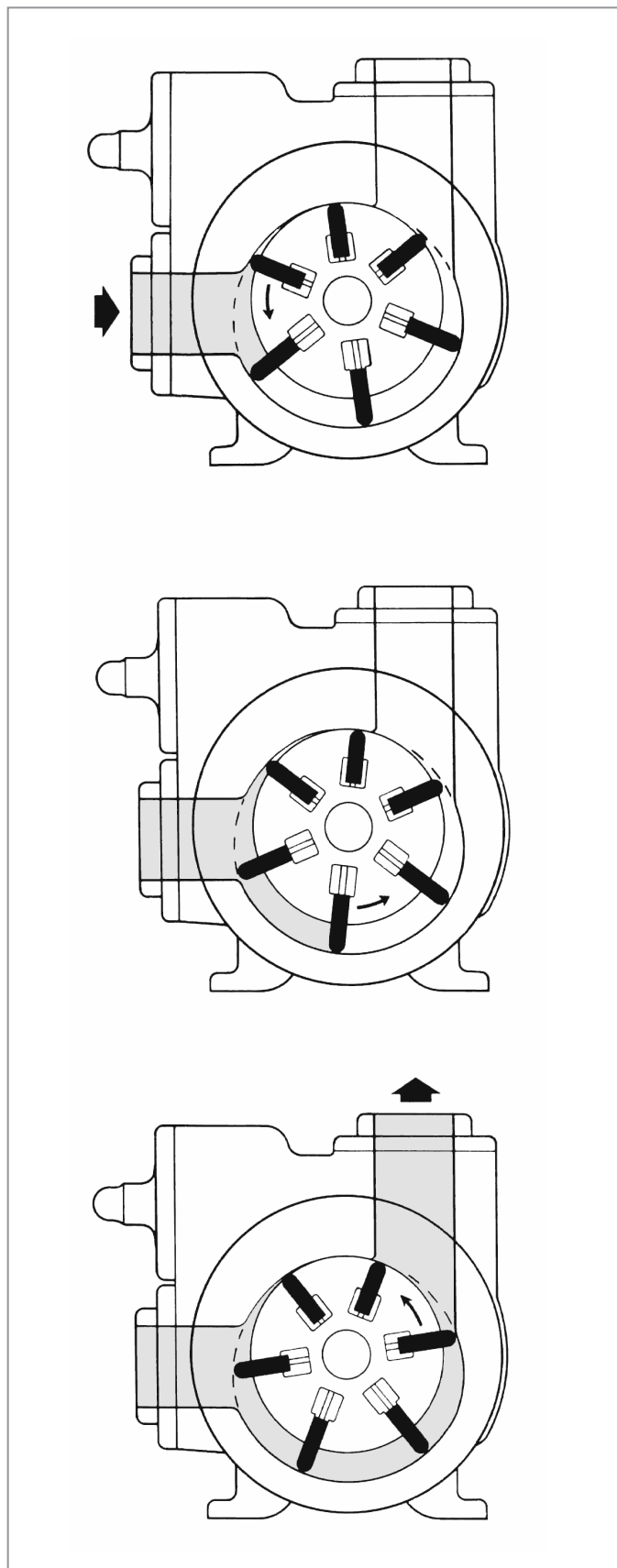


Figura 1

Bombas de desplazamiento

Efecto de la vaporización en el rendimiento de la bomba

Como se mencionó en la página anterior, el propano pasa fácilmente de estado líquido a gaseoso, lo que puede resultar ventajoso. Sin embargo, esta propiedad también clasifica al propano como un fluido altamente volátil. La volatilidad de un líquido es una medida de su capacidad para permanecer en estado líquido a temperatura y presión atmosféricas. El agua es un fluido estable. Es esta volatilidad la que hace que el GLP sea tan difícil de bombear.

La figura 2 ilustra lo que ocurre cuando se transfiere gas licuado de un tanque a otro. A medida que desciende el nivel del líquido, el vapor situado encima se expande y su temperatura y presión disminuyen. Inmediatamente, el líquido comienza a hervir, creando burbujas de vapor. La velocidad del líquido que entra en el tubo de admisión arrastra consigo algunas de estas burbujas de gas. Cada restricción en la tubería de admisión reduce la presión de la mezcla de líquido y vapor, lo que provoca que las burbujas de vapor se expandan y que se produzca más ebullición y se formen más burbujas de vapor.

El vapor tiene un efecto adverso tanto en la vida útil como en el rendimiento de la bomba. Las burbujas de vapor impiden que

el líquido llene la cavidad de la cámara de bombeo, lo que da lugar a una reducción de la capacidad de la bomba. Un exceso de vapor en las líneas de succión provocará grandes picos de presión, lo que afecta al accionamiento de las paletas y da lugar a un aumento de los niveles de ruido.

Las paletas rebotarán rápidamente contra el revestimiento. Además, el exceso de vapor impedirá que el líquido enfríe y lubrique la cara del sello mecánico. Sin una película de líquido, las caras del sello se desgastarán rápidamente y provocarán un fallo prematuro del sello.

En la Figura 2 se muestra una válvula de globo, lo cual aumenta la cantidad de vaporización. Se recomienda válvulas de bola o de compuerta de paso total para minimizar el efecto de vaporización.

Siempre que se bombeen gases licuados se producirá cierta vaporización. Un diseño adecuado del sistema minimizará la cantidad de vapor formado y aumentará significativamente el rendimiento y la vida útil de la bomba.

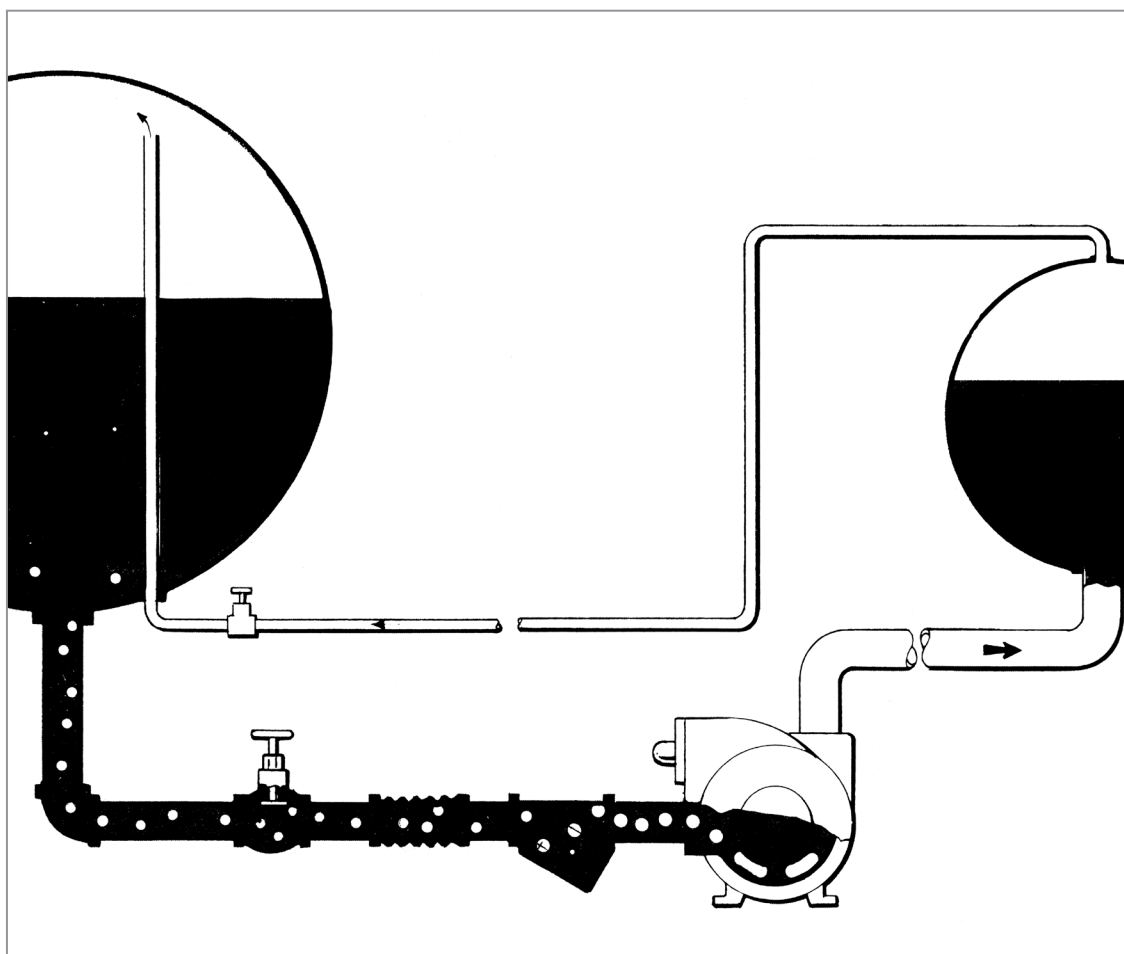


Figura 2

Compresores

General

Los compresores Blackmer son bastante especializados entre los muchos tipos de compresores que se ofrecen en el mercado. Son de desplazamiento positivo, verticales, de diseño alternativo y están disponibles en modelos de una o dos etapas. Todos los modelos tienen dos cilindros y algunos están disponibles con refrigeración por aire o por agua. La mayoría de los modelos tienen cilindros de simple efecto, aunque los más grandes tienen cilindros de doble efecto. Los cilindros de hierro dúctil sin aceite con anillos de pistón de PTFE son estándar.

En general, los compresores Blackmer pueden utilizarse en aplicaciones con presiones en el rango de 3 - 615 psia (0.2 - 42.4 bar) y de 2 - 50 bhp (1.5 - 37 kW). Hay compresores disponibles para transferencia de gas licuado para caudales de 40 - 675 gpm (9 - 153 m³/h), aproximadamente.

Un dispositivo que bombea un gas a una presión diferencial superior a 40 psia se denomina compresor. Al igual que las bombas, los compresores se clasifican en dos clases básicas: de desplazamiento positivo y dinámicos. Un compresor de desplazamiento positivo captura un volumen fijo de vapor o gas, comprime dicho volumen y, a continuación, descarga el gas en la línea de descarga.

Un compresor de pistón se clasifica como un compresor de desplazamiento positivo alternativo. Otros tipos de compresores de desplazamiento positivo son los de tornillo, de paletas deslizantes, de placa oscilante, de diafragma o de lóbulos.

Un compresor vertical orienta los cilindros en el plano vertical, lo que da como resultado una máquina que requiere un espacio mínimo en el suelo. También existen en el mercado configuraciones horizontales, en "V" o en "W".

Un compresor de una sola etapa aspira gas desde la línea de succión hacia el cilindro o cilindros, lo comprime y lo descarga en la línea de descarga. Solo interviene una etapa de compresión.

Un compresor de dos etapas aspira gas de la línea de succión hacia el cilindro de la primera etapa, lo comprime y lo descarga en un cilindro de la segunda etapa, donde se comprime aún más y se impulsa hacia la línea de descarga. El gas se comprime dos veces, elevándolo a una presión más alta de lo que se puede lograr con un compresor de una sola etapa. Los compresores de dos etapas rara vez se utilizan para la transferencia de gas licuado.

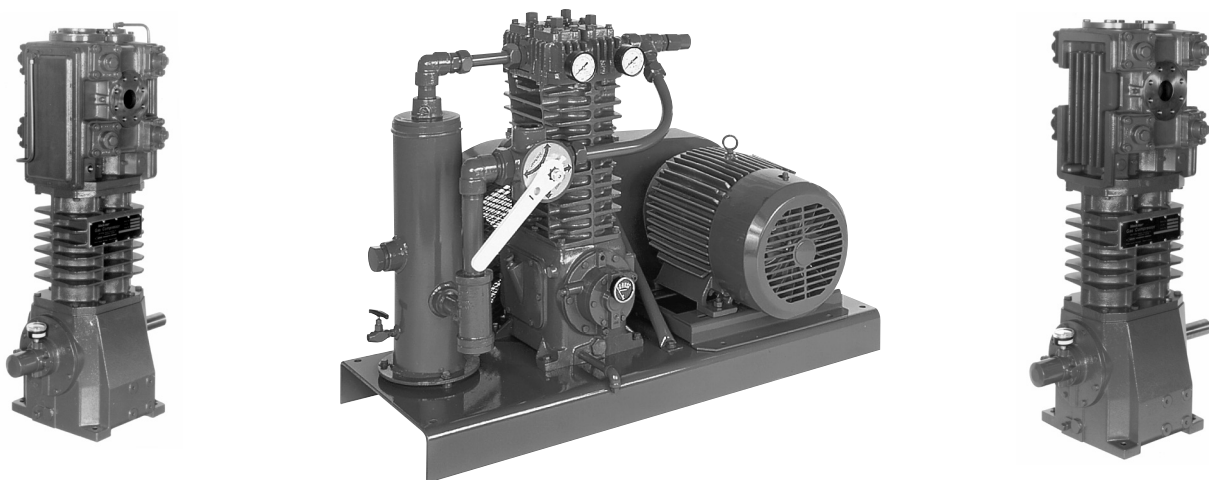
Aplicaciones

Los compresores Blackmer pueden utilizarse en muchas industrias y en numerosas situaciones. En general, la mayoría de las aplicaciones de GLP se clasifican en dos categorías:

Transferencia de gas licuado: El compresor se utiliza para presurizar un depósito lleno de líquido. A continuación, esta presión empuja el líquido hacia otro recipiente. La aplicación más común de esta técnica es la descarga de vagones de GLP en recipientes de almacenamiento fijos. Si es necesario, también se puede utilizar un compresor para la transferencia general de líquidos en la planta, como de un tanque de almacenamiento a un camión cisterna o de un camión cisterna de

al almacenamiento. Una vez que el líquido ha sido expulsado del depósito, a menudo se lleva a cabo una operación de recuperación de vapor.

Recuperación de vapores: Los gases que antes se dejaban en el depósito o se liberaban a la atmósfera ahora se recuperan debido a crecientes consideraciones medioambientales, de seguridad o económicas. En la actualidad, se debe recuperar casi cualquier gas, siempre que sea posible. Algunos ejemplos típicos serían los vapores de gas licuado que quedan en un depósito después de que se haya expulsado el líquido, el vaciado de recipientes antes de operaciones de mantenimiento o renovación, y la evacuación de cilindros, mangueras y conductos.



Compresores

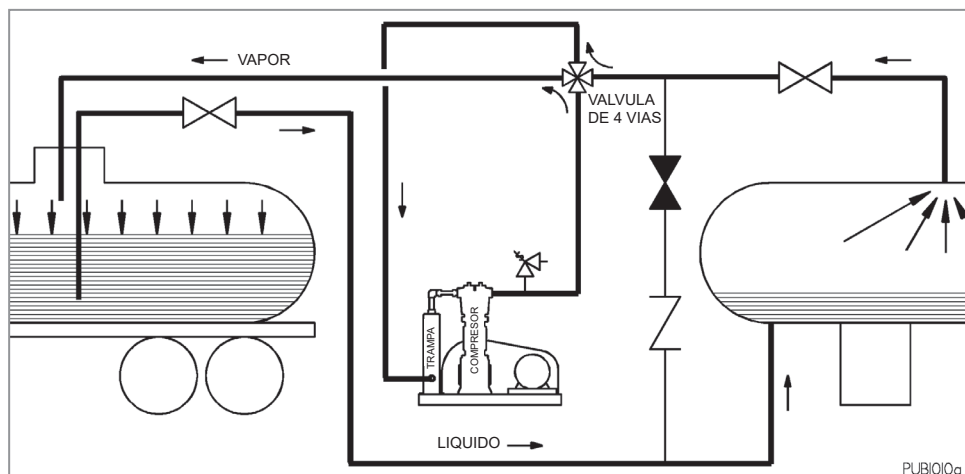


Figura 3

Transferencia de GLP

Una bomba de líquido no puede vaciar completamente un depósito de GLP de todo su contenido. Siempre quedará una pequeña cantidad de líquido (el «residuo de líquido»). Incluso si se pudiera bombear todo el líquido, el depósito seguiría estando lleno de vapor a la presión de vapor. Este vapor restante puede equivaler aproximadamente al 3% de la capacidad total del depósito. Esto significa que si una planta recibiera su producto por transporte, 97 transportes descargados con un compresor equivaldrían a la misma cantidad de producto que 100 transportes descargados con una bomba de líquido. Además, si es necesario abrir un depósito a la atmósfera para realizar trabajos de mantenimiento o reparación, la ventilación del vapor a la atmósfera puede resultar costosa y suponer un riesgo para la seguridad. El uso de un compresor para recuperar estos vapores antes de abrir el depósito a la atmósfera puede minimizar ambos problemas.

Muchos depósitos solo tienen aberturas en la parte superior y ninguna en la parte inferior. El ejemplo más común es un vagón cisterna de GLP. Si recuerda la sección sobre bombas, todas las sugerencias para un sistema de tuberías adecuado muestran la línea de entrada saliendo de la parte inferior del depósito. Intentar bombear desde un depósito que solo una abertura superior dará lugar a malas condiciones de succión de la bomba. Esto acortará considerablemente la vida útil de las paletas y las juntas, y provocará un funcionamiento ruidoso. Además, a medida que el nivel de líquido desciende durante la transferencia, las condiciones de succión de la bomba empeoran continuamente hasta que la bomba ya no puede funcionar. Quedará una cantidad considerable de líquido en el depósito y, dependiendo de la instalación, esto podría suponer entre el 20 y el 30 por ciento de la capacidad del depósito.

Algunos depósitos no tienen ninguna abertura en la sección de líquido del tanque. Los típicos tanques de reparto a domicilio de menos de 500 galones (2,000 litros) y los cilindros pequeños habituales, como los de 20 libras (5 kg), solo tienen una única abertura en la parte superior del depósito. Además, los camiones o vagones que han sufrido accidentes pueden encontrarse volcados de tal manera que ninguna de las aberturas que se utilizan normalmente para acceder al depósito conecte con la sección de líquido del mismo.

En cualquiera de estas situaciones, una bomba de líquido sería inútil para intentar vaciar el recipiente. Los compresores, por el contrario, pueden manejar fácilmente todas estas situaciones, mientras que lo máximo que puede hacer una bomba es vaciar un recipiente de líquido, pero dejándolo lleno de vapor.

Si bien las bombas deben estar provistas de tuberías de succión adecuadamente diseñadas, esto puede resultar imposible en muchos depósitos. Un compresor no está sujeto a estas limitaciones.

Un compresor puede recuperar tanto el líquido como el vapor de prácticamente cualquier recipiente en prácticamente cualquier situación.

La figura 3 muestra un sistema típico de transferencia de GLP líquido con un compresor. En este caso, el compresor, con su válvula de cuatro vías, transfiere el contenido del vagón cisterna al tanque de almacenamiento. Obsérvese que una línea de vapor conecta la parte superior del tanque de almacenamiento, a través de la válvula de cuatro vías del sistema del compresor, con la parte superior del vagón cisterna. Obsérvese también la línea de extracción de líquido con un tubo de inmersión que conecta la parte superior del vagón cisterna con la parte inferior del tanque de almacenamiento. Como se ilustra, una unidad compresora típica de GLP está montada sobre una placa base que incluye el motor y la protección de la correa. También se muestran una válvula de cuatro vías, un filtro de entrada, un colector de líquido y la válvula de alivio de descarga. Prácticamente todos los compresores utilizados para la transferencia de GLP contarán con estos elementos.

Para transferir el líquido del vagón cisterna al tanque de almacenamiento, el compresor extraerá vapores de la parte de vapor del tanque de almacenamiento y los introducirá en el compresor, donde se comprimen ligeramente.

Estos vapores comprimidos, que se encuentran a una presión ligeramente elevada, se descargarán en la parte superior del vagón cisterna. Esta acción de extraer vapores del tanque de almacenamiento, comprimirlos ligeramente y luego introducirlos en la parte superior del vagón cisterna reducirá ligeramente la presión en el tanque de almacenamiento, al tiempo que aumentará la presión en el vagón cisterna. Esta diferencia de presión hará que el líquido se desplace a través de la línea de líquido desde el vagón cisterna hasta el tanque de almacenamiento.

Recuperación de vapores

Una vez que todo el líquido ha sido expulsado del vagón cisterna, la operación de transferencia puede continuar para recuperar el vapor restante en el vagón. La figura 4 ilustra la misma instalación que se muestra en la operación de transferencia de líquido, salvo que se han modificado algunos ajustes de las válvulas para realizar la operación de recuperación de vapor. En primer lugar, la válvula de cuatro vías se ha girado 90° para que el compresor extraiga ahora el vapor del vagón y lo descargue en el tanque de almacenamiento, lo cual es justo lo contrario de la operación de transferencia de líquido. En segundo lugar, la descarga del compresor se dirige ahora de vuelta a la parte de líquido del tanque de almacenamiento. Esto ayudará a evitar un aumento excesivo de la presión en el tanque de almacenamiento. En tercer lugar, la válvula de la línea de líquido está cerrada.

Con las válvulas correctamente ajustadas, el compresor puede extraer vapor de la parte superior del vagón, comprimirlo ligeramente y descargarlo en la sección de líquido del tanque de almacenamiento. El líquido del tanque de almacenamiento condensará entonces estos vapores de nuevo en líquido. En esta operación, la presión del vagón descenderá gradualmente, mientras que la presión del tanque de almacenamiento aumentará solo ligeramente. Esta operación debe continuar hasta que la presión en el vagón se sitúe en torno al 25-30 % de la presión original del vagón cisterna. Por supuesto, esta presión variará a lo largo del año y en función del producto que se esté transfiriendo, ya sea propano o butano, ya que la presión de vapor del producto varía a lo largo del año. Intentar superar el punto de corte del 25 al 30 por ciento no suele ser rentable; el tiempo y la energía que requiere en comparación con la cantidad de producto recuperado hacen que no merezca la pena.

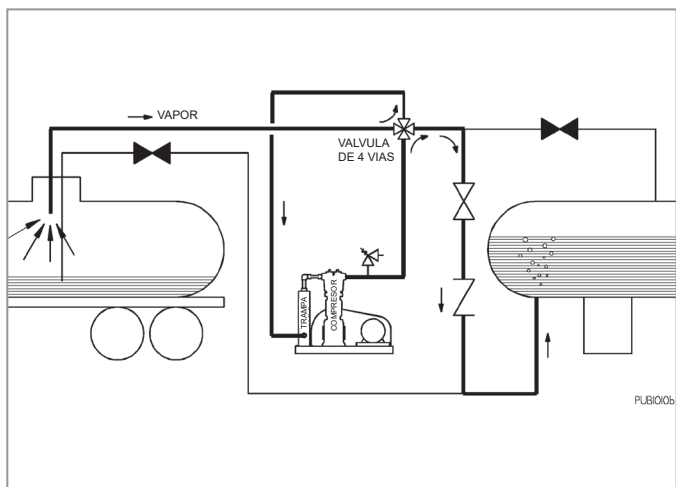


Figura 4

Componentes del compresor

La figura 5 muestra una sección transversal de un compresor de GLP típico. Todos los componentes que contienen presión son de hierro dúctil. Las juntas del vástago del pistón en la caja de empaquetadura son una serie de anillos en V de PTFE accionados por resorte. Todo el conjunto de juntas está contenido en la caja de empaquetadura, de modo que todo el conjunto de empaquetadura se pueda instalar fácilmente. Los pistones tienen un diseño sencillo de una sola pieza, fabricados de acero o de hierro dúctil. Los anillos de pistón son de PTFE, lo que les permite funcionar sin lubricación. Tanto las válvulas de aspiración como las de descarga están diseñadas para un funcionamiento sin lubricación. Las válvulas de aspiración suelen estar equipadas con un dispositivo de alivio de líquido. Este dispositivo ayudará a proteger el compresor en caso de que entre algo de líquido en el compresor.

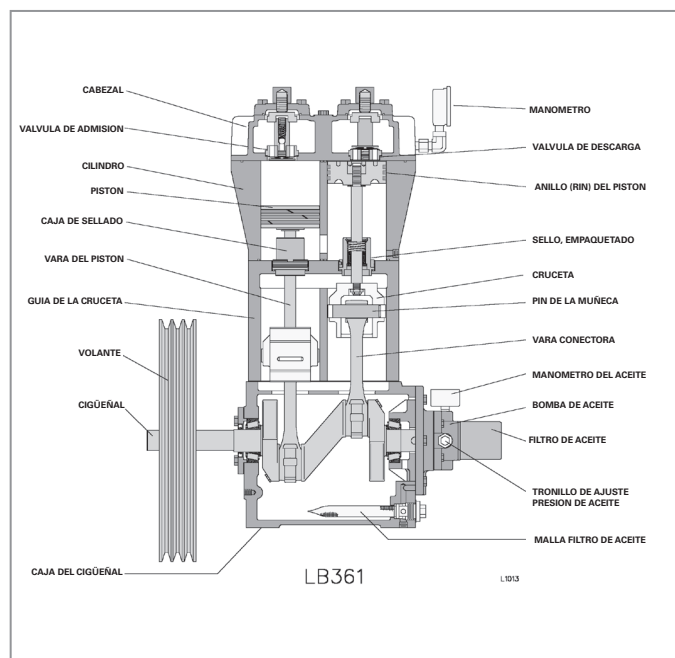


Figura 5

Compresores

Paquetes de compresores típicos

La figura 6 ilustra los diversos componentes que conforman un conjunto típico de transferencia de GLP líquido y recuperación de vapor. El conjunto de montaje consta del compresor, equipado con manómetros, una placa base, la protección de la correa y el sistema de transmisión por correa. También incluye la válvula de cuatro vías, el colector de líquido, el filtro de entrada, la válvula de alivio y, posiblemente, un interruptor de nivel de líquido.

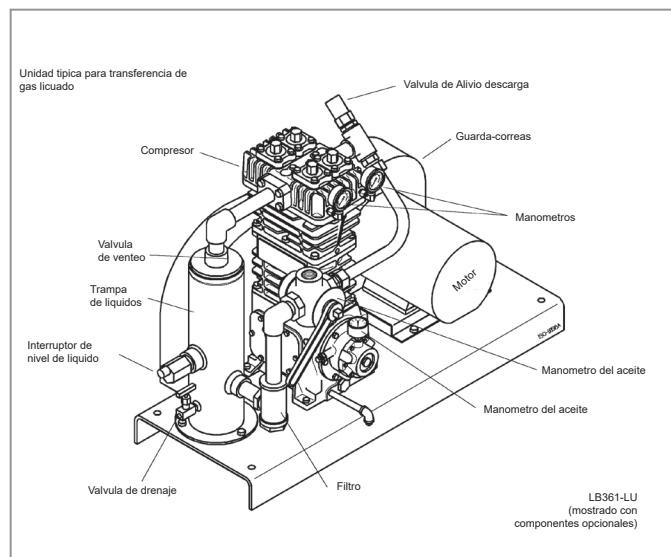


Figura 6

Válvula de cuatro vías

Una de las ventajas de utilizar un compresor es que tanto el líquido como el vapor pueden recuperarse del depósito. La válvula de cuatro vías hace que este proceso sea práctico y sencillo. La válvula de cuatro vías invierte el flujo de gas a través del sistema sin cambiar la dirección de rotación del compresor.

La figura 7 muestra lo que ocurre en el interior de la válvula de cuatro vías. Durante la operación de transferencia de líquido, el vapor se extrae de la parte superior del tanque de almacenamiento y se conduce a la parte superior de la válvula de cuatro vías, desde donde se dirige al colector de líquido y a la succión del compresor. A continuación, el vapor se comprime ligeramente y sale de la descarga del compresor hacia

la abertura situada a la derecha de la válvula de cuatro vías, y finalmente se conduce al vagón de transporte por la parte inferior de la válvula de cuatro vías.

Para llevar a cabo la recuperación de vapor, la válvula de cuatro vías se gira 90°. En esta posición, el vapor se extrae del vagón hacia la parte inferior de la válvula de cuatro vías y sale por el lado izquierdo de la válvula de cuatro vías hacia el colector de líquido y la succión del compresor. A continuación, el compresor descarga en el lado derecho de la válvula de cuatro vías y el gas se dirige a la parte superior de la válvula de cuatro vías y al tanque de almacenamiento.

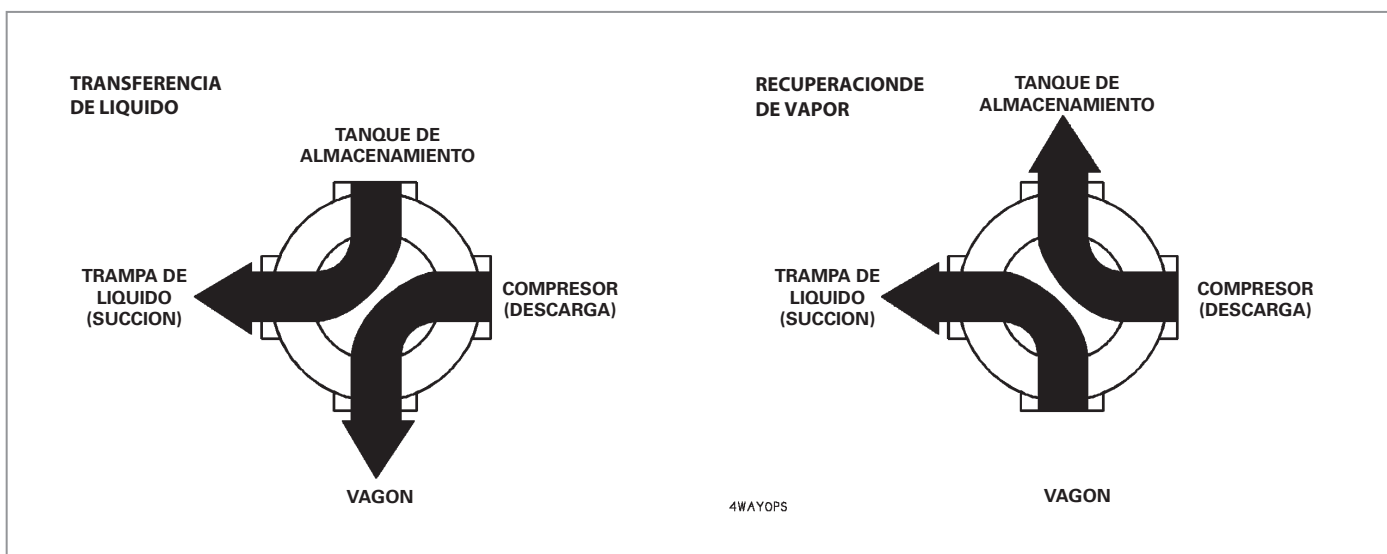


Figura 7

Trampas de líquido

Las trampas de líquido se instalan en el lado de succión del compresor y deben utilizarse en todas las instalaciones de compresores de GLP.

La finalidad del colector de líquido es retener el líquido antes de que pueda entrar en el compresor. Aunque el compresor esté conectado únicamente a líneas de vapor, estas líneas contendrán algo de líquido debido a los cambios de temperatura, lo que provoca cierta condensación en el interior de la línea. Además, en muchos sistemas, una válvula mal colocada puede permitir la entrada de líquido en la línea de vapor.

Los colectores de líquido proporcionan un espacio para que se acumulen pequeñas cantidades de líquido, como las que se producen normalmente debido a la condensación en las líneas de vapor, antes de que entren en el compresor. Esta pequeña cantidad de líquido acabará evaporándose durante la operación de transferencia y, por lo general, no plantea problemas significativos.

El colector de líquido puede estar equipado con un flotador mecánico que bloqueará físicamente la línea de succión entre el colector y el compresor si se acumula demasiado líquido en el interior del colector. Además, se puede utilizar un interruptor de flotador eléctrico para detener el motor del compresor en caso de que el nivel de líquido en el colector sea elevado.

Válvulas de alivio y filtros

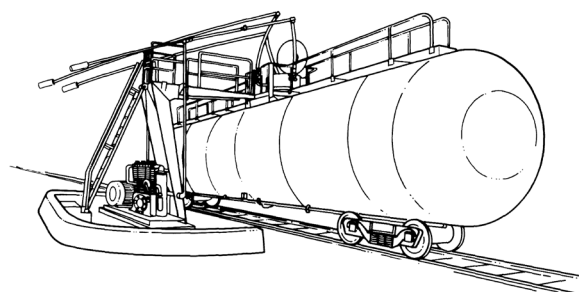
Todos los compresores de GLP de Blackmer deben estar equipados con una válvula de alivio de presión de descarga. Para la mayoría de los servicios de GLP, lo habitual es un ajuste de la válvula de alivio de 250-265 psig (17,2-18,3 bar manométricos). Asegúrese de elegir la válvula de alivio adecuada para el servicio. Las válvulas utilizadas para servicios de GLP, propano o butano suelen ser de latón. Las válvulas de latón no deben utilizarse para servicios de amoníaco anhidro.

Normalmente se deben utilizar filtros de entrada con los compresores. Los espacios libres en el interior del compresor son bastante reducidos y cualquier material extraño que entre en el compresor provocaría rápidamente un desgaste grave, lo que requeriría reparaciones costosas en poco tiempo. Por lo general, una malla de 30 es adecuada. Limpie los filtros con regularidad. La limpieza del filtro es especialmente importante en cualquier sistema nuevo o en sistemas que hayan sido puestos en servicio recientemente.

Minimice las pérdidas en la línea

Aunque el tamaño de las tuberías y los accesorios no es tan crítico como en la succión de una bomba, un sistema bien diseñado funcionará mejor. En general, unas pérdidas de presión más bajas requerirán menos potencia para accionar el compresor y darán lugar a una velocidad de transferencia más rápida. Normalmente, las pérdidas totales del sistema deben ser de unos 20-30 psi (1.5-2 bar). Deben evitarse presiones superiores a 40 psi (3 bar).

La instalación de tuberías o accesorios demasiado pequeños aumentará la presión diferencial del sistema y degradará gravemente su rendimiento. En general, utilice tuberías de mayor diámetro y manténgalas lo más cortas posible. Elimine cualquier accesorio innecesario, especialmente en la línea de líquido, ya que es donde se producirán la mayoría de las pérdidas de presión. Utilice accesorios y válvulas de baja restricción, lo que minimizará las pérdidas de presión, y asegúrese siempre de que todos los elementos del filtro estén limpios.



Minimice las pérdidas de calor

El compresor debe colocarse siempre junto al recipiente que se va a vaciar. Si la longitud de la línea de descarga del compresor es excesiva, se perderá demasiado calor antes de llegar al recipiente que se va a vaciar. Los gases comprimidos calientes comenzarán entonces a condensarse. Cualquier gas que se condense de nuevo a estado líquido es esencialmente inútil para el proceso de transferencia y el efecto neto es que la tasa de transferencia global disminuirá. Puede ser conveniente aislar las líneas de descarga que sean más largas de lo habitual.

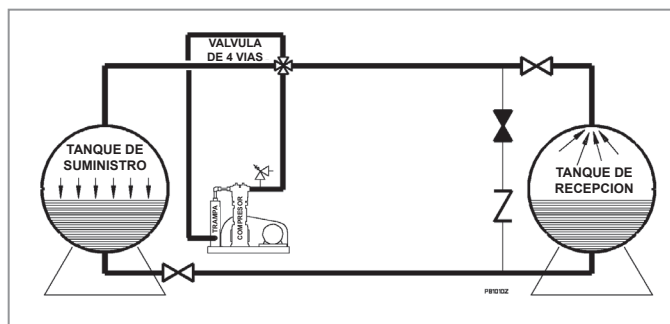


Figura 8

Compresores

Cuidado con el líquido

Permitir que entre líquido en un compresor puede provocar una avería extremadamente costosa. Como se ha mencionado anteriormente, siempre debe utilizarse un colector de líquido con un sistema de compresor de GLP.

Si la distancia entre los dos recipientes es mayor de lo normal, se debe considerar el uso de un separador de líquido más grande. En la mayoría de las instalaciones,

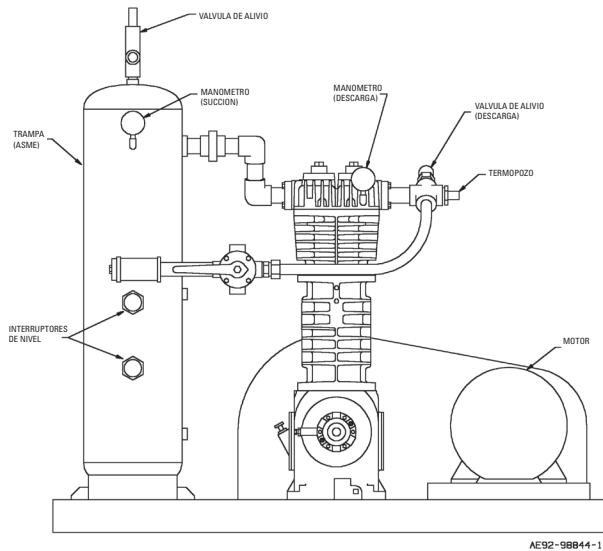


Figura 9

El separador opcional ASME proporcionará un volumen suficiente, aunque en algunos casos puede ser necesario un recipiente aún más .

Siempre que sea posible, coloque el compresor de manera que quede físicamente un poco más alto que la mayor parte de las tuberías utilizadas en el sistema. Esto hará que cualquier líquido que se acumule en las tuberías se drene lejos del compresor.

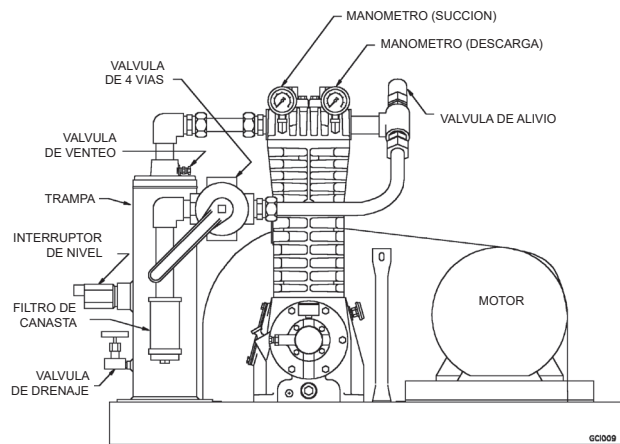


Figura 10

Directrices de instalación

La figura 11 muestra una instalación típica de un compresor. Dado que los compresores Blackmer son dispositivos alternativos en lugar de rotativos, es muy importante contar con una cimentación adecuada para el compresor y un soporte para las tuberías. Se recomienda una profundidad de cimentación de 8 - 10 pulgadas (20 a 25 cm).

La placa base del compresor debe estar bien apoyada en toda su longitud y estar firmemente atornillada a la cimentación de hormigón. Las tuberías que van desde y hacia el compresor deben estar bien apoyadas lo más cerca posible del compresor. Se pueden utilizar conectores flexibles para ayudar a amortiguar cualquier vibración provocada por el compresor.

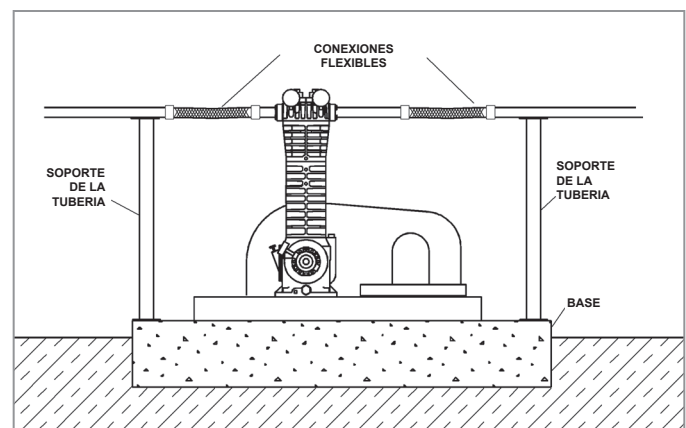


Figura 11

Instalaciones de bombas de propano

Los sistemas de bombeo de camiones cisterna, camiones de transporte o plantas de almacenamiento a granel contienen componentes similares: conductos de retorno de vapor, tuberías de derivación y tuberías de succión y descarga que pueden afectar a los caudales de transferencia de líquido. El diseño adecuado de la succión de la bomba es un aspecto que se debe tener en cuenta

Tubo de retorno de vapor

La línea de retorno de vapor desde la parte superior del tanque receptor hasta el tanque de suministro ayuda a mantener la presión en el tanque de suministro y reduce la cantidad de ebullición. Además, al aliviar la presión de vapor en el tanque receptor a medida que el líquido sube en el tanque, se igualan las presiones en ambos tanques y se reduce la presión diferencial a través de la bomba. En consecuencia, la bomba puede suministrar más producto a presiones diferenciales más bajas.

El efecto de esta vaporización puede demostrarse en un camión cisterna acoplando la manguera al depósito de suministro y recirculando el líquido. El caudal durante la recirculación es siempre mayor que durante el trasvase a otro depósito, ya que la presión en el depósito de suministro no desciende. La reducción del caudal indicará la cantidad de vaporización que se ha producido en el depósito y en la línea de entrada.

La vaporización en la tubería de aspiración impone un límite bastante estricto al caudal máximo de suministro cuando no se utiliza una tubería de retorno de vapor. Este límite es de aproximadamente entre el 2 % y el 2^{1/2} % de la capacidad del depósito por minuto, aunque variará ligeramente en función de la temperatura del líquido y del ambiente, así como de las restricciones de la tubería de aspiración.

Por ejemplo, un depósito de 1,000 galones (3,785 litros) tendrá un caudal máximo de extracción limitado a

en cualquier instalación de propano y resulta especialmente crítico para las bombas de velocidad variable, el bombeo subterráneo y el bombeo en climas fríos.

25 gpm (95 l/min). Aumentar la velocidad de la bomba o utilizar una bomba más grande tendrá poco o ningún efecto una vez que se haya alcanzado este límite.

Con bastante frecuencia, las líneas de retorno de vapor son demasiado pequeñas para ser eficaces. Para comprobar la eficiencia de las líneas de retorno existentes, observe el manómetro del tanque de suministro durante una entrega. Si muestra una caída de más de dos o tres psi, la vaporización puede estar afectando gravemente al caudal de suministro. Una comprobación más exacta consistiría en cronometrar el caudal de suministro durante el primer minuto de bombeo con un cronómetro, esperar varios minutos y volver a cronometrar el caudal.

La segunda lectura suele ser inferior a la primera.

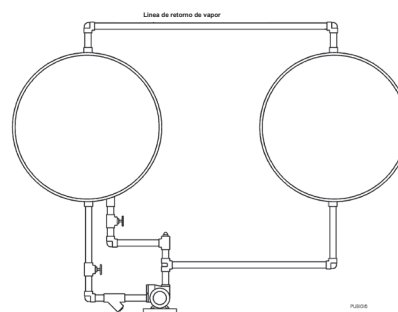


Figura 12

Sistema de tuberías de recirculación derivación

Todas las instalaciones de bombas deben estar equipadas con una línea de recirculación que vuelva al depósito de suministro. Todas las bombas PD suministran un volumen fijo de fluido con cada revolución. Por lo tanto, se deben tomar medidas para desviar cualquier exceso de caudal de vuelta al depósito.

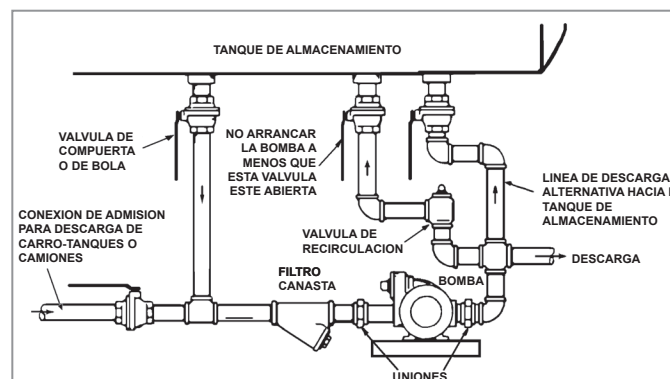
Si no hay un sistema de tuberías de recirculación, el fluido recirculará dentro de la bomba. El líquido que recircula en la bomba se calentará rápidamente y se vaporizará. La bomba puede funcionar completamente en seco, lo que reducirá en gran medida la vida útil de las paletas y las juntas.

Una línea de recirculación conectada a la línea de succión tendrá el mismo efecto. Una línea de recirculación de retorno al depósito amplía el circuito de recirculación, lo que permite que el líquido recirculado se enfríe. La línea de recirculación de retorno al depósito puede ir bien al fondo del depósito, a la sección de líquido, o a la parte superior del depósito.

Ajuste la válvula de derivación al menos 25 psi (1.7 bar) por debajo del ajuste de la válvula de alivio interna de la bomba. Esto garantizará que la válvula de recirculación externa se abra primero. La válvula de alivio interna de la bomba solo debe abrirse como dispositivo de protección final del sistema.

La válvula de alivio interna de la bomba retorna el fluido de descarga hacia a la entrada de la bomba, lo que provocará un rápido desgaste de la misma si se utiliza en exceso.

La línea de "Descarga alternativa hacia el tanque de almacenamiento" y la válvula manual pueden utilizarse para descargar medios de transporte sin bombas el tanque de almacenamiento. La válvula manual de esta línea debe permanecer cerrada durante todas las demás operaciones de transferencia.



Instalaciones de bombas de propano

Tubería de la línea de succión

Una de las consideraciones más importantes para una instalación adecuada es la tubería de la línea de succión. Una línea de succión correctamente diseñada minimizará la formación de vapor al limitar las restricciones de la línea y evitar la formación de bolsas de vapor.

Dada la tendencia del GLP líquido a vaporizarse, el diseño de la tubería de admisión desempeña un papel fundamental en la eficiencia de todo sistema. Los párrafos siguientes describen algunas buenas prácticas de diseño para las instalaciones de tuberías de succión de GLP. El cumplimiento de estas directrices contribuirá a prolongar la vida útil de la bomba.

- a) La tubería de entrada desde el depósito hasta la bomba debe ser lo más corta posible.
- b) La bomba debe estar siempre a un nivel inferior al nivel más bajo de líquido en el depósito.
- c) En aplicaciones estacionarias, el depósito de almacenamiento debe proteger la bomba y la tubería de entrada del calor del sol. Además, las tuberías de succión deben pintarse de blanco o plateado para reducir la absorción de calor radiante.
- d) Las pérdidas de presión en la línea de succión deben ser inferiores a 2 psi (0.14 bar). Para minimizar las pérdidas de presión en la línea de succión, utilice válvulas y accesorios de baja restricción. Además, son preferibles los codos de radio largo.

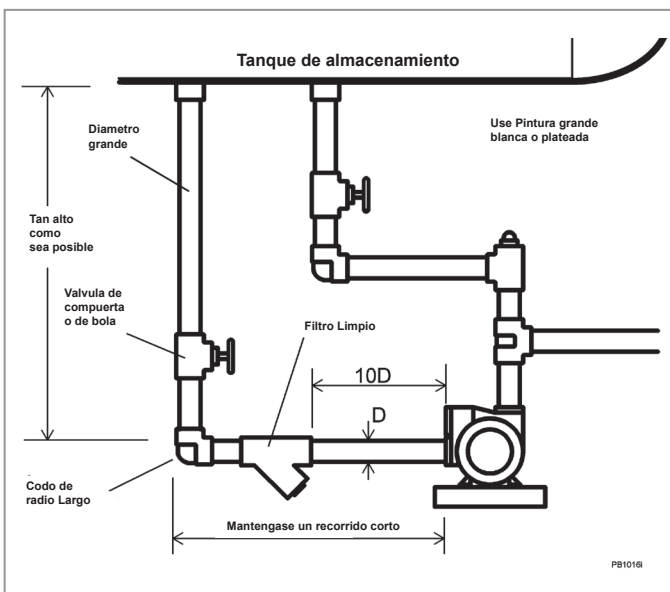


Figura 15

- e) El accesorio o filtro más cercano debe estar situado a una distancia mínima de 10 diámetros de tubería desde la entrada de la bomba.

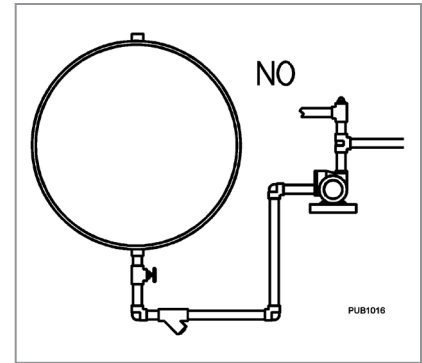


Figura 14

- f) Compruebe y limpie los filtros de entrada con regularidad.
- g) Utilice reductores excéntricos con la parte plana hacia arriba.
- h) Deben evitarse las tuberías de aspiración largas, incluso cuando son tan grandes que prácticamente no tienen pérdidas por fricción. Por la noche o en climas fríos, el líquido se enfriará. Luego, a medida que el día se calienta o la luz del sol incide sobre las tuberías, el líquido frío se calentará, provocando que parte del líquido se vaporice. Este vapor reducirá el caudal de la bomba y aumentará el ruido y la vibración. Para minimizar este problema, las tuberías de admisión deben tener una pendiente ascendente hacia el tanque de suministro, de modo que los vapores puedan fluir de vuelta al tanque.
- i) Evite los bucles de tubería ascendentes y descendentes donde puedan acumularse los vapores.

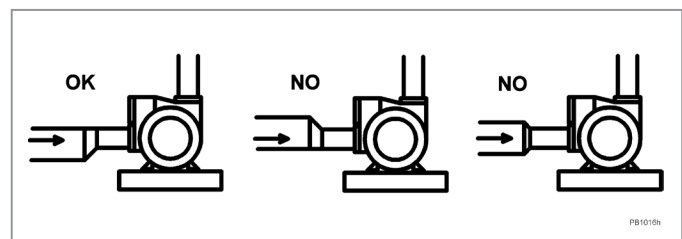


Figura 16

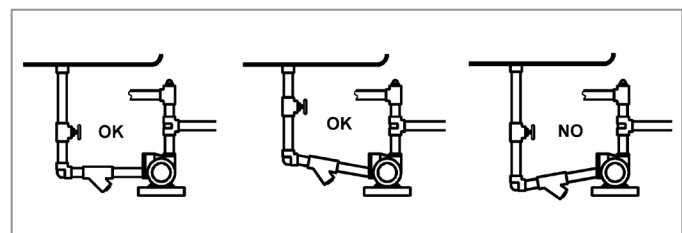


Figura 17

Altura Neta de Succión Positiva

La altura neta de succión positiva requerida (NPSHR) es la presión mínima necesaria en la entrada de la bomba para evitar una cavitación excesiva. La altura neta de succión positiva disponible (NPSHA) debe ser mayor que la requerida (NPSHR) para evitar que la presión en algunas zonas del área de succión de la bomba caiga por debajo de la presión de vapor del líquido. Si la presión de entrada es inferior a la presión de vapor, se formarán burbujas en el líquido. A medida que las burbujas se desplazan a través de la cámara de bombeo hacia la zona de mayor presión de descarga, estas colapsarán. El colapso de las burbujas de vapor provoca picos de presión, lo que da lugar a ruido, vibraciones y daños en el equipo.

Además, las burbujas de vapor reducen la capacidad de la bomba, ya que el volumen de la cámara de bombeo se llena de una mezcla de vapor y líquido. Las burbujas de vapor ocuparán un volumen que, en condiciones normales, está lleno de líquido. Aunque las bombas PD son menos susceptibles al bloqueo por vapor que las bombas centrífugas, en condiciones severas, las bombas PD también pueden sufrir bloqueo por vapor.

El NPSH se convierte en una preocupación mayor en ciertas aplicaciones, como el bombeo desde un tanque subterráneo, el bombeo en climas fríos y el funcionamiento de una bomba a la velocidad del motor.

Todas las aplicaciones típicas de transferencia de propano funcionan con cierto grado de vapor en la línea de succión. Como se observa en una entrega con camión cisterna, la bomba proporcionará un mayor caudal cuando recircula al tanque de suministro en lugar de suministrar a un cilindro. Este caudal reducido se debe al aumento de la cantidad de vapor en la línea de aspiración durante la operación de

suministro. A medida que desciende el nivel de líquido del tanque de suministro, la presión del tanque desciende y el líquido hierve, creando burbujas de vapor. Las burbujas de vapor se desplazan a lo largo de la tubería de entrada hacia la bomba. A medida que el fluido atrapado entre los álabes gira a través de la cámara de bombeo, el fluido de descarga a alta presión colapsa las burbujas de vapor. La implosión de las burbujas de vapor crea el ruido que caracteriza a la cavitación.

El NPSH requerido se determina normalmente con agua a temperatura ambiente según las normas del Instituto Hidráulico. Sin embargo, una instalación típica de GLP funciona con un NPSHA menor que el obtenido en las pruebas con agua. Otros fabricantes de bombas, tanto centrífugas como de desplazamiento positivo, han informado de los mismos resultados.

Estos datos generales se han establecido a partir de años de experiencia con bombas PD para aplicaciones de GLP:

1. Las bombas PD pueden manejar algunos vapores arrastrados sin que ello afecte negativamente a la vida útil de la bomba.
2. Una entrada inundada proporciona suficiente altura de elevación para que una bomba PD funcione.
3. Las bombas que manejan GLP funcionarán con un NPSHA menor que el que se requeriría para el agua.
4. Incluso las bombas con tuberías de succión correctamente diseñadas pueden tener un NPSHA negativo.

Bombeo en climas fríos

Cuando la temperatura ambiente y la temperatura del producto descienden por debajo de los 40°F (4°C), se observa una reducción notable de la capacidad de la bomba. En una instalación situada en una región con clima frío, se debe tener en cuenta esta reducción de capacidad a la hora de seleccionar el tamaño adecuado de la bomba. Como se muestra en la figura 18, el rendimiento de las bombas es significativamente menor en un entorno frío.

Existen varias pautas que pueden minimizar los efectos del bombeo en climas fríos:

1. Evite los accesorios de alta fricción en la entrada, como tes, válvulas de globo, válvulas de tapón, válvulas de ángulo, válvulas de retención y válvulas de bola de puerto estándar.
2. Utilice el menor número posible de accesorios en la tubería de entrada.
3. Utilice una tubería de entrada de un tamaño superior.
4. Instale la bomba lo más abajo posible del depósito de origen.
5. Instale la bomba lo más cerca posible del depósito de origen y evite tramos horizontales largos.

6. Evite los puntos bajos en la tubería de entrada donde puedan acumularse burbujas de vapor.
7. Utilice una bomba de mayor tamaño para compensar la menor eficiencia a bajas temperaturas.
8. Mantenga las presiones de descarga lo más bajas posible utilizando tuberías de retorno de vapor.

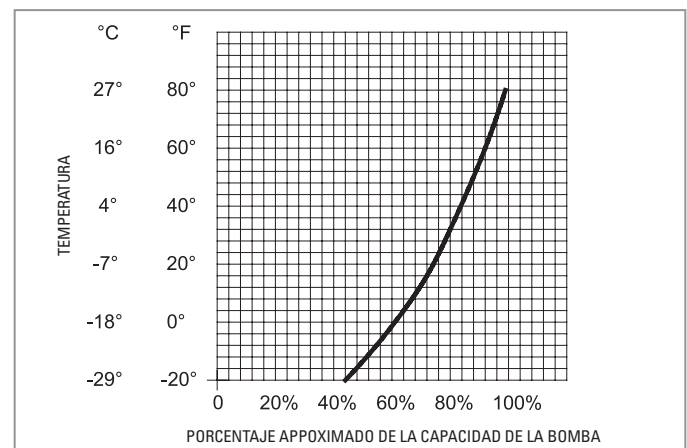


Figura 18

Sistemas de suministro en camiones cisterna

Los camiones bobtail son vehículos utilizados para la distribución local con el fin de llenar los depósitos de uso final. Por lo general, proporcionan un suministro dosificado y cuentan con depósitos de entre 3,000 y 5,000 galones (11,000 a 19,000 litros).



Accionamiento de la bomba

Las bombas de los camiones bobtail suelen accionarse mediante la toma de fuerza a través de un eje intermedio conectado por juntas universales.

Se recomienda utilizar una junta deslizante estriada y bien lubricada para el eje de transmisión. Tenga en cuenta también que los ejes de la toma de fuerza y de la bomba deben estar siempre paralelos, que las horquillas universales en los extremos del eje intermedio deben estar paralelas y en fase, y que la angularidad entre dos ejes adyacentes no debe superar los 15 grados. El incumplimiento de estas recomendaciones provocará un “galope” o un giro irregular del rotor de la bomba, lo que dará lugar a un fallo prematuro de los cojinetes, el eje o las juntas. La figura 19 ilustra el montaje correcto de la línea de transmisión cuando se utilizan juntas universales.

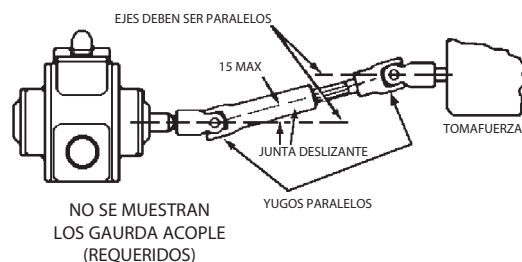


Figura 19

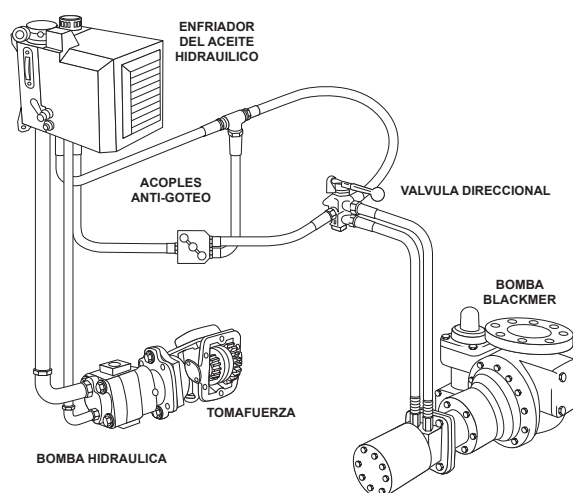


Figura 20

Las unidades de accionamiento hidráulico son cada vez más habituales. Aumentan la vida útil de la bomba al eliminar la carga externa sobre el eje de la bomba, inherente a una toma de fuerza. También proporcionan un control de velocidad más constante y un “arranque suave” de la bomba.

Montaje de la bomba

Existen varios métodos para montar y conectar las bombas en los camiones cisterna. Las figuras 21 y 22 muestran las disposiciones más comunes, ambas con una válvula interna del depósito con capacidad de descarga de exceso de caudal. Es obligatorio el uso de una válvula interna. El Folleto n.º 58 de la NFPA exige que las conexiones de descarga de líquido en los camiones cisterna estén equipadas con válvulas de cierre internas controladas a distancia. Estas pueden estar embridadas al depósito, como se muestra en la figura 21, o roscadas, como en la figura 22. La válvula puede accionarse de varias formas: hidráulicamente, utilizando la presión de descarga de la bomba o un sistema hidráulico de aceite, mediante control por cable o con energía neumática.

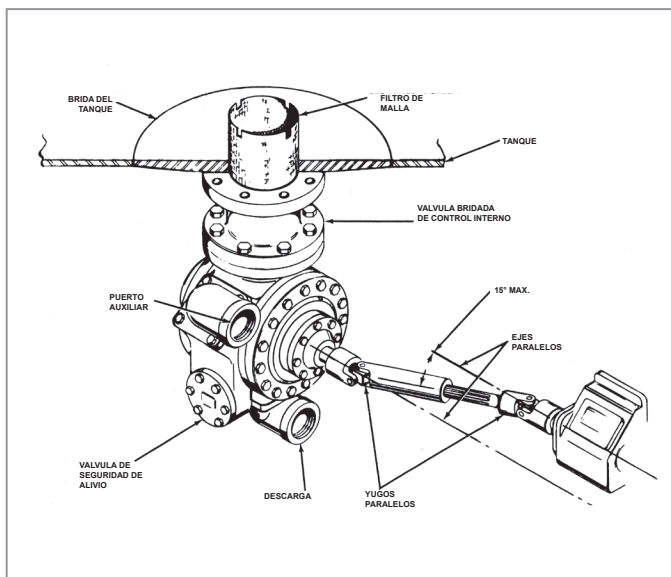


Figura 21

La bomba montada en su brida (Figura 21) ofrece la máxima simplicidad de montaje y presenta la menor restricción de flujo hacia la bomba. Este modelo resulta especialmente útil cuando se requieren caudales de 60 gpm (227 L/min) o superiores.

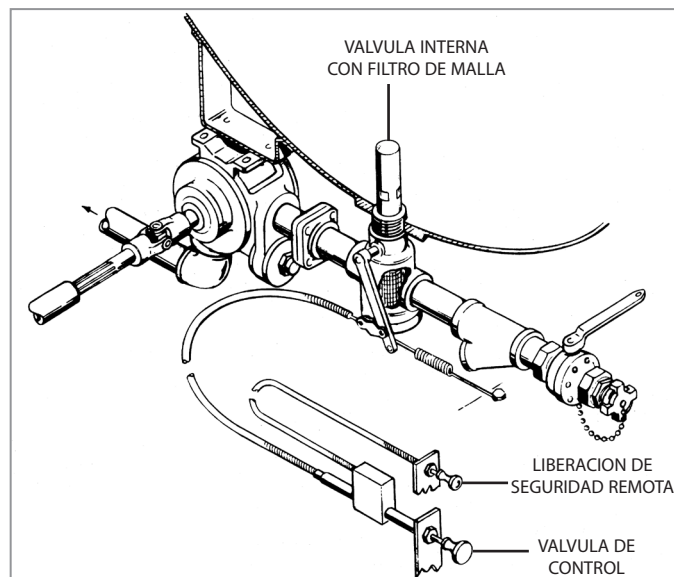


Figura 22

La bomba con montaje en pie (Figura 22) puede montarse sobre una placa soldada al depósito cuando se utiliza una válvula interna con salida lateral. Esto elimina la necesidad de un conector de tubo flexible, que suele ser necesario en las bombas fijadas al chasis. La disposición de montaje en pie requiere el uso de conectores con brida. La válvula interna está equipada con un filtro que debe limpiarse periódicamente.

Sistemas de descarga en camiones cisterna

Sistema típico de tuberías de descarga de un camión cisterna

- | | |
|---|---|
| 1 Conector flexible | 12 Control del embrague |
| 2 Eliminador de vapor | 13 Manguera de suministro de líquido |
| 3 Medidor | 14 Manguera de retorno de vapor |
| 4 Regulador diferencial | 15 Termómetro |
| 5 Válvula de cierre manual | 16 Manómetro con válvula |
| 6 Válvula de derivación | 17 Indicador rotativo de nivel de líquido |
| 7 Tacómetro | 18 Manómetro |
| 8 Control de la toma de fuerza | 19 Válvula antirretorno |
| 9 Control del acelerador | 20 Válvula de exceso de caudal |
| 10 Control de la válvula de salida del depósito | 21 Válvula de compensación de vapor |
| 11 Válvula de alivio hidrostática | 22 Válvula de llenado |

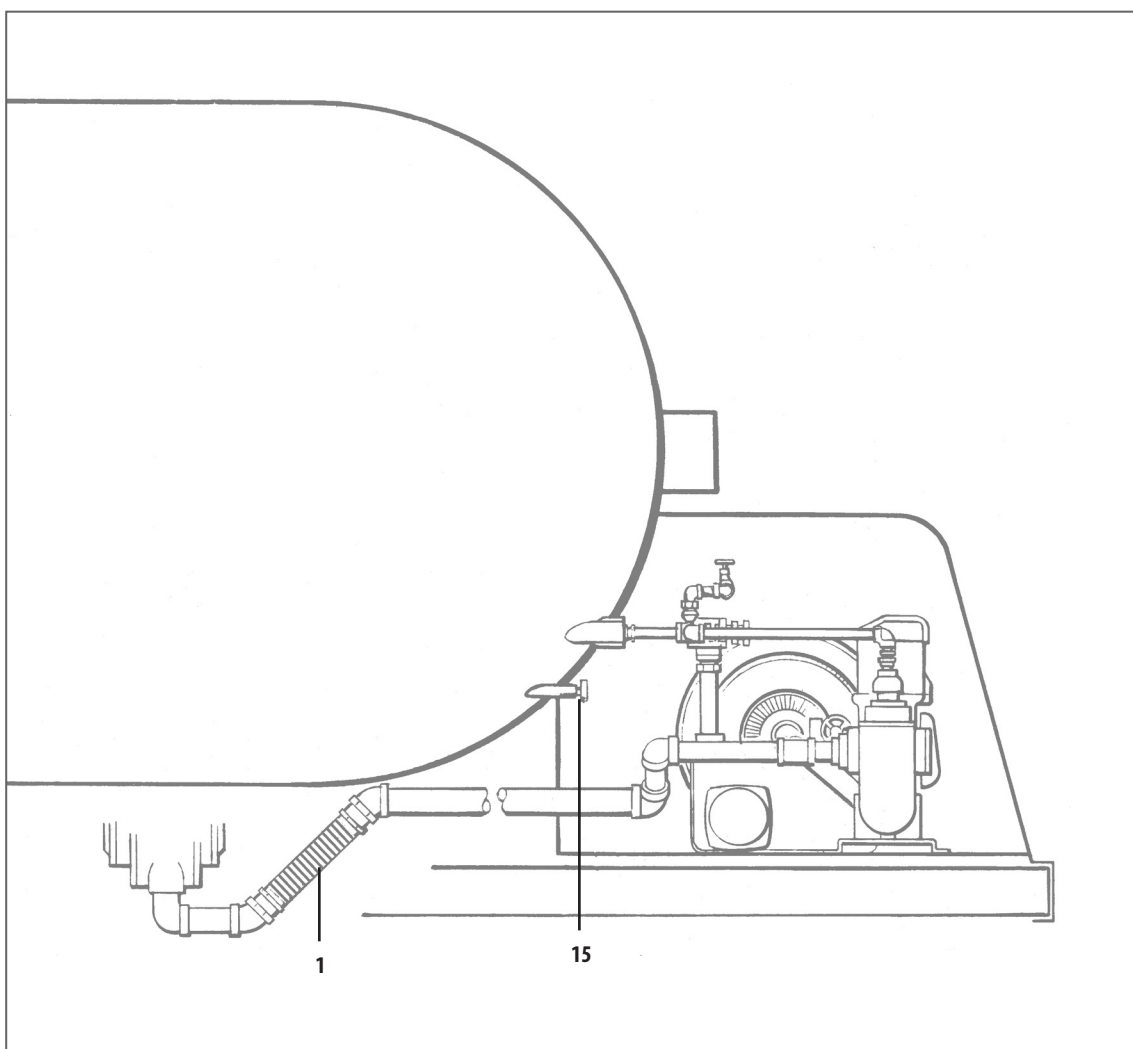


Figura 23

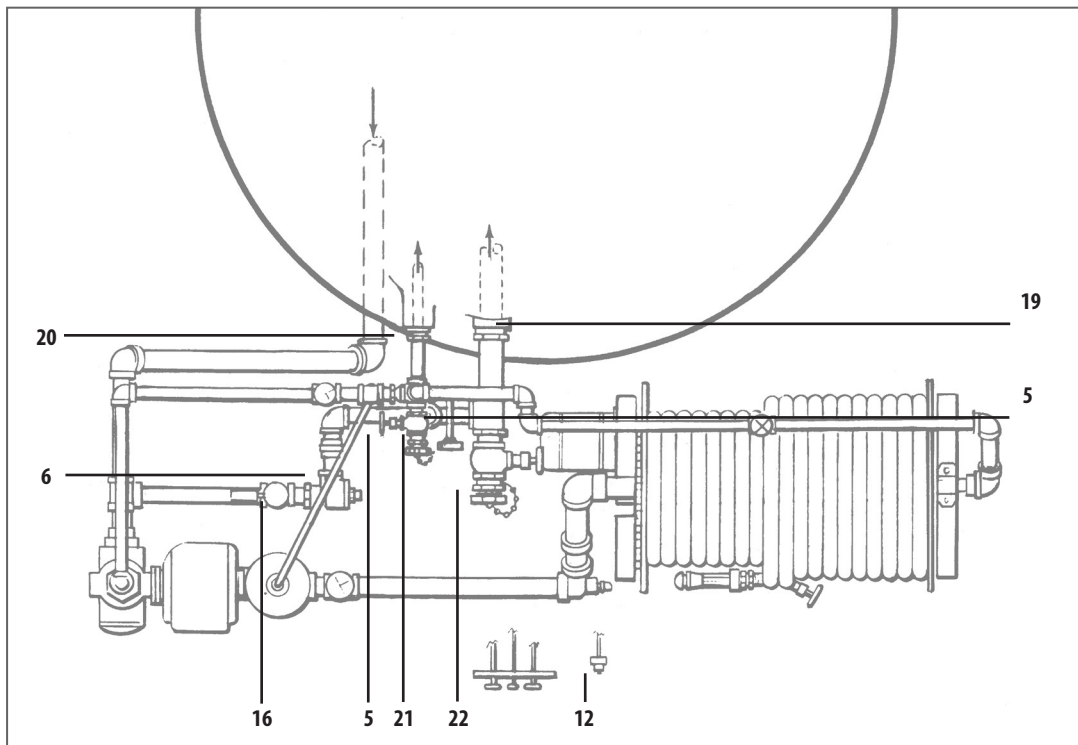


Figura 24

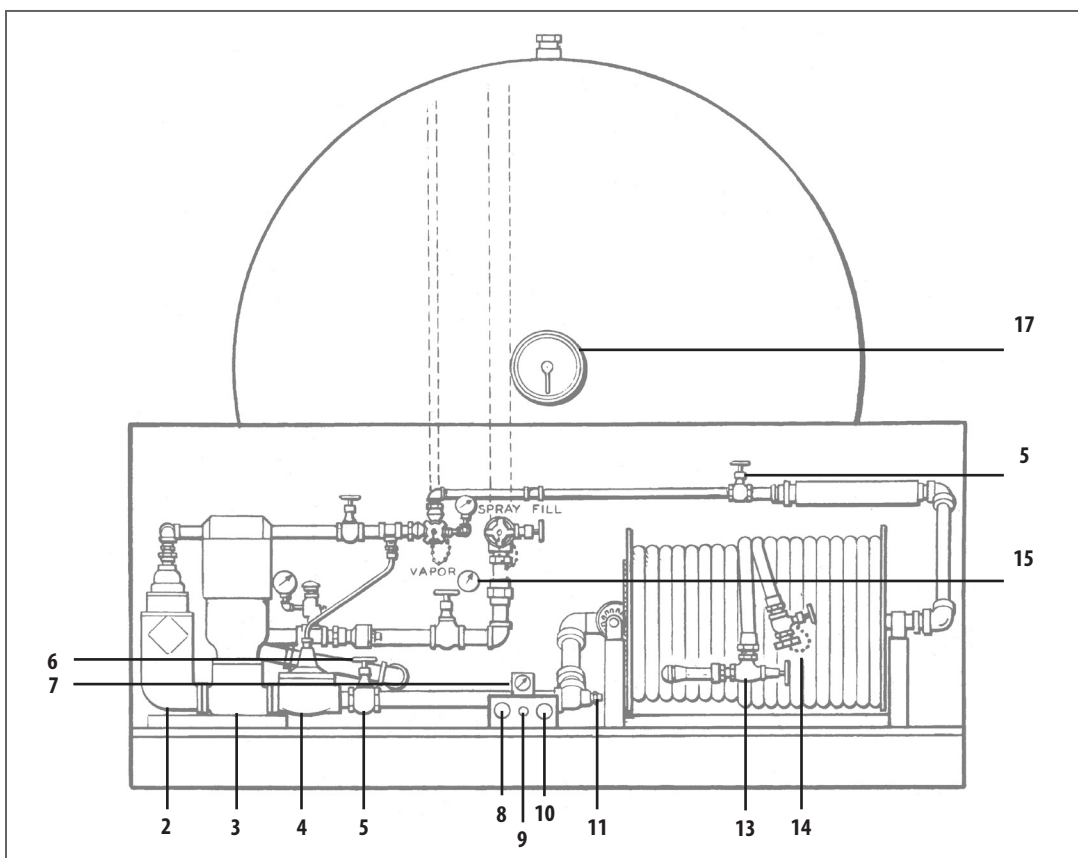


Figura 25

Sistemas de suministro en camiones cisterna

Válvulas de exceso de caudal

Las válvulas de exceso de caudal siguen utilizándose en las conexiones de descarga de líquidos de muchos camiones antiguos. Los caudales de estos camiones antiguos suelen ser inferiores a los de los nuevos, ya que el diseño de sus tuberías de admisión y las válvulas de exceso de caudal ofrecen una restricción del flujo significativamente mayor.

A menudo, estos camiones antiguos pueden mejorarse renovando el sistema de tuberías entre el depósito y la bomba. Las mejoras podrían incluir el uso de tuberías de 3 pulgadas (7.5 cm) en lugar de 2 pulgadas (5.0 cm), la sustitución de la válvula de exceso de caudal por una válvula interna (lo que también elimina la necesidad de un filtro independiente) y la sustitución de las válvulas de globo por válvulas de compuerta o de bola.

Medición de la pérdida de presión

Como se ha explicado anteriormente, casi nada afecta más al caudal a través del sistema de tuberías que las pérdidas por fricción en la línea de admisión. Se puede medir la caída de presión exacta debida a la fricción en cualquier sistema existente. Basta con instalar un manómetro en la abertura roscada de la admisión de la bomba. Con la bomba parada, la presión de entrada de la bomba y la presión del depósito deberían ser iguales, siempre que los manómetros estén correctamente ajustados. Con la bomba funcionando a su capacidad normal, una línea de aspiración bien diseñada no debería permitir una caída de presión total superior a 1 o 2 psi (0,07 a 0,14 bar). Una pérdida superior a esta tendrá un efecto crítico tanto en la capacidad como en la vida útil de la bomba.

Una pérdida de presión elevada en camiones equipados con una válvula interna indica que la válvula no se abre o que el filtro está sucio. También podría indicar que hay obstrucciones ocultas en la válvula dentro del depósito.

El sistema de descarga

La figura 23 muestra un sistema de descarga típico para camiones cisterna sin remolque, con todos los accesorios detallados en el esquema.

Las tuberías de **descarga** pueden ser más pequeñas que las de admisión, ya que la acumulación de presión por parte de la bomba para superar las pérdidas por fricción en una línea de descarga no afecta gravemente a la capacidad de la bomba. En términos generales, un sistema de tuberías de 1 1/4 pulgadas (3.2 cm) es adecuado para caudales de hasta 30-35 gpm (132 L/min) y de 1 1/2 pulgadas (3.8 cm) para caudales de hasta unos 50 gpm (189 L/min).

Se debe utilizar **una unión** en la tubería de descarga junto a las bombas con conexiones roscadas.

El folleto n.º 58 de la NFPA exige un **conector flexible** en la tubería de descarga, que está sujeta a tensiones. Las vibraciones del sistema se amortiguan mediante los conectores flexibles, lo que reduce la carga sobre las fijaciones.

Es absolutamente necesaria **una válvula de derivación** conectada al depósito de alimentación, tal y como se muestra en la figura 26, para obtener el máximo rendimiento de la bomba y una larga vida útil de la bomba. La línea de derivación nunca debe conectarse de nuevo a la línea de aspiración de la bomba. Se recomienda el uso de la válvula de derivación Blackmer de 2 pulgadas (BV 2 con bridas complementarias) en los remolques cisterna para facilitar la instalación y el mantenimiento de las tuberías, así como para aumentar la vida útil de la bomba.

Aunque todas las bombas Blackmer están equipadas con una válvula de alivio interna, estas válvulas están destinadas exclusivamente a la protección en caso de emergencia y no deben utilizarse para la recirculación normal. Si una válvula de derivación se atasca en posición cerrada o si una válvula manual de la línea de derivación se cierra accidentalmente, la válvula de alivio interna de la bomba evita la sobrepresurización del sistema. A veces resulta difícil determinar si el líquido está volviendo a circular a través de la línea independiente de retorno al depósito o si está recirculando a través de la válvula de alivio interna de la bomba.

Una mirilla en la línea de derivación, como se muestra en la Figura 26, resulta útil para determinar el caudal de derivación al ajustar la configuración de la válvula de alivio.

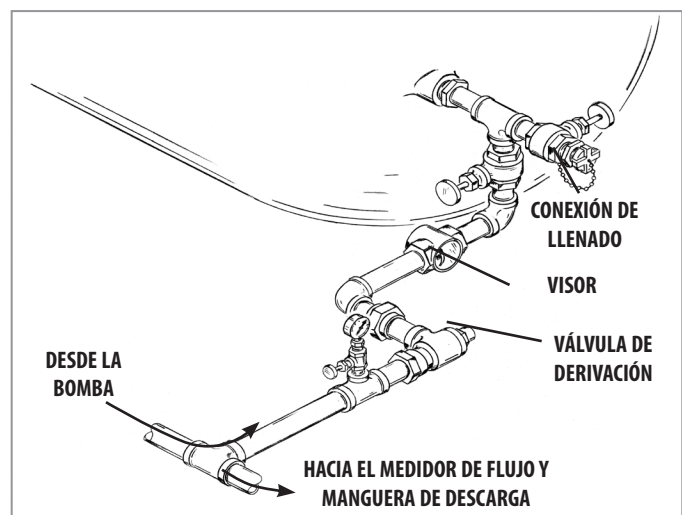


Figura 26

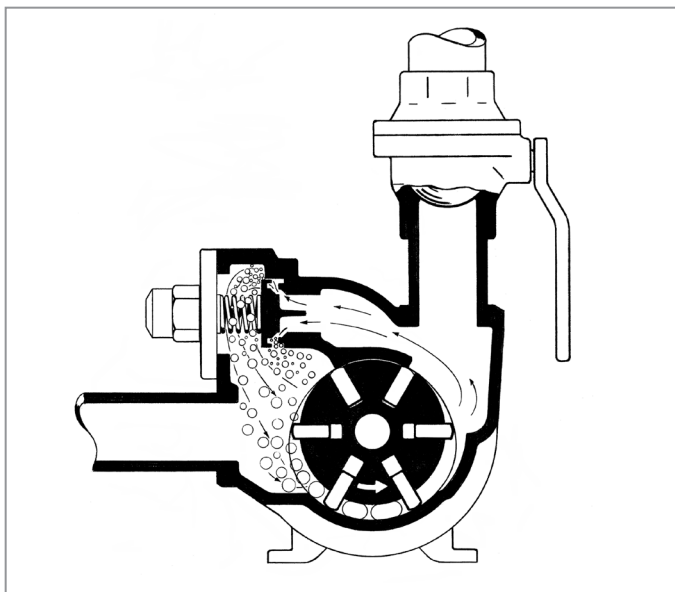


Figura 27

La figura 27 ilustra la formación de vapor cuando el fluido recircula a través de la válvula de alivio interna de la bomba.

Se transforma rápidamente en vapor debido a la turbulencia dentro de la válvula, el calentamiento del líquido y la brusca caída de presión entre la descarga y la entrada de la bomba. La recirculación provoca ruido, vibraciones y un desgaste excesivo dentro de la bomba. Por consiguiente, una válvula de derivación de retorno al depósito es fundamental para una vida útil más larga, funcionamiento sin problemas de la bomba.

Para ajustar la válvula de derivación, compruebe primero el ajuste de presión de la válvula de alivio interna de la bomba. Cierre la línea de derivación independiente y, a continuación, cierre gradualmente el flujo a través de la línea de impulsión mientras observa el manómetro de la descarga de la bomba. El ajuste de la válvula de alivio interna de la bomba es la presión máxima que se muestra en este manómetro. (Una vez que comience la recirculación a través de la válvula de alivio interna de la bomba, la vaporización hará que la presión caiga rápidamente).

La válvula de alivio del sistema debe ajustarse al menos a 25 psi (1,7 bar) por debajo de la lectura de presión máxima de la válvula de alivio interna de la bomba. Para ello, abra tanto la línea de descarga de la bomba como la línea de retorno de derivación, dejando que la recirculación se produzca durante unos minutos para asegurarse de que se hayan purgado todos los vapores de la bomba y las líneas. A continuación, gire el tornillo de ajuste de la válvula de derivación independiente lo suficiente como para asegurarse de que la válvula quede ajustada a un valor inferior al de la válvula de alivio interna de la bomba. Cierre la línea de descarga, lo que hará que el líquido vuelva al depósito de suministro a través de la línea de derivación. Por último, apriete el tornillo de ajuste de la válvula de derivación hasta que se muestre la lectura correcta en el manómetro de presión de descarga de la bomba.

Precaución: Nunca ajuste la válvula de derivación para una presión superior a la presión diferencial nominal de la bomba o superior a la presión diferencial máxima de 125 psi (8,6 bar) recomendada por Underwriters Lab.

Existen varias marcas de válvulas de derivación en el mercado, pero sus características de presión son muy diferentes. Muchas tienden a tener fugas por debajo de la presión necesaria para un suministro normal a pleno caudal, lo que provoca una pérdida de caudal. Algunas de ellas presentan un aumento de presión, denominado "cola", que da lugar a una contrapresión cada vez mayor a medida que aumentan los caudales. A menudo, con un ligero exceso de velocidad de la bomba, la contrapresión hará que se active la válvula de alivio interna de la bomba, lo que provocará una circulación indeseada a través de la válvula de la bomba.

Algunos tipos de válvulas de alivio son sensibles a los residuos del fluido, y las partículas pequeñas tienden a atascar la válvula en posición abierta o cerrada. Las válvulas de derivación que se atascan en posición cerrada, tienen perfiles de presión deficientes o están mal ajustadas son las causas más comunes del rápido desgaste de las paletas de la bomba. La válvula de alivio del sistema Blackmer (Figura 28) es silenciosa y de construcción sencilla, no se atasca y tiene unas características de presión ideales.

Preste especial atención al dimensionamiento de la válvula de derivación y su tubería. Las bombas de los camiones con controles de velocidad imprecisos suelen funcionar a una velocidad excesiva.

Si la línea de derivación o la válvula es demasiado pequeña, el líquido se verá forzado a volver a través de la válvula de alivio interna de la bomba. Utilice al menos una válvula de derivación y tuberías de 1^{1/4} pulgadas en una bomba de 2 pulgadas, y una válvula y tuberías de 1^{1/2} pulgadas en una bomba de 3 pulgadas.

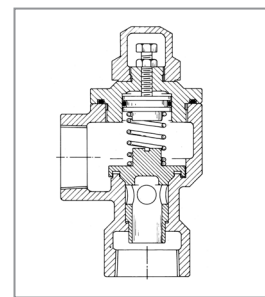


Figura 27

He aquí un método sencillo para verificar la eficiencia de una válvula de alivio externa: con la manguera de suministro cerrada y toda la descarga de la bomba fluyendo a través de la línea de derivación, observe la presión de descarga de la bomba mientras se acelera el motor moderadamente. La válvula de derivación independiente y la línea de derivación deben ser lo suficientemente grandes como para admitir el caudal adicional derivado de una aceleración moderada sin que se produzca un aumento excesivo de la presión.

Es recomendable utilizar un control automático de la velocidad del motor, un tope del acelerador o algún otro dispositivo limitador de velocidad para asegurarse de que la bomba no pueda sobregirarse de forma grave. Si hay un tacómetro del motor, debe estar calibrado para la velocidad correcta de la bomba.

Los medidores deben utilizarse a las capacidades recomendadas por los fabricantes de los mismos. El exceso de velocidad con gases licuados acortará la vida útil del medidor.

Sistemas de suministro en camiones cisterna

La **línea de retorno de vapor** del eliminador de vapor debe tener un diámetro al menos igual al de la abertura de vapor situada en la parte superior del eliminador y no debe contener ningún accesorio que restrinja el libre flujo de vapor de vuelta al depósito.

Si esta línea es demasiado pequeña o demasiado larga, o si hay demasiadas restricciones en la línea, el vapor pasará a través del eliminador y se registrará en el medidor, especialmente cuando el tanque esté casi vacío.

Un **regulador diferencial** (Figura 29) tiene dos funciones. Proporciona contrapresión al medidor y al eliminador de vapor, lo que ayuda al eliminador a devolver los vapores al depósito.

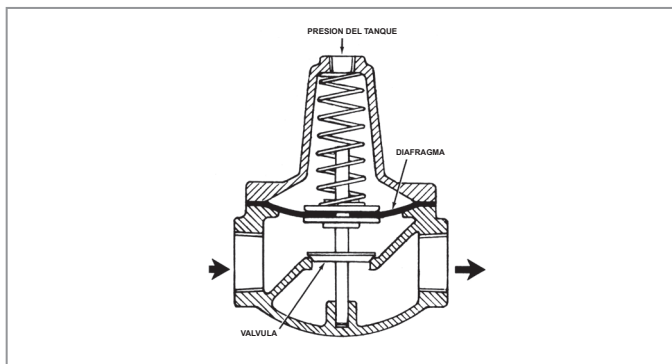


Figura 29

El regulador también actúa como un dispositivo de seguridad adicional, ya que solo se abre cuando la bomba está en funcionamiento. Se han producido accidentes en los que la manguera de suministro se desprendió de un camión en movimiento. Sin embargo, el regulador diferencial bloqueó el flujo, ya que la bomba no estaba en funcionamiento.

La figura 29 explica el principio del regulador diferencial. El área situada por encima del diafragma se mantiene a la presión del depósito, mientras que el área situada por debajo del diafragma se llena de líquido a la presión de descarga de la bomba. Cuando la bomba no está en funcionamiento, estas presiones son idénticas, por lo que el resorte mantiene la válvula cerrada. Pero tan pronto como se pone en marcha la bomba, la presión de descarga aumenta. Esta acumulación de presión supera la fuerza del resorte y abre la válvula. Sin embargo, un diafragma roto o con fugas en el regulador puede restringir o bloquear completamente el flujo.

Las válvulas de alivio hidrostáticas deben instalarse en cualquier sección de la tubería de líquido que pueda quedar bloqueada por válvulas cerradas.

Mayores caudales

Existe una tendencia cada vez mayor a suministrar gas licuado a caudales cada vez mayores. Los camiones más nuevos utilizan bombas, tuberías, mangueras y accesorios de mayor tamaño. Los camiones más antiguos pueden modernizarse para mejorar el suministro, normalmente instalando una línea de admisión más grande. Sin embargo, la instalación de una bomba más grande o de una línea de admisión más grande puede no aumentar

el caudal en absoluto; el caudal podría verse limitado por el tamaño del depósito de suministro, las restricciones en la línea de descarga o la restricción de los depósitos receptores. Si la bomba ha estado funcionando a su presión diferencial máxima nominal, un suministro más rápido con la misma bomba solo se puede lograr mediante modificaciones en el sistema de descarga que reduzcan la caída de presión. En ningún caso se debe hacer funcionar la bomba por encima de su presión diferencial nominal.

La mayor restricción en un sistema de suministro suele ser la manguera y la válvula de llenado del depósito receptor, aunque actualmente existen válvulas de llenado más modernas que permiten caudales mucho mayores. Es comprensible que los conductores prefieran utilizar una manguera ligera y de menor diámetro. Sin embargo, para alcanzar caudales de suministro de 50 gpm (189 L/min) o más, es necesario utilizar una manguera de al menos 1 pulgada (2.5 cm).

Solución de problemas

No se suministra el producto

En los camiones equipados con válvulas internas accionadas por palanca, cuando la palanca se mueve a la posición de apertura, la válvula de exceso de caudal puede permanecer cerrada si la presión en el lado de la bomba es inferior a la del depósito. Una fuga en el sistema de tuberías reducirá la presión. Además, poner la bomba en marcha antes de abrir la válvula a veces impedirá que la válvula de exceso de caudal se abra. En este caso, el conductor debe esperar hasta que la presión se iguale. Esto se consigue mediante un orificio en la válvula, que permite que el fluido se purgue lentamente a través de la misma. Intentar accionar manualmente la válvula a la posición de apertura también ayudará a resolver la situación.

Baja capacidad

Si el caudal de bombeo no es tan rápido como debería, el operador suele sospechar que hay algún problema con la bomba. Con demasiada frecuencia, intentará compensarlo aumentando la velocidad, lo que solo provoca que se desvíe más líquido. En lugar de aumentar el caudal, esto solo dañará la bomba.

En la gran mayoría de estos casos, el problema se encuentra en el sistema, no en la bomba. Los manómetros en la entrada y la salida de la bomba, así como en la válvula de derivación, pueden ayudar a localizar el problema. Basándose en las lecturas de presión, deben analizarse cuidadosamente los accesorios y válvulas de la sección problemática.

Tenga en cuenta que los caudales serán más lentos al bombear butano que propano. También serán más lentos cuando hace frío. Como se ha mencionado anteriormente, los caudales serán más lentos al bombear sin una línea de retorno de vapor que con una.

En camiones más antiguos que antes disfrutaban de buenos caudales, una disminución gradual podría deberse al desgaste de la bomba. Las bombas desgastadas suelen ser más ruidosas que las nuevas.

Para diagnosticar un sistema, instale manómetros en las conexiones de entrada y salida de la bomba. Estas conexiones son orificios roscados para manómetros que suelen encontrarse cerca o en la válvula de alivio interna. Para evitar variaciones causadas por la ebullición en el depósito de suministro y la acumulación de presión en el depósito receptor, realice todas las pruebas mientras recircula el líquido de vuelta al mismo depósito. Antes de poner en marcha la bomba, compruebe la diferencia entre las lecturas de los manómetros y el manómetro del depósito. Haga funcionar la bomba a velocidad normal.

Caso A: Si la presión de entrada de la bomba disminuye más de 2-3 psi (0.14 - 0.21 bar), la vaporización en la línea reducirá considerablemente el caudal. Compruebe la válvula interna para ver si se abre completamente. Una válvula interna puede no abrirse por completo por varias razones: tiempo de ecualización insuficiente, piezas internas rotas o un dimensionamiento insuficiente de la válvula de exceso de caudal. Una válvula de exceso de caudal de tamaño insuficiente tenderá a cerrarse prematuramente. Además, inspeccione el filtro y límpielo si es necesario.

Una válvula de tipo Rego Flowmatic requiere aproximadamente 20 psi (1,38 bar) de presión diferencial para activarse. Si la bomba funciona demasiado lenta o la válvula de derivación está atascada en la posición abierta, la bomba no generará suficiente presión diferencial para activar la válvula.

Caso B: Si la presión de descarga de la bomba solo aumenta ligeramente, lo más probable es que el problema esté relacionado con la válvula de derivación o con la bomba.

Una posible causa del bajo caudal es la pérdida a través de la línea de derivación de retorno al depósito, ya sea porque la

válvula de derivación independiente está ajustada a un valor demasiado bajo o porque la válvula de derivación tiene fugas. Para determinar si este es el problema, cierre la válvula manual de la línea de derivación mientras se realiza el suministro. Si la presión y el caudal aumentan, la válvula de derivación es la causante del problema.

Para determinar el ajuste de la válvula de derivación, siga el procedimiento descrito en el apartado «Válvula de derivación». Si tanto la válvula de alivio interna de la bomba como la válvula de derivación independiente están correctamente ajustadas, pero aún así no puede encontrar el problema, la causa podría ser un desgaste excesivo de la bomba. Mientras recircula a través de la manguera de suministro con la bomba funcionando a velocidad normal, compare el caudal de la bomba con el valor nominal del catálogo. Si es demasiado bajo, compruebe el desgaste de las piezas móviles de la bomba, en particular las paletas.

Sin embargo, si comprueba que la válvula de derivación independiente está ajustada correctamente y que la presión de descarga durante la recirculación a través de la manguera de impulsión es tan alta como el ajuste de la válvula de derivación, entonces hay demasiada restricción en el sistema de descarga para permitir caudales más altos.

Caso C: Si la presión de descarga de la bomba aumenta considerablemente, es muy probable que el problema se encuentre aguas abajo de la bomba. Compruebe si hay un medidor dañado, una válvula diferencial, un eliminador de vapor, un filtro del medidor obstruido o una restricción en la tubería de descarga de la bomba, es decir, una válvula parcialmente cerrada.

Solución de problemas de la bomba

Desgaste excesivo de las paletas

La vida útil de las paletas de la bomba puede variar mucho, dependiendo de las condiciones de funcionamiento. Un desgaste inusualmente rápido de las paletas es un indicador de un diseño deficiente del sistema, un ajuste incorrecto de la válvula de derivación, una válvula de derivación atascada, un exceso de velocidad de la bomba o un uso indebido grave.

Un juego de paletas debería bombear entre 1 y 2 millones de galones (3.8 a 7.6 millones de litros) o más en condiciones de servicio normales. Por supuesto, un camión que opera en dos o tres turnos diarios someterá a las paletas de la bomba a un mayor desgaste que un camión que opera en un solo turno.

La causa más frecuente del desgaste de las paletas es el exceso de velocidad de la bomba, la sobrepresión y el funcionamiento en seco. Retire la válvula de alivio interna de la bomba y examínela. Si su superficie está brillante y desgastada, significa que el líquido ha estado recirculando a través de ella, lo que ha provocado un desgaste excesivo de las paletas.

Si el sistema carece de filtro o tiene uno demasiado grueso, la suciedad desgastará las paletas dejando marcas gruesas y arañazos y surcos alrededor del revestimiento.

En ocasiones, un conductor se olvida de desactivar la toma de fuerza y se marcha con la bomba en marcha. Esta es una condición de funcionamiento muy severa para la bomba y provocará la fusión de las paletas. La otra razón del rápido desgaste de las paletas es el bombeo de vapores excesivos, normalmente como resultado de una entrada restringida causada por:

1. Un tamaño inadecuado de la tubería.
2. Demasiados codos, tes y otros accesorios.
3. Una línea de succión demasiado larga.
4. Una cesta del filtro sucia, un filtro demasiado pequeño o una malla de la cesta demasiado fina.
5. En las válvulas internas accionadas por palanca, a veces el cable del mando de control en el compartimento del medidor se desliza sobre la palanca, de modo que al tirar del mando la válvula no se abre completamente.
6. En las válvulas de salida internas accionadas por presión, la suciedad puede hacer que se atasquen en una posición parcialmente cerrada.

Sistemas de suministro en camiones cisterna

Solución de problemas de la bomba (continuación)

Fugas en los sellos

La vida útil de un sello es impredecible. La mayoría dura varios años, pero hay muchos factores que pueden acortarla.

Una de las causas son los materiales extraños, como las incrustaciones del depósito, el óxido, la escoria de soldadura o la suciedad. Otras son el funcionamiento de la bomba en seco o el funcionamiento a exceso de velocidad, lo que provoca el sobrecalentamiento de las caras del sello. Esto es perjudicial tanto para los álabes como para los sellos. Cuando la bomba se despresuriza con frecuencia, el calentamiento y enfriamiento alternantes provocan el deterioro de las juntas tóricas de los sellos. Las bombas que funcionan en climas fríos deben lubricarse con grasa para bajas temperaturas. Si el lubricante entra en contacto con los sellos, algunas grasas que se endurecen al congelarse dañarán los componentes del sello.

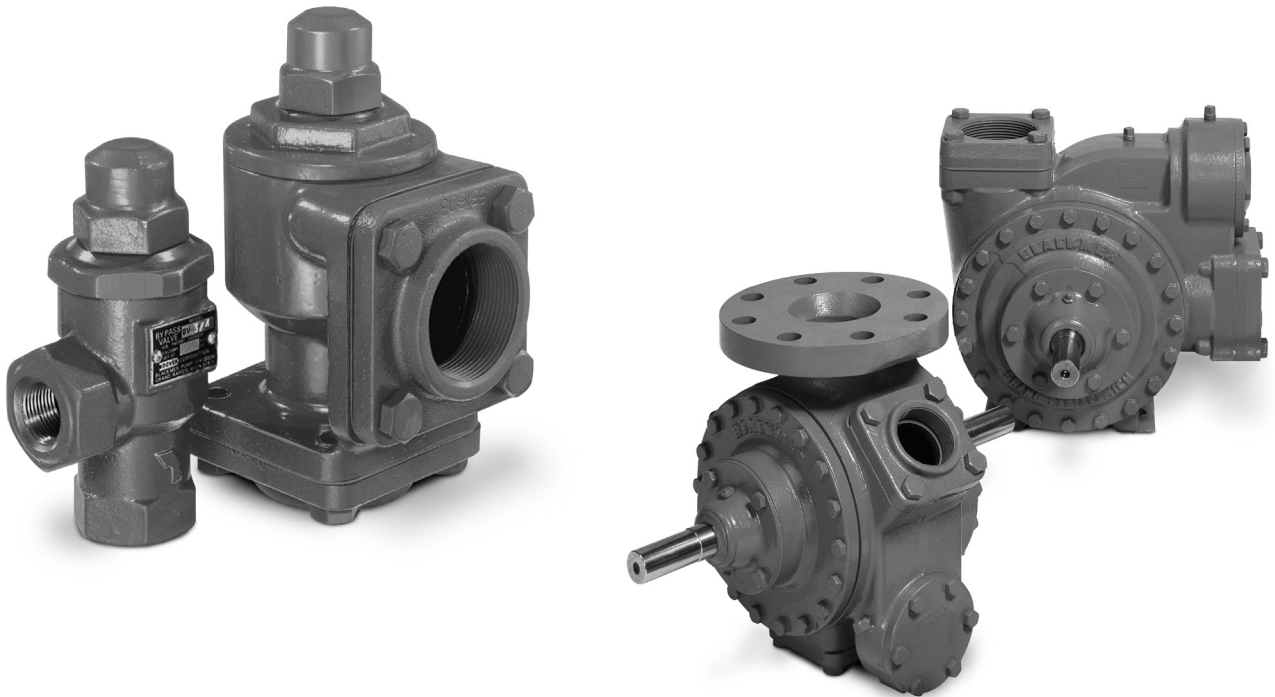
Si la recirculación externa está cerrada, el flujo se recircula a través de la válvula de alivio interna de la bomba. Esto provoca que el líquido se evapore instantáneamente, y los sellos y las juntas tóricas se sobrecalentarán, ya que no hay líquido presente para enfriar la bomba. A veces, las válvulas internas fallan y se cierran sin que se note durante un suministro, o un depósito puede vaciarse por completo sin que el operador se dé cuenta. Si la bomba funciona en seco durante el tiempo suficiente, el calor se acumulará y dañará los sellos mecánicos.

Ruido y vibración

Una de las causas más comunes de ruido y vibración se encuentra en la línea de transmisión desde la toma de fuerza. La figura 21 ilustra la alineación correcta de las juntas universales. Si el eje de la bomba no está paralelo al eje de la toma de fuerza, o si las dos juntas universales están desfasadas, el eje de la bomba girará con un movimiento irregular o a tirones e imprimirá una pulsación intermitente al flujo de líquido.

Si el sistema empieza a producir ruidos y vibraciones de forma repentina, cuando antes no los había, comprueba lo siguiente:

1. Recirculación a través de la válvula de alivio interna de la bomba.
2. Filtro en la succión sucio.
3. Otras obstrucciones en la línea, como el cierre parcial de la válvula de salida.
4. Exceso de velocidad de la bomba.
5. Paletas de la bomba desgastadas.
6. Si la bomba se ha reparado recientemente, la instalación de la camisa de desgaste o de las paletas podrían estar invertidos.



Sistemas de suministro en el transporte

A lo largo de muchos años, la industria del propano ha desarrollado un sistema de transporte progresivo. En sus inicios, el GLP se transportaba únicamente en pequeños contenedores metálicos, comúnmente conocidos como cilindros o botellas. A finales de la década de 1920, se introdujeron vagones cisterna ferroviarios aptos para transportar GLP en grandes volúmenes. Un avance posterior fue el transporte por carretera, que permitió el consumo de gas en volúmenes considerables en zonas muy alejadas de las terminales ferroviarias. A mediados de la década de 1960, los transportes comenzaron a equiparse con sus propias bombas de descarga. Hoy en día, una bomba de descarga o un compresor (véase la sección sobre compresores) es el equipamiento estándar de un medio de transporte.

Las ventajas económicas de las bombas montadas en los medios de transporte se hacen evidentes al comparar los tiempos de descarga. No es raro que las bombas fijas accionadas por motor tarden entre 3 y 4 horas en descargar un medio de transporte de 11,000 galones (41,600 litros). Sin embargo, una bomba de 4 pulgadas montada directamente en el medio de transporte puede realizar la tarea en 35-45 minutos. Pasar menos tiempo en la planta y más en la carretera no solo aumenta la eficiencia del conductor y del camión, sino que también puede suponer una reducción sustancial del número de transportes necesarios en la flota.

A la hora de planificar estas mayores velocidades de descarga, es muy importante que la bomba esté correctamente montada con un sistema de tuberías y mecanismos de accionamiento cuidadosamente diseñados. Igualmente importante es tener en cuenta las tuberías de la planta de almacenamiento a granel donde se va a descargar el camión cisterna. Las tuberías de diámetro pequeño provocarán pérdidas de presión excesivas.

Accionamientos de las bombas

Tradicionalmente, las bombas de transporte han sido accionadas por un eje de toma de fuerza del tractor y se montaban cerca o entre los soportes del tren de aterrizaje o justo delante de las ruedas traseras. Más recientemente, los sistemas de accionamiento hidráulico han ganado popularidad, ya que permiten una mayor flexibilidad en la colocación de la bomba, un mejor control de la velocidad y una mayor vida útil de la bomba.

Un sistema de accionamiento hidráulico típico incluye una toma de fuerza PTO, una bomba hidráulica, un enfriador/controlador, una válvula de control de velocidad, un motor hidráulico y un adaptador de montaje. Los accionamientos hidráulicos utilizan aceite hidráulico para impulsar el equipo giratorio. El enfriador protege el sistema durante el arranque en frío, permite el control de encendido/apagado del sistema y proporciona tanto la refrigeración controlada del sistema como la supervisión de la filtración del aceite. La válvula de control de velocidad proporciona protección contra el exceso de velocidad, y los adaptadores del motor hidráulico proporcionan conexiones de acoplamiento cercano entre la bomba y el motor hidráulico.

También hay disponibles kits de adaptadores para motores hidráulicos que se montan fácilmente en las bombas Blackmer.

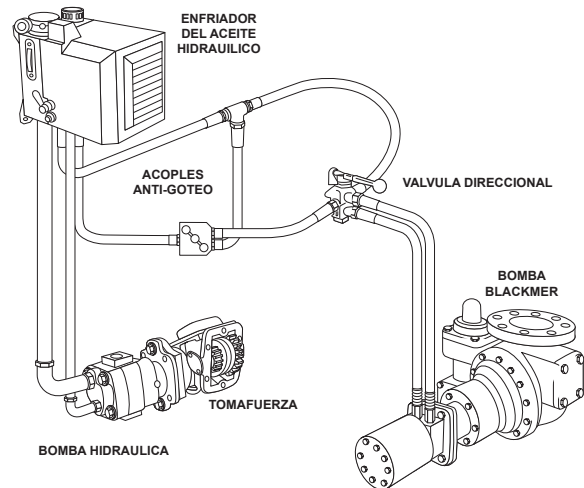


Figura 20

Funcionamiento de la bomba y la válvula

La bomba de transporte de 4 pulgadas montada en brida (Figura 30) requiere una válvula interna. Hay dos tipos de válvulas habituales. Una es una válvula interna accionada por palanca con protección contra exceso de caudal, fabricada por Fisher. La otra es la válvula Rego Flowmatic, que funciona por presión y permanece cerrada hasta que se abre por la presión diferencial. Por lo general, es necesario poner en marcha la bomba con la descarga cerrada para accionar la válvula Rego. En invierno, el tanque receptor a veces está más frío que el de transporte. En este caso, la presión de descarga de la bomba puede ser inferior a la de la entrada. En consecuencia, la válvula accionada por presión permanecerá cerrada. En estas condiciones, puede estrangular una válvula manual en la descarga para aumentar la presión, o accionar manualmente la válvula interna.



Sistemas de suministro en los transportes

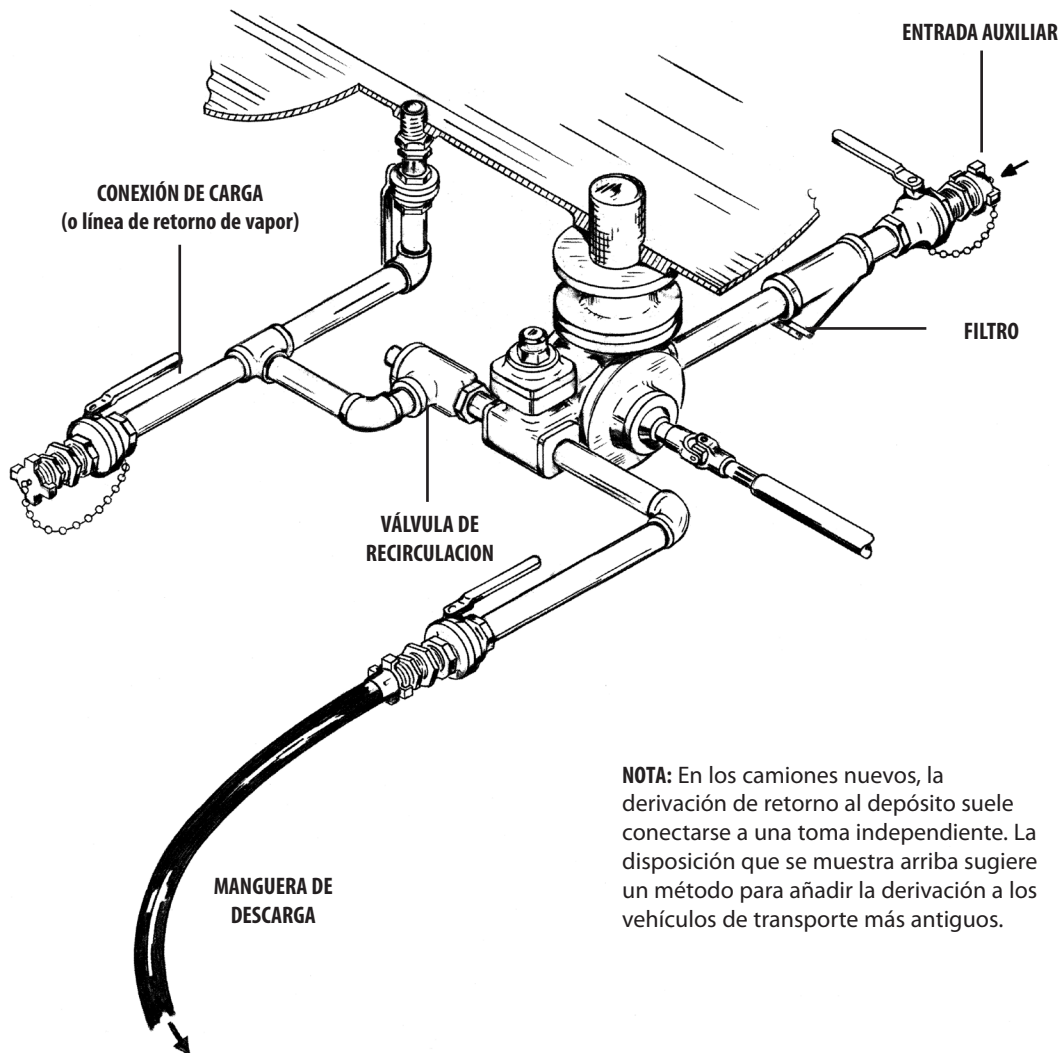
Funcionamiento de la bomba y la válvula (continuación)

La función de una válvula de exceso de caudal montada en el fondo del depósito es cortar el flujo en caso de que una bomba se desprenda de la brida de montaje. Una válvula de exceso de caudal no se cerrará necesariamente en caso de rotura de la tubería aguas abajo de la bomba. Apagar la bomba o desconectar la toma de fuerza no impedirá que el líquido salga del vehículo de transporte. En tal caso, la válvula interna debe cerrarse para evitar que se derrame la carga del transporte. Sucesos recientes han puesto de manifiesto esta limitación y tanto la NPGA como el DOT están trabajando para mejorar la protección contra el exceso de flujo del sistema de transporte.

Válvula de recirculación externa o derivación

La válvula de alivio interna de las bombas Blackmer está ahí para proteger el sistema, no para la recirculación continua durante el funcionamiento normal. Al encargar un nuevo camión cisterna, especifique siempre que se suministre una válvula de derivación de 2 pulgadas en una línea de derivación de vuelta al depósito. Aunque supone una inversión adicional muy pequeña en un camión nuevo, reducirá en gran medida los costes de mantenimiento de la bomba y prolongará su vida útil. Esto es especialmente importante si el camión va a realizar entregas a plantas con tuberías largas o restrictivas.

Si un camión cisterna no dispone de derivación y no es viable añadir una, se debe indicar al operador que haga funcionar la bomba a una velocidad lo suficientemente baja como para que la válvula de alivio interna de la bomba no se abra. La recirculación de líquido a través de la válvula de alivio interna de la bomba suele producir un ruido perceptible.



NOTA: En los camiones nuevos, la derivación de retorno al depósito suele conectarse a una toma independiente. La disposición que se muestra arriba sugiere un método para añadir la derivación a los vehículos de transporte más antiguos.

Figura 30

Accionamiento de la bomba

Consulte la Figura 31 y siga estas sencillas reglas para evitar problemas al utilizar ejes intermedios y juntas universales para accionar la bomba desde la toma de fuerza:

1. Utilice siempre el menor número posible de ejes intermedios.
2. Utilice un número par de juntas universales.
3. El eje de la bomba y todos los demás ejes intermedios deben estar paralelos al eje de la toma de fuerza, tanto vertical como horizontalmente.
4. Los ejes intermedios restantes no tienen que estar paralelos con nada, pero no deben superar los 15 grados de angularidad en ninguna junta.
5. Si se utiliza una junta universal para acoplar dos ejes sin angularidad, ignore su presencia; considere los dos ejes como uno solo y omita la junta de la regla n.º 2.
6. Para mantener la transmisión correctamente alineada y equilibrada, el tractor debe estar siempre alineado con el depósito durante la descarga.
7. Se deben instalar protectores en los ejes de la toma de fuerza (PTO) expuestos.

Recuerde siempre que una transmisión inadecuada hará que la bomba «galope» o gire con una rotación irregular y a tirones. Esto provocará una pulsación brusca del líquido a través de las tuberías y mangueras, haciendo que todo el sistema vibre. El incumplimiento de estas recomendaciones dará lugar a fallos prematuros de los cojinetes, los ejes o las juntas.

Una bomba Blackmer de 4 pulgadas necesita un par de aproximadamente 150 ft-lbs (203 N-m) para generar una presión diferencial de 75 psi (5.2 bar). Dado que la mayoría de los modelos de toma de fuerza PTO más comunes tienen una potencia nominal de 150 ft-lbs (203 N-m), se deben diseñar sistemas de descarga que no requieran más de 75 psi (5.2 bar) de presión diferencial en la bomba. Para un rendimiento general óptimo, incluyendo caudales de suministro más rápidos, las tuberías de la planta de almacenamiento deben diseñarse de manera que las presiones diferenciales se mantengan por debajo de 75 psi (5.2 bar) durante la descarga de transporte.

Corrosión por sal

El agua salada puede filtrarse en el propano a través de deshidratadores de cloruro cálcico mal mantenidos o de domos de almacenamiento subterráneos. Las bombas de GLP nunca se diseñaron para bombear salmuera. Tienen poca resistencia a la corrosión. Si aparece el más mínimo rastro de corrosión por agua salada en las bombas u otros equipos del sistema, investigue de inmediato. Localice el origen de la salmuera y corríjalo de inmediato. A continuación, limpie todo el sistema de bombeo y repare cualquier daño. Obviamente, se produciría una situación extremadamente peligrosa si, por ejemplo, las válvulas de alivio se congelaran a causa de esta corrosión por agua salada.

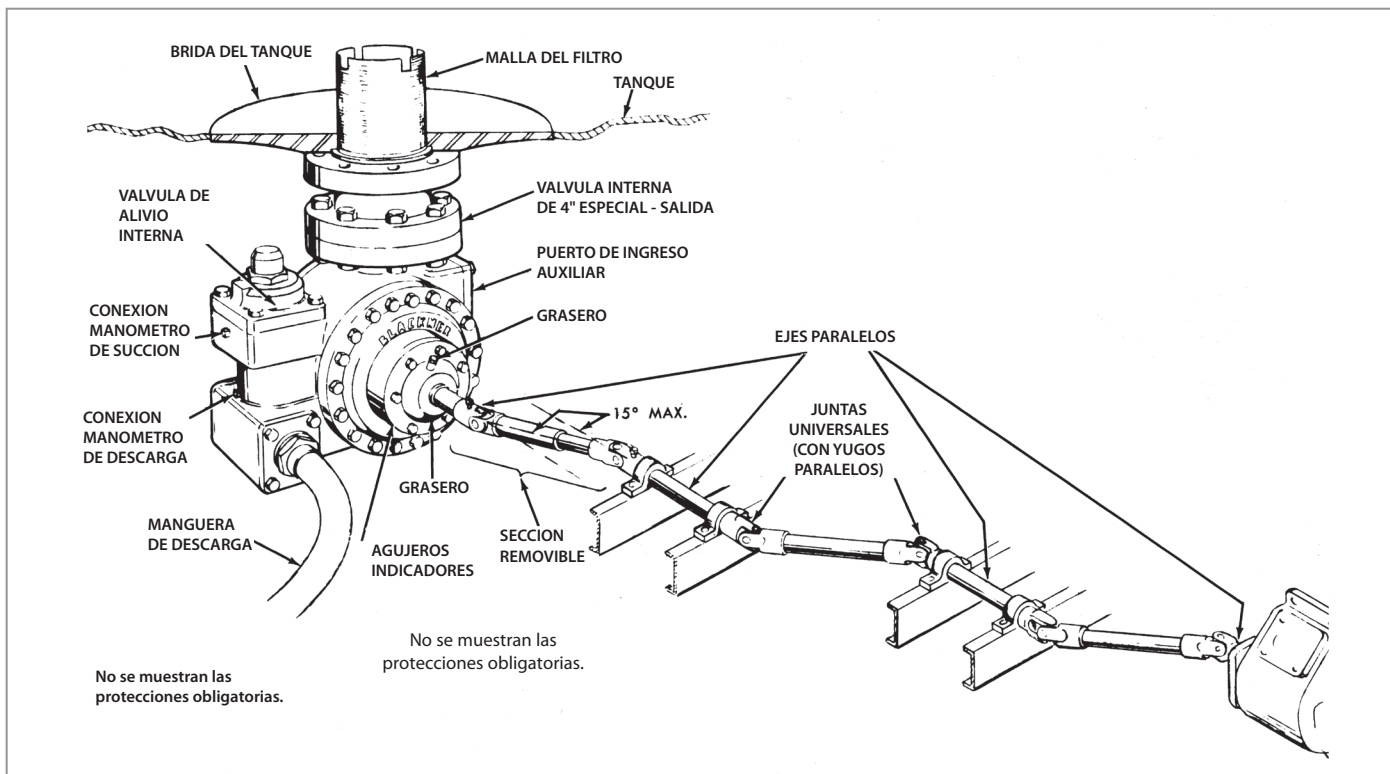


Figura 31

Bombas fijas accionadas por motor

Las bombas accionadas por motor se utilizan para una gran variedad de servicios, desde la descarga de transportes hasta el llenado de botellas y el surtido de combustible a vehículos de motor. En general, todo lo que se ha dicho en las páginas anteriores sobre los camiones cisterna y de transporte se aplica también a las bombas fijas.

Hay una regla importante: mantener la bomba lo más cerca posible del tanque de suministro. Es difícil colocar una bomba fija tan cerca del tanque de suministro como una bomba de camión. Por ese motivo, deben utilizarse tuberías de aspiración más grandes para ayudar a reducir la fricción. La figura 32 muestra la disposición de las tuberías de una planta de almacenamiento a granel típica, en la que se utiliza una sola bomba tanto para el suministro como para la descarga del tanque.

Cuando la bomba fija solo se necesita para descargar el tanque, se ha vuelto cada vez más popular una disposición de bomba montada en brida, como la que se muestra en la Figura 33. Al montar directamente a la válvula interna del tanque, se eliminan la línea de aspiración y prácticamente todos los problemas de vaporización que suelen asociarse a la línea de aspiración. La carga del tanque puede realizarse, si es necesario, a través del puerto de aspiración auxiliar de la bomba, utilizando una bomba fija independiente o la bomba montada en el medio de transporte.

Al descargar los medios de transporte, es importante utilizar mangueras del mayor tamaño posible o varias mangueras.

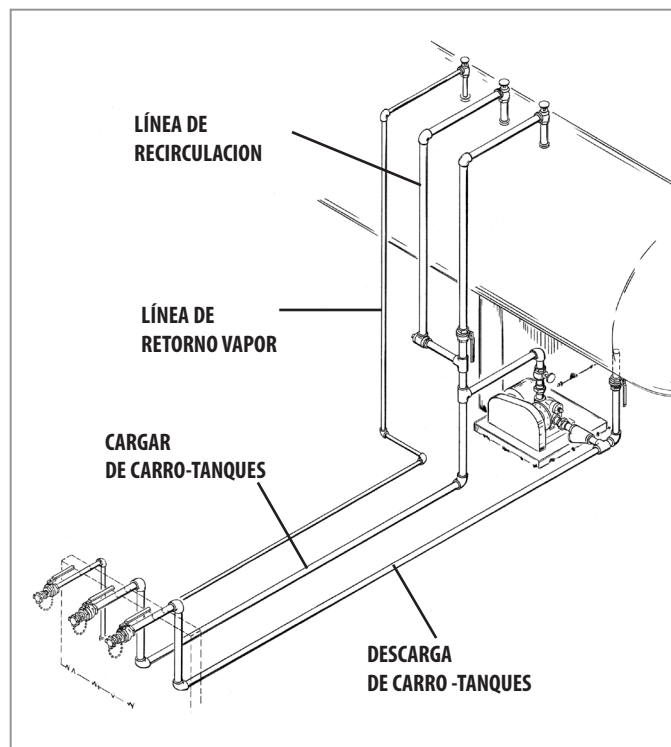


Figura 32

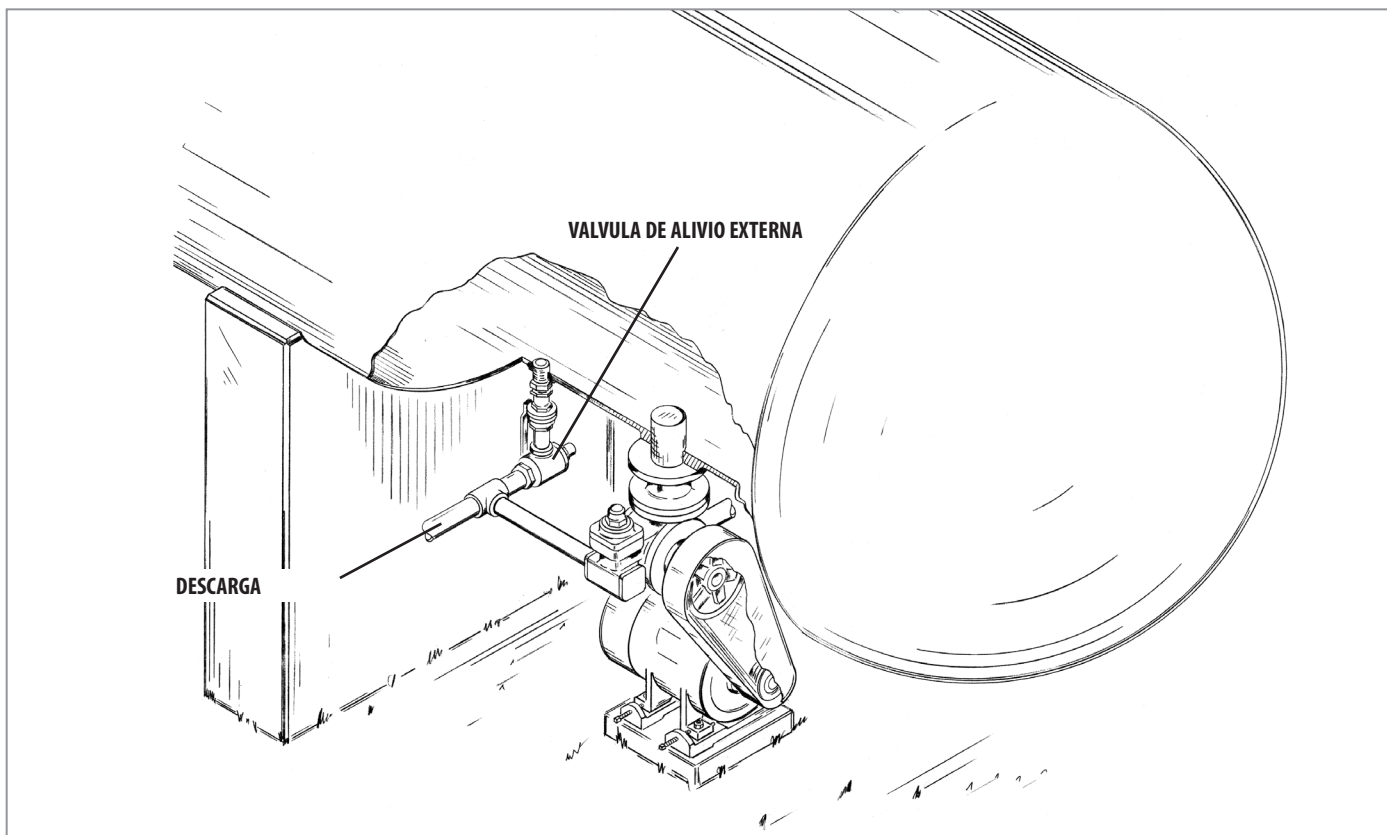


Figura 33

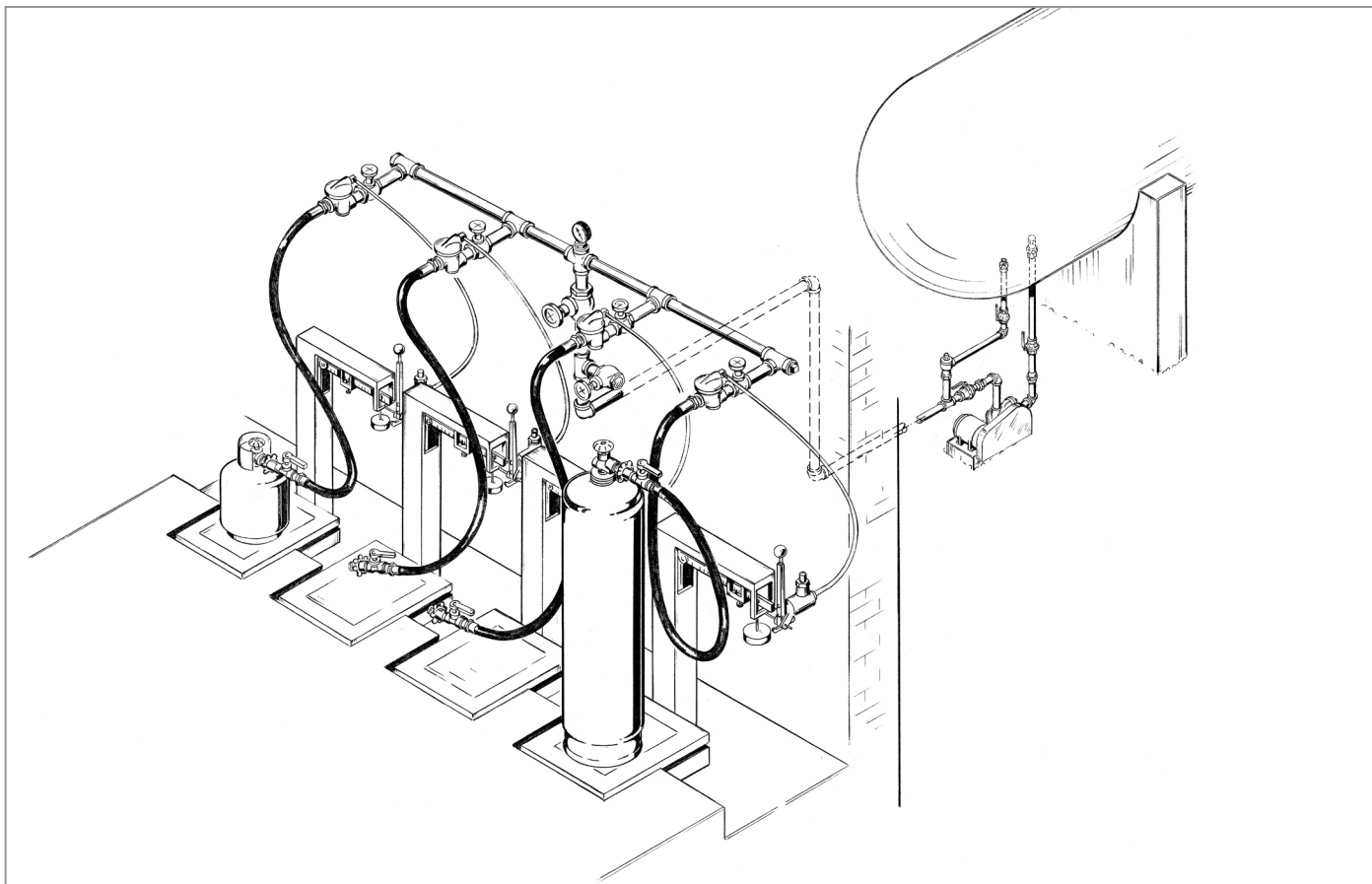


Figura 34

Llenado de botellas

Los cilindros o las botellas suelen llenarse por peso. Para este fin se utilizan ampliamente básculas con válvulas de desconexión automáticas, como las que se muestran en la figura 34. A la hora de seleccionar bombas para el llenado de botellas, utilice esta regla general: se tarda aproximadamente 1^{1/2} minutos en llenar un cilindro de 100 libras (45 kg) a una presión diferencial de 85 psi (5.9 bar). Para llenar una botella cada vez, una bomba montada en motor debería ser suficiente. Para operaciones a mayor escala, el tamaño de la bomba depende del número de botellas que se vayan a llenar a la vez. Una sola persona puede manejar tres puntos de llenado pasando de una báscula a otra sucesivamente. Una bomba de 2 pulgadas y 50 gpm (189 l/min) ha demostrado ser la más popular para una configuración de tres estaciones.

La figura 35 muestra una disposición de uso frecuente para una bomba dispensadora Blackmer utilizada en el llenado de un solo cilindro, como el repostaje de motores. Dado que esta bomba Blackmer montada en el motor cuenta con una válvula combinada de derivación y alivio interno, la línea de derivación sale directamente de un puerto situado en la parte superior de la bomba. Se recomienda un tamaño de línea de derivación de al menos ½ pulgada (1.25 cm) para este tipo de bomba, ya que las líneas más pequeñas restringen excesivamente el caudal.

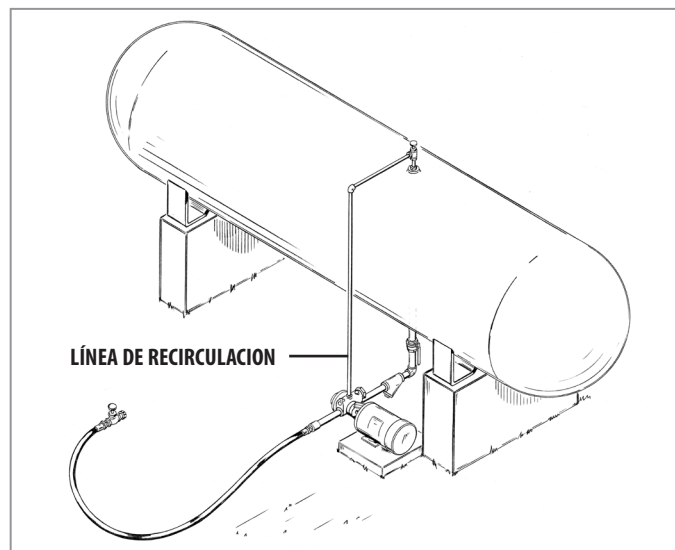
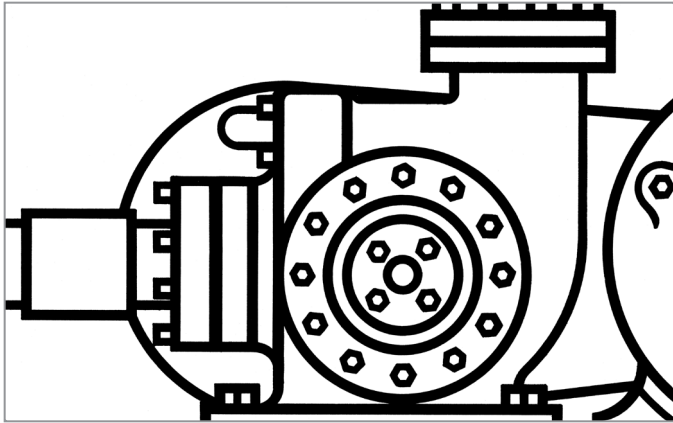


Figura 35

Aplicaciones de vaporizadores y plantas de respaldo



Los usuarios comerciales o industriales de gas natural suelen necesitar una planta de reserva como fuente de energía secundaria. Cuando las cantidades de gas natural son limitadas, a estos clientes se les puede reducir o cortar el suministro habitual durante las temporadas de mayor demanda, o pueden tener que pagar un sobreprecio cuando su consumo supera un nivel predeterminado.

Una planta de reserva de gas LP es la solución para ambas situaciones. Puede proporcionar una fuente de combustible compatible con el gas natural siempre que se interrumpa el servicio existente, o puede funcionar como una planta de reducción de picos para complementar el suministro normal y reducir el coste del gas natural durante los periodos de alta demanda.

Componentes de una planta de reserva

Además de un depósito de suministro de líquido y un tanque de compensación de vapor, una planta de reserva incluye las siguientes categorías de equipos: vaporizadores, mezcladores, bombas, tuberías y válvulas.

Vaporizadores

Las aplicaciones comerciales que utilizan quemadores de gran tamaño, como secadores de grano, secadores de tabaco u hornos industriales, requieren grandes cantidades de vapor. Los vaporizadores emplean calor para acelerar la velocidad normal de vaporización y se utilizan para satisfacer esta elevada demanda.

Los vaporizadores se fabrican en una amplia gama de tamaños y suelen clasificarse en BTU por hora o en galones por hora. Esto suele indicar los caudales medios de propano líquido necesarios para alimentarlos. Estos caudales pueden variar desde menos de un galón hasta varios cientos de galones por minuto. Algunos modelos se calientan directamente mediante una llama en contacto con la cámara de vaporización, mientras que otros pueden utilizar un medio de transferencia de calor, como vapor, agua o calentadores eléctricos, para convertir el propano licuado en vapor.

Hay tres consideraciones principales a la hora de planificar el uso de un vaporizador:

1. Galones por hora de propano líquido necesarios.
2. Presión de descarga requerida por el vaporizador.
3. Demanda de caudal máximo del vaporizador.

Mezcladores de aire

Existen dos tipos básicos de mezcladores. Uno de ellos es el denominado “tipo por lotes”, en el que el vapor a presión se aspira a través de un orificio hacia un venturi. Se pueden incorporar una o dos válvulas de retención de aire entre el orificio y el venturi. La fuerza del gas que pasa a través de él aspira aire hacia el tren de gas y la mezcla resultante se descarga en un tanque de compensación. Este tipo de sistema suele tener una presión de descarga de gas mezclado de 10 psig o menos, pero se puede alcanzar una presión más alta utilizando aire comprimido.

El otro tipo se denomina “tipo modulador”, en el que un sistema de válvulas de control de presión, válvulas reguladoras y un controlador modulan las presiones de aire y gas para alcanzar las proporciones de mezcla deseadas.

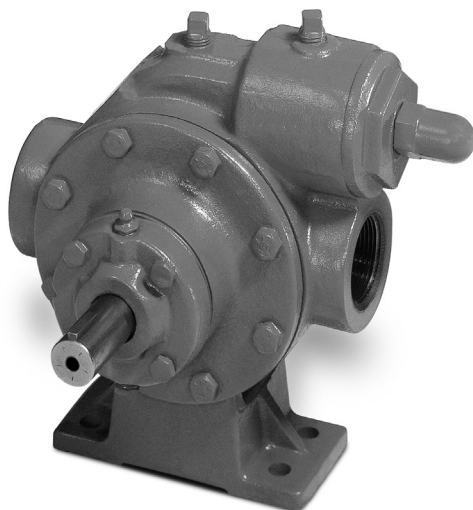
Los mezcladores de baja presión suelen utilizar un soplador de refuerzo para alcanzar la presión deseada de la mezcla de gases. Los modelos de mayor presión requieren una fuente independiente de aire comprimido para alcanzar presiones más elevadas en la mezcla de gases. Ambos tipos de mezcladores suelen necesitar un depósito de almacenamiento y un vaporizador.

Disposición de bombas y tuberías

Los sistemas de disposición de bombas y tuberías diseñados para plantas de respaldo siguen las mismas directrices generales que la mayoría de las demás aplicaciones de gas LP. En la práctica, una de las primeras consideraciones es reducir al mínimo la longitud de las tuberías de admisión situando la bomba lo más cerca posible del tanque de suministro y reduciendo al mínimo el número de válvulas, accesorios y codos.

Las pérdidas por fricción dentro del sistema pueden provocar una caída de presión suficiente para permitir que el propano o butano licuado se vaporicen. Esto puede provocar cavitación en la bomba, lo que no solo reduce su eficiencia, sino que también genera un desgaste excesivo. Un diseño simplificado del sistema de tuberías puede evitar estos problemas.

Una tubería de entrada sobredimensionada, al menos un tamaño mayor que la entrada de la bomba, con un recorrido corto, minimizará las pérdidas por fricción. La velocidad de la bomba también debe ser tal que la velocidad resultante en la línea de succión sea de aproximadamente 3 pies/segundo (0.9 m/segundo). Los estudios han demostrado que la velocidad de entrada óptima se sitúa en el rango de 160-200 fpm (49-61 m/min). Este es el rango de velocidades que minimiza tanto la transferencia de calor como las pérdidas por fricción.



Selección de la bomba

Debido a la función crítica de la planta de reserva para proporcionar un suministro ininterrumpido de combustible, el dimensionamiento de sus componentes debe regirse por la demanda máxima del sistema a la temperatura más baja, aunque la planta de reserva funcione normalmente a un nivel algo inferior a esta demanda.

La mayoría de los fabricantes de vaporizadores ofrecen recomendaciones generales sobre el caudal nominal (en galones por minuto) de la bomba de suministro. Una regla general es especificar una bomba con un caudal nominal de 3 a 4 veces el del vaporizador. Los fabricantes han señalado que los factores pueden variar. Hay dos factores principales que hacen necesario este sobredimensionamiento.

Un vaporizador que funcione a plena potencia tendrá su cámara de intercambio de calor casi llena de propano líquido. Esto es necesario para mantener la máxima superficie de contacto entre el líquido y la superficie de calentamiento. Si la demanda de vapor se reduce repentinamente a casi cero, como ocurre cuando el horno en uso se apaga o se modula, el líquido sigue hirviendo. El vapor acumulado empuja el líquido desde la cámara a través de la tubería hacia la bomba.

Una nueva demanda de vapor requiere un rápido rellenado del vaporizador y la bomba debe tener suficiente capacidad para proporcionar el aumento necesario además del caudal normal de líquido. Si el caudal total es insuficiente para mantener la presión adecuada en el vaporizador, los controles automáticos deben apagar el sistema.

La segunda consideración a la hora de dimensionar una bomba para el servicio de vaporización es el rango de temperaturas de funcionamiento previstas para el sistema. Las plantas de reserva suelen funcionar en climas muy fríos, cuando la demanda de gas natural es más alta o se aplican tarifas premium. Como se muestra en la Figura 18, página 14, la eficiencia de las bombas es significativamente menor en un entorno frío. Esta reducción de la eficiencia es una propiedad termodinámica del propano líquido.

Tuberías de retorno y válvulas de derivación

Si la bomba se ha dimensionado correctamente, su capacidad será suficiente para satisfacer una demanda superior al caudal máximo normal del vaporizador, a la temperatura de diseño más baja. Por lo tanto, en condiciones normales de funcionamiento, el exceso de descarga de la bomba debe recircularse a través de una válvula y una línea de retorno de vuelta al tanque de suministro. Esta línea de retorno debe ser lo suficientemente grande como para derivar todo el caudal de la bomba, más el reflujo del vaporizador.

Se utilizan dos tipos de válvulas para regular y mantener la presión del sistema: las de tipo diferencial o las de presión estática constante. Una válvula diferencial depende de la presión del tanque de suministro y requerirá cambios en el ajuste de presión a lo largo del año para compensar los cambios de temperatura. Una válvula de presión estática constante, por otro lado, es independiente de la presión del tanque de suministro y, una vez ajustada, no variará, independientemente de la temperatura.



Apéndice

Apéndice	Descripción	Página
Apéndice A	Propiedades de los gases licuados.....	32
Apéndice B	Presión de vapor de los gases licuados	33
Apéndice C	Vapor de propano saturado en un tanque de 10,000 galones.....	33
Apéndice D	Pérdida por fricción en una manguera de GLP.....	34
Apéndice E	Pérdidas por fricción en tuberías	34
Apéndice F	Resistencia de válvulas y accesorios en pies equivalentes de tubería	35
Apéndice G	Otros materiales de referencia de Blackmer	35

Apéndice A

Propiedades de los gases licuados*

Inglés

	AMONÍACO ANHIDRO	PROPANO	BUTANO
Fórmula	NH ₃	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Punto de ebullición, °F	-28	-44	32
Densidad del gas (aire = 1.00)	0.596	1.50	2.01
Densidad del líquido (agua = 1.00)	0.616	0.504	0.582
Libras por galón de líquido a 60 °F	5.14	4.20	4.81
BTU por galón a 60 °F		91,502	102,032
BTU por libra		21,548	21,221
BTU por pie cúbico de vapor a 60 °F		2,488	3,280
Pies cúbicos de vapor / galón de líquido a 60 °F	14.14	36.38	31.26
Pies cúbicos de vapor / libra de líquido a 60 °F	2.75	8.66	6.51
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición (BTU/galón)	3,027	773	808
Temperatura de ignición en aire, °F		920 – 1,120	900 – 1,000
Temperatura máxima de la llama en aire, °F		3,595	3,615
Límites de inflamabilidad, porcentaje de gas en la mezcla con aire:			
En el límite inferior – %		2.15	1.55
En el límite superior – %		9.60	8.60
Octane Number (ISO-Octane = 100)		Más de 100	92

*Calidad comercial. Las cifras que figuran en esta tabla representan valores medios.

Metric

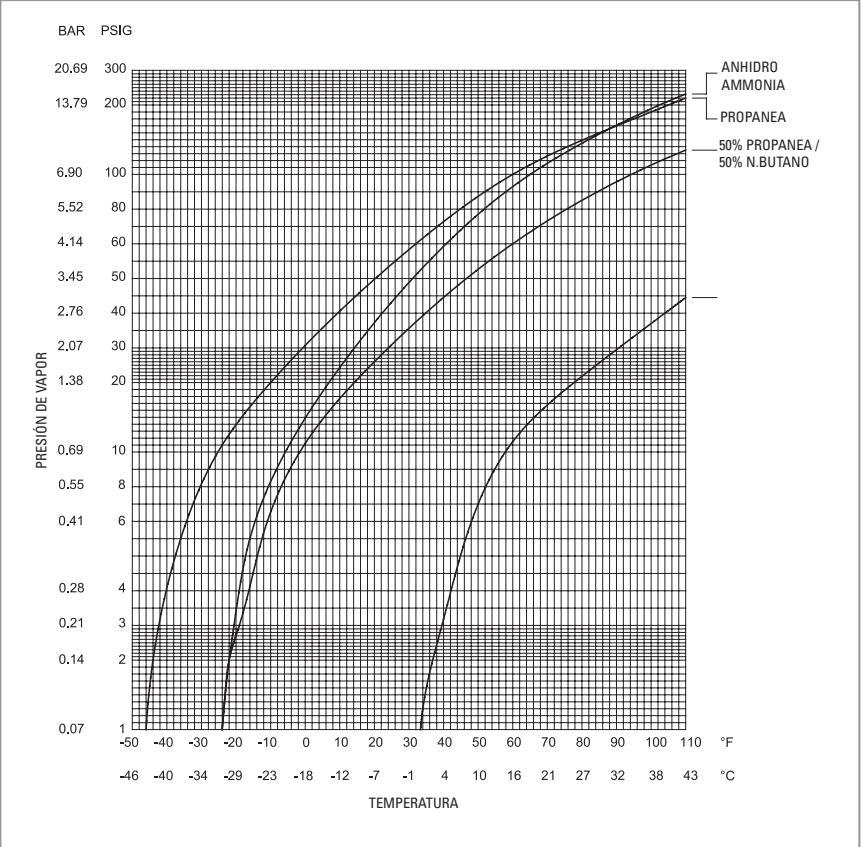
	AMONÍACO ANHIDRO	PROPANO	BUTANO
Fórmula	NH ₃	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Punto de ebullición, °C	-33	-42	0
Densidad del gas (aire = 1.00)	0.596	1.50	2.01
Densidad del líquido (agua = 1.00)	0.616	0.504	0.582
Kg por metro cúbico de líquido a 15.56 °C	616	504	582
Kilojulios por metro cúbico de vapor a 15.56 °C		92,430	121,280
Kilojulios por kilogramo de vapor		49,920	49,140
Kilojulios por litro a 15.56 °C		25,140	28,100
Metros cúbicos de vapor por litro de líquido a 15.56 °C	0.105	0.271	0.235
Metros cúbicos de vapor por kilogramo de líquido a 15.56 °C	0.171	0.539	0.410
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición, kilojulios/litro	846	216	226
Temperatura de ignición en aire, °C		493 – 549	482 – 538
Temperatura máxima de la llama en aire, °C		1,980	2,008
Límites de inflamabilidad, porcentaje de gas en la mezcla con aire:			
En el límite inferior – %		2.15	1.55
En el límite superior – %		9.60	8.60
Índice de octano (ISO-Octano = 100)		Más de 100	92

*Calidad comercial. Las cifras que figuran en esta tabla representan valores medios.

Anexos B y C

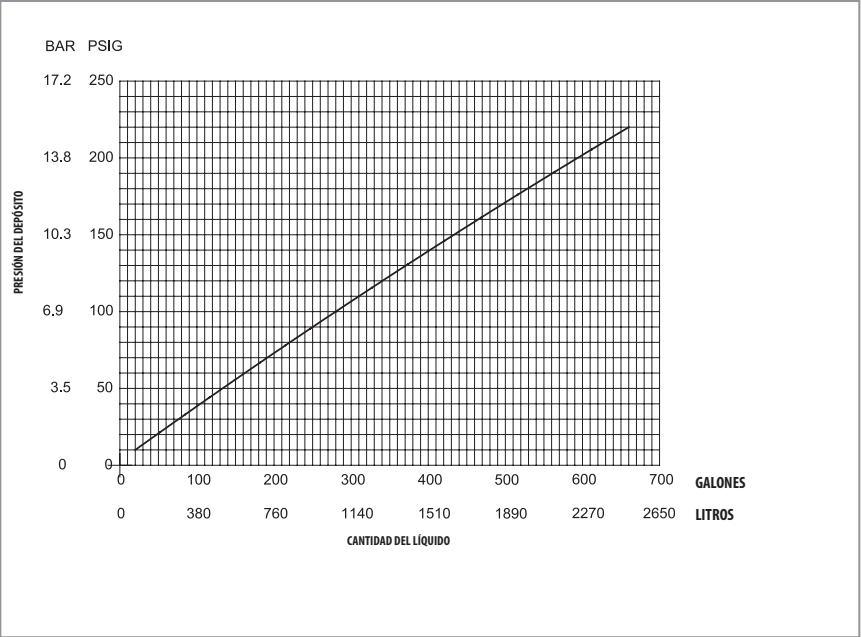
Apéndice B

Presión de vapor de los gases licuados



Apéndice C

Vapor de propano saturado en un tanque de 10,000 galones



Apéndices D y E

Apéndice D

Pérdida por fricción en mangueras de GLP

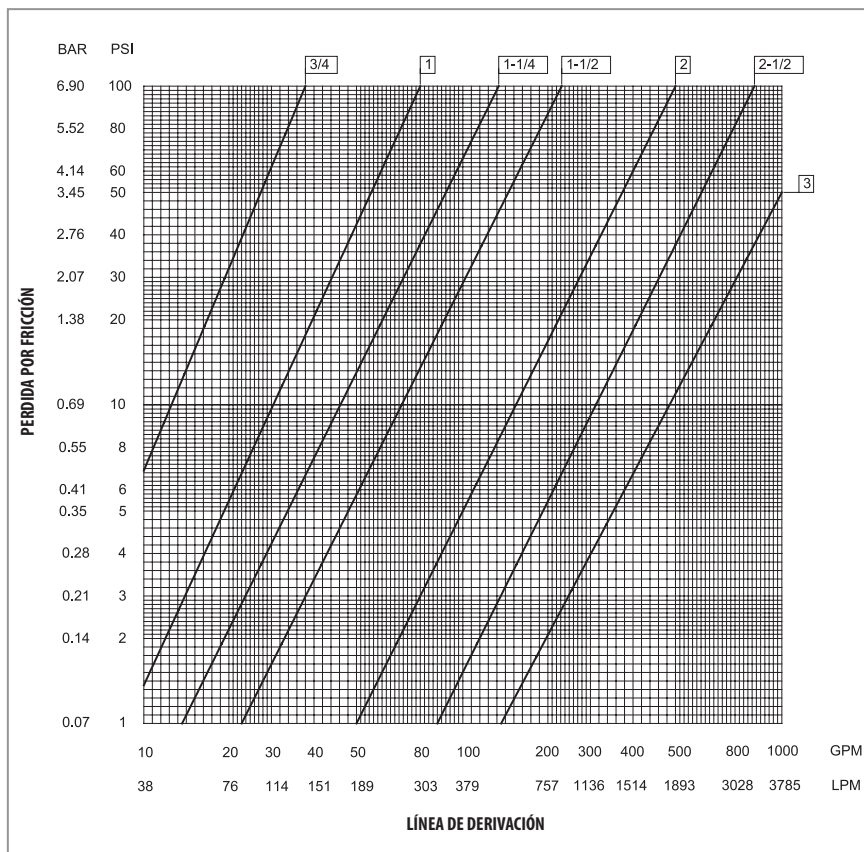
Pérdida por fricción en la manguera, en psi, para una manguera de goma de 100 pies de longitud y de paso liso con los diámetros interiores indicados, para propano. (Estos valores variarán debido a las tolerancias de fabricación en los diámetros de las mangueras).

Para butano:

■ Multiplique los valores de pérdida por

fricción por 1.15 Para amoníaco anhidro:

■ Multiplique los valores de pérdida por fricción por 1.21



Apéndice E

Pérdida por fricción en tuberías

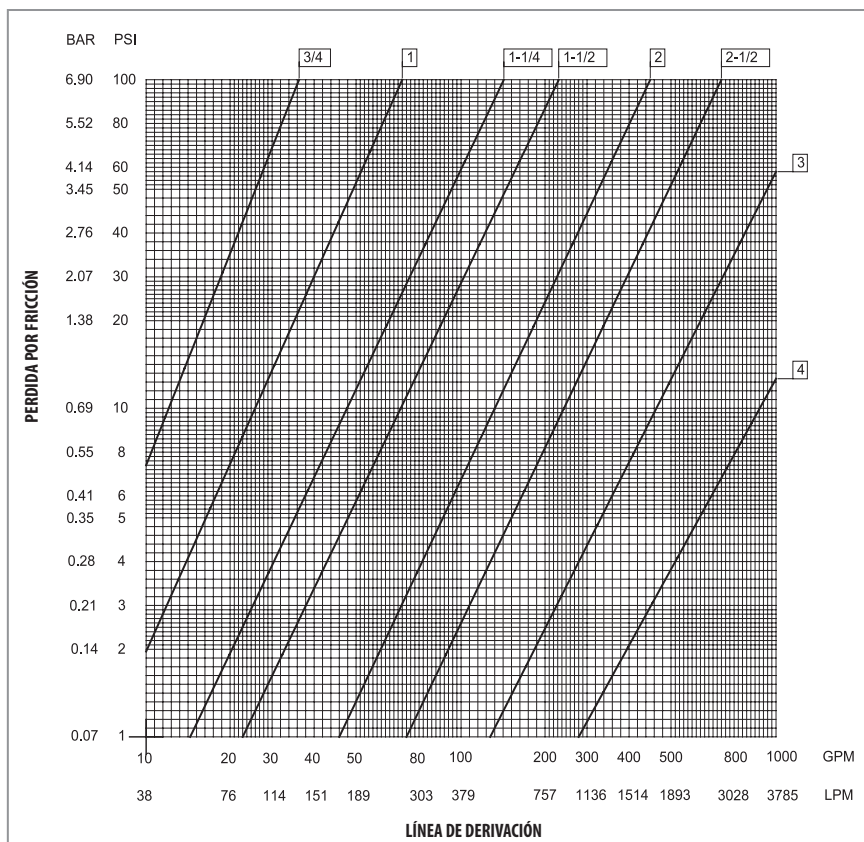
Pérdida por fricción en tuberías en psi para 100 pies de tubería nueva, limpia y extra resistente de clase 80 para propano

Para butano:

■ Multiplique los valores de pérdida por

fricción por 1.15 Para amoníaco anhidro:

■ Multiplique los valores de pérdida por fricción por 1.21



Apéndices F y G

Apéndice F

Resistencia de válvulas y accesorios en pies equivalentes de tubería

	TAMAÑO DE LA TUBERÍA						
	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4
Codo de 90°	4	4.5	5	6	8	9	11
Codo de 45°	1	2	2	2.5	3	4	5
Tee a través del lateral	6	8	9	12	14	17	22
Filtro en Y del mismo tamaño que la tubería	25	25	25	42	42	42	60
Filtro en Y del siguiente tamaño superior	16	16	16	16	14	20	
Válvula de bola	28	35	45	60	65	85	120
Válvula angular	15	19	22	28	35	42	57
Válvula de bola	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Compuerta de cierre rápido	3	3	3	3	3	3	3

Los valores anteriores son aproximados y pueden variar de un fabricante a otro.

Apéndice G

Otros materiales de referencia de Blackmer

500-002	Guía de aplicación: bombeo desde tanques subterráneos
500-003	Guía de instalación de bombas de gas licuado
CB254	Manual de formación sobre equipos de GLP
CB047	Vaciado de cilindros de GLP con un compresor
CB048	Trasvase de gas licuado con un compresor
LBLTRAN	Programa informático para compresores de transferencia de GLP / NH ₃
CB296	Transferencia de GLP desde tanques subterráneos con una combinación de compresor y bomba
—	Mantenimiento de la bomba LGL, presentación en PowerPoint
—	Desmontaje del compresor, presentaciones en PowerPoint



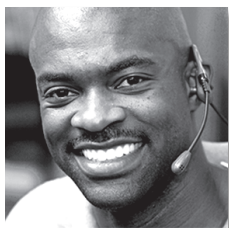
Todos los productos Blackmer incluyen un valor añadido:

Ingeniería de aplicaciones/Asistencia técnica/Atención al cliente

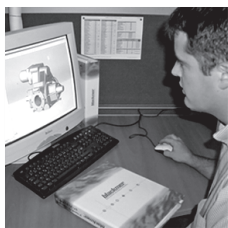
Cuando se trata de soluciones de flujo, el tiempo de actividad, el rendimiento, la fiabilidad y la rentabilidad son fundamentales para la misión de cualquier operación. Con este fin, en Blackmer sabemos que las tecnologías de flujo fiables y probadas son de vital importancia, pero también sabemos que esto representa solo una parte de la ecuación global. La otra parte, igualmente importante, consiste en contar con personal formado, experto y centrado en el cliente, por lo que realizamos importantes inversiones en nuestro personal. Es a través de su esfuerzo colaborativo con los clientes como se logran los mayores logros.

- **Ingenieros de aplicaciones:** expertos en garantizar su tranquilidad, asegurándose de que su equipo sea siempre el adecuado para el trabajo
- **Especialistas en mercado y productos** – conocimientos técnicos sin igual, formación sobre productos in situ, resolución de problemas, asesoramiento sobre instalación y selección de productos, y atención durante todo el ciclo de vida
- **Gestión regional de ventas** – técnicos de probada solvencia con un compromiso «por encima de lo esperado» con la misión de cada cliente
- **Especialistas en atención al cliente** – especialistas orientados a la acción, comprometidos con garantizar que cada pedido reciba atención inmediata, se procese con precisión y se le dé seguimiento, y con ayudar a que su proceso fluya sin problemas

Si lo juntamos todo, en lo que respecta a soluciones de flujo de misión crítica, es fácil ver por qué las empresas líderes de todo el mundo tienen una demanda común... **Mejor, elija Blackmer.**



Ingeniero de aplicaciones



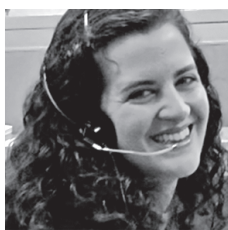
Ingeniero de aplicaciones



Fabricación



Especialista en mercado y productos



Atención al cliente



Gerencia regional de ventas

Asistencia durante todo el ciclo de vida del cliente

El desarrollo de equipos innovadores es solo una parte de la ecuación de beneficios y rentabilidad. Un personal formado, experto y centrado en el cliente está tan comprometido con el éxito de los clientes como los propios clientes. Blackmer se enorgullece de contar con los profesionales de mayor calidad y centrados en el cliente del sector, incluyendo ingenieros de aplicaciones expertos en garantizar la tranquilidad; especialistas en mercado y productos que aportan su experiencia en todo el ciclo de vida; y especialistas en gestión de ventas regionales y atención la cliente orientada a la acción.

Blackmer®



PSG Grand Rapids
1809 Century Avenue SW Grand
Rapids, MI 49503-1530 EE. UU.
Tel.: +1 (616) 241-1611
info@blackmer.com
blackmer.com



Donde fluye la innovación

500-001_es 08/26

Socio autorizado de PSG®:

Copyright 2026 PSG®, una empresa de Dover