

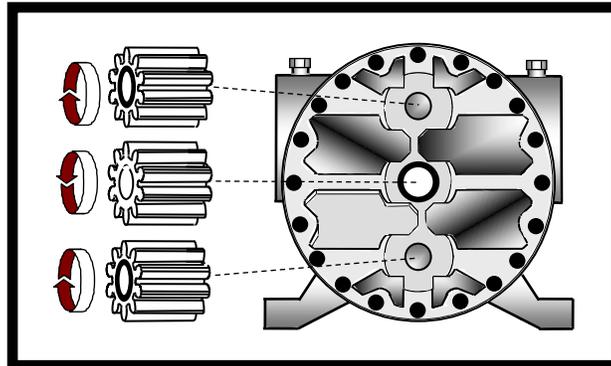
Precauciones y Recomendaciones

LÉASE ESTE BOLETÍN ANTES DE INSTALAR Y OPERAR LAS BOMBAS "SMITH"

Este boletín enumera sistemáticamente con todo respeto humano, los factores contribuyentes al origen o agravación de fallas en las Bombas SMITH por las condiciones de uso, el diseño del sistema de transferencia y las características particulares de los líquidos manejados que proporcionan lubricación y enfriamiento a las piezas internas.

En la Compañía Smith Presición se ha empeñado seguir ofreciendo la línea de productos tan sencillos en el mantenimiento como en la reposición de las partes, de buena calidad y larga duración. A ese fin, un juego típico de componentes los que fabricamos nosotros completamente, sólo consiste en el engranaje equilibrado a libre colocación hidráulica axial, en conjunto con el ensamble SMITH de sellos mecánicos, eje motriz y balero(s). Además se facilita la reposición de las Bombas SMITH bajo nuestro "Plan de Cambio".¹

Hace muchos años se inició este plan de cambio, el que desde entonces ha facilitado el análisis de la duración en el mercado corriente, basado en una actualización continua proporcionada por los devueltos equipos usados bajo circunstancias verídicas y corrientes. En esta forma el estudio técnico nos resulta mejoras en el diseño y en los materiales por ejemplo con el desarrollo de los engranajes resistentes.



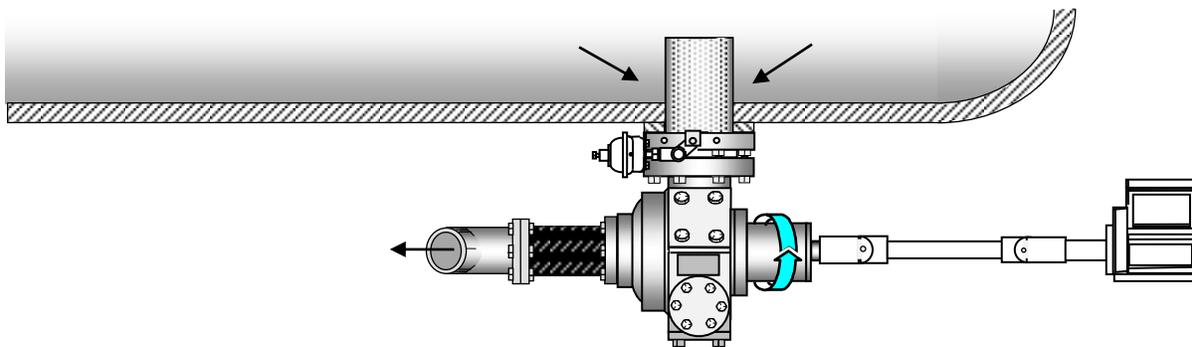
El engranaje SMITH no es igual al de transmisión de fuerza, ya que este tipo de desplazamiento positivo para líquidos livianos requiere diseños específicos para mantener la crítica uniformidad funcional de superficie, concentricismo, paralelismo, encaje, claros de lubricación y tolerancias de buje. Por medio de los materiales muy resistentes y la pareja distribución de carga sobre áreas relativamente extensivas en el engranaje, se mantiene la dinámica equilibración hidráulica necesaria para el funcionamiento en las Bombas SMITH. Esta equilibración en el engranaje permite el autoajuste axial, en proximidad cerrada sin contacto con los extremos del agujero

¹ Véase el Boletín "AL-1A" para mayores detalles sobre el "Plan de Cambio" SMITH.

respetivo.² Por los propósitos de esta discusión, aunque ciertos líquidos provean mayor lubricidad que otros, *las calidades lubricantes no son tan importantes como la capacidad del líquido en el “enfriamiento” (absorber y llevar el calor friccional de funcionamiento, mientras circule por el interior de la bomba)*. Eso es muy evidente con los gases licuados no lubricantes de alta polaridad, tales como el Bióxido de Carbono. Pero, aunque unos gases licuados como el Gas-LP tengan cierta capacidad en prevenir el contacto físico entre las piezas de funcionamiento, de acuerdo con la tecnología aplicada su inherente lubricidad directamente relacionada con la viscosidad, *siempre es mínima*.

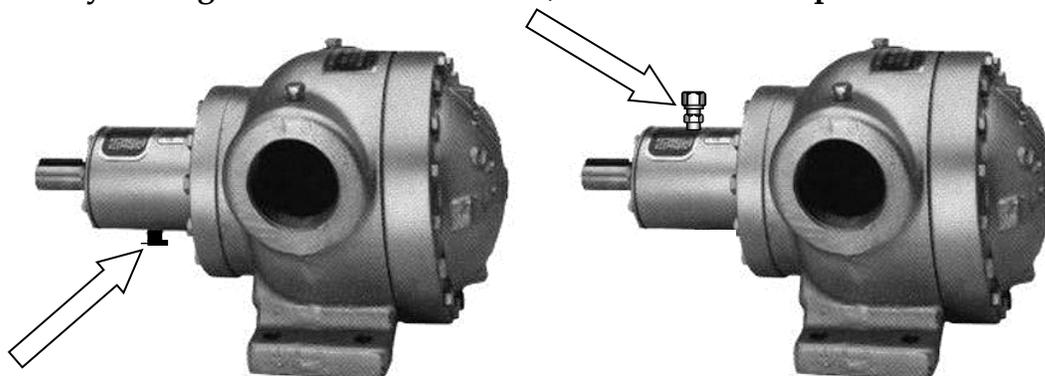
Por más se aproxime a su punto de hervor la temperatura del líquido manejado, hay mayores posibilidades de que el desplazamiento vaporoso en la conducción afecte en la equilibración hidráulica y la absorción de calor. Últimamente, hemos llegado a comprobar que la mayoría de las fallas ocurren posteriormente por los efectos del desplazamiento vaporoso en la circulación interna. Frecuentemente se manifiestan como “ruido molesto”, “descebadura”, “cavitación”, “cierres de vapor”, “funcionamiento en seco” o “falta de rendimiento”. Su causa comprende una o más de las siguientes categorías, tratadas más adelante en este escrito: (1) la tensión y la vibración, (2) las condiciones del líquido en la succión, (3) la presión diferencial, (4) la velocidad motriz, (5) el sistema de desviación, (6) los cambios en temperatura ambiente, (7) la presión en la fase gaseosa, (8) la temperatura del líquido, (9) el intervalo de uso, (10) el almacenaje de la bomba antes de su instalación, (11) las reparaciones inapropiadas, (12) las acumulaciones de vapor, y (13) las condiciones imprevistas que giren la bomba independiente al motor. Además mencionamos otras causas de falla relacionadas a las categorías anteriores.

LA TENSIÓN Y LA VIBRACIÓN. El alineamiento, el tipo de cople, las uniones universales, los ejes transmisores de fuerza, las bandas o cadenas motrices, los baleros de motor y etc., pueden resultar daños al esforzar la bomba en exceso al límite de diseño. Aunque sea la aplicación a reducidas revoluciones por minuto, de todas maneras es buena práctica eliminar el desalineamiento y la vibración en los mecanismos de fuerza motriz.



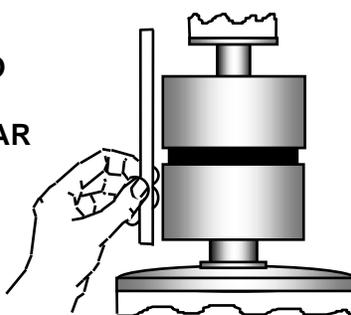
² Véase el Catálogo “CP-3” para mayores informes.

La transmisión de fuerza motriz bajo condiciones de desalineamiento no recomendable, fuerza al contacto físico entre el eje y los bujes pilotos, impidiendo la libre colocación del engrane motriz, resultando la desequilibración hidráulica en el engranaje, el contacto físico entre engranes y cajas correspondientes, raspaduras, desgastes en los claros críticos, incrementos de fricción interna y últimamente la autocavitación. Tales circunstancias se manifiestan usualmente en la detención abrupta por desgastes prematuros en los sellos mecánicos y los bujes, además de descargas por la salida de fugas en el cuerpo del eje.³ En cada ocurrencia se disminuye la duración de los sellos mecánicos por los efectos de evaporación y el congelamiento de humedad, resultando el raspamiento en el engranaje y



el contacto físico del engrane motriz en el fondo del agujero, lo que eventualmente abre los claros críticos sobre sus límites de diseño, provocando notable ineficiencia en la conducción, cavitación y cierres de vapor.

NOTA IMPORTANTE: ES CRÍTICO ALINEAR BIEN LOS EJES DE BOMBA Y MOTOR, PARA ELIMINAR LA POSIBILIDAD DE CARGA EXCESIVA EN LOS BALEROS.



El desgaste rápido en el cople es indicativo del desalineamiento entre los ejes de bomba y motor. El desalineamiento o el uso continuo del cople desgastado puede causar rápidamente la falla de la bomba, la filtración por los sellos mecánicos, y cambios en el ruido audible. La manera recomendada de alinear el Cople SMITH se muestra en el dibujo a la izquierda. (Véanse los Boletines "AL-3A" y "196").

³ Todas las Bombas SMITH son provistas de salida para relevo de fugas, la que debidamente descarga la presión evitando desengrasarse el balero, y así mismo facilita detectarse cualquier filtración. En todos los modelos menos los tipos estándar Serie "SQ", el punto de relevo de esta salida es por la parte superior o inferior de la tapa del eje y lleva un protector el que aparenta aceitadora o pequeño adaptador de tubo. Este protector previene la entrada de humedad y sucio. No es para lubricar los baleros. Los baleros son de tipo sellado permanente y no requieren de lubricación ni engrase. *No se aplique ninguna grasa, aceite ni se obstruya esta salida, ya que su único propósito es para el alivio de presión, y la determinación de fugas a través de los sellos mecánicos.* En muchos casos, tal filtración observada por esta salida, será síntoma de desgastes agravados internos. Al detectarse tal fuga, es obvia la necesidad de cambiar inmediatamente el ensamble de sellos mecánicos SMITH. *Sin embargo, investiguese siempre la causa de la falla, antes de que se vuelva a operar la bomba.* Inspecciónense las piezas y las áreas internas correspondientes, siguiendo los procedimientos en los manuales y la otra literatura apropiada. Véase el Boletín "AL-201A".

LAS CONDICIONES DEL LÍQUIDO EN LA SUCCIÓN. Esta categoría tiene que ver con cualquier sustancia suministrada a la succión de la bomba, simultáneamente con el puro líquido homogéneo (véase el Boletín "BOL-199"). Además de los contaminantes relativamente comunes, las burbujas de vapor son especialmente problemáticas, particularmente en las transferencias de los gases licuados, porque éstos son manejados muy cerca a su temperatura de hervor. Por eso es tan crítico el diseño correcto de la instalación y la Disponible Carga Positiva Neta en la Succión de la bomba ("NPSHA").⁴ Otras sustancias dañinas las que pueden contribuir a las fallas de bomba, incluyen el sucio, la humedad, el hielo, el aceite, los residuos de soldadura, partículas de óxido, escombros de manguera deteriorada, objetos pequeños metálicos, arena, cinta de Teflón® y residuos de compuesto sellante. Así como resultan casi todas las condiciones adversas en la conducción, pasar por la bomba excesos de contaminación eventualmente termina en abrir mucho los claros, la autocavitación, el raspamiento en las caras de engrane y fallas de sellos mecánicos, agravadas por la vibración y la detención. Típicamente mientras se maneja el gas licuado, el desplazamiento vaporoso en el flujo de entrada a la bomba *es inversamente proporcional a la presión de vapor*. Recuérdese que se debe la "Pérdida de Carga" a factores críticos en el diseño, los que ilustramos como sigue:



LOS COMPONENTES ILUSTRADOS EN ESTA LÍNEA DE ENTRADA A BOMBA, SON CAPACES DE PRODUCIR MUCHA AGITACIÓN Y CAÍDA DE PRESIÓN EN UN FLUJO DE GAS LICUADO.

Factores Contribuyentes en Computar la Pérdida de Carga en el Flujo por los Tubos

- (1) La Pérdida de Carga varía directamente a la longitud del tubo.
- (2) La Pérdida de Carga varía casi al cuadrado de la velocidad.
- (3) La Pérdida de Carga varía inversamente como la quinta potencia del diámetro interno del tubo.
- (4) La Pérdida de Carga depende de la rugosidad de la superficie interna del tubo.
- (5) La Pérdida de Carga depende de las propiedades de densidad y viscosidad.
- (6) La Pérdida de Carga es independiente de la presión en el líquido manejado.

⁴ En la succión la "Carga Positiva Neta" ("NPSH") referente al suministro de líquido *principalmente a la gravedad*, de igual forma que otras terminologías que expresan la presión en unidades de distancia vertical, relaciona la densidad del producto manejado a su efecto en el flujo. En este caso particular con las Bombas SMITH, tomamos en cuenta la diferencia entre la presión natural de vapor en el tanque de suministro y la indicada en la entrada de la bomba *mientras funcione*. Entonces la suma total de los factores de carga positiva y negativa debe resultar suficiente carga positiva disponible sobre la presión en la fase gaseosa del tanque, para llenar continuamente de puro líquido las cavidades movilizadas que resultan el desplazamiento. En otras palabras, tiene que haber suficiente energía independiente de la bomba, para impedir el hervor en la línea de entrada mientras la aceleración inicial y después de que se haya establecido el flujo según la capacidad de la bomba. La provista "Disponible Carga Positiva Neta" ("NPSHA"), tiene que vencer la "Requerida Carga Positiva Neta" ("NPSHR"). Esta figura generalmente determina la requerida elevación de líquido sobre el nivel de la bomba.

Mientras baje la presión, la misma restricción al flujo producirá mayor volumen de vapor. Entonces, por menor que sea la presión, tanto más importante será tomar remedios para prevenir el exceso de vaporización. Esto es evidente en la resistencia al flujo hacia la bomba por los componentes en la línea de entrada. *Para facilitar la determinación de elevación requerida se figura la fricción de flujo en equivalentes longitudes de tubo (véase "AL-36").* Por ejemplo, en un sistema medio para las transferencias de Gas L.P., el flujo encuentra cambios direccionales abruptos por la válvula interna (o válvulas externas de exceso y de cierre), los codos y el filtro. *La "Carga Estática" o "Carga a la Elevación", es la fuente primaria energética independiente para vencer la "Fricción" de acuerdo con la velocidad de flujo por las válvulas, conexiones y cámara de entrada en la bomba.* Es de suma importancia mantener la "Disponible Carga Positiva Neta" especialmente mientras la bomba primero acelere el fluido hasta la velocidad de acuerdo con su rendimiento.

Mientras tanto la bomba no debe desarrollar succión, o "*Carga Negativa Neta*", en el suministro de ningún líquido que se maneje en su punto de hervor. Tal situación instantáneamente resultaría la vaporización, cierres de vapor o "cavitación" en el flujo de entrada y expondría la bomba al exceso de esfuerzo.⁵ La eliminación de este problema tiene que ver con el mismo peso del líquido. La idea es literalmente forzar la alimentación de la bomba, por medio de un aumento a la gravedad de modo que la misma elevación del líquido sobre la bomba naturalmente cancele la "*Pérdida de Carga*" en la succión. Por ejemplo, los textos confirman que a temperatura ambiente media en 21° C. (70° F.) el peso del Propano es aproximadamente 4-1/2 libras por galón, y que se aumenta la carga media a la gravedad en aproximadamente 0.22 PSI por cada pie de elevación. Pueden ser relativamente comparados en la siguiente tabla el valor medio de densidad y el aumento en la carga por pie de elevación, los que se manifiestan en la conducción de unos gases licuados comunes. Si no se especifica de lo contrario, la indicada presión media de vapor es la resultada en los 21° C. (70° F.)⁶ :

<u>LIQUIDO</u>	<u>PSI/FT ELEVACIÓN</u>	<u>PRESIÓN DE VAPOR PSIG</u>
Propano	0.22	109
CO₂, 0°F.	0.43	294
R-1301 (Halon)	0.71	200
HCFC-22, 77° F.	0.52	136
HFC-134a, 77° F.	0.22	83
Amoníaco Anhidro	0.26	114
Butano	0.25	17
Bióxido de Azufre	0.60	35
Oxido Nítrico, 0°F.	0.43	312

Nuestras bombas de capacidades bajas y medianas para los gases licuados, no cuentan con suficiente resistencia al flujo interno para contarse en el cálculo de elevación. Sobre un

⁵ Véase la "Tabla 1" en la pág. 17; también véase el Boletín "AL-36" para mayores informes.

⁶ Estos valores son intentados sólomente para efectuar *comparaciones generales* entre las presiones y densidades de gases licuados comunes. En estos casos, las pérdidas de carga se deben más a la inercia (resultado de la densidad), que a la viscosidad. Para informes más exactos, véanse los textos apropiados de ingeniería.

lapso de muchos años esto ha sido comprobado en la fábrica y en el campo de uso. Sin embargo, en cuanto a las Bombas SMITH de alta capacidad cuando son giradas acercando a su máxima velocidad (“velocidad nominal”**), éstas requieren en la succión una pequeña Carga Positiva Neta adicional (“NPSHR”), de acuerdo con la siguiente tabla:

<u>CAPACIDAD NOMINAL</u> **	<u>“NPSHR”</u>
100 USGPM	1 FT
150 USGPM	1.5 FT
200 USGPM	2 FT
250 USGPM	3 FT

** Las clasificaciones “nominales” son para las comparaciones solamente (ver Catálogos “CP-1”, “CP-3” y “CP-9”); son a base del rendimiento en la máxima velocidad de diseño y a “0” presión diferencial. El rendimiento verídico variará de acuerdo con las circunstancias específicas de conducción.

Tiene que ser determinada la resistencia al flujo por todos los componentes, incluyendo las válvulas de seguridad que limitan el caudal de salida tales como las válvulas de exceso utilizadas con el Gas L.P. y el Amoníaco Anhidro.⁷ La Carga Estática debe ser lo suficiente para vencer completamente la resistencia al flujo, de modo que no haya hervor en la alimentación de la bomba. En ciertas instalaciones el calentamiento produce la requerida carga adicional. Por lo mismo, la inyección de un gas inerte sobre la fase líquida incrementa la presión de igual forma que aumentar la elevación de líquido.⁸

El uso de componentes comunes resulta una relativamente alta pérdida típica de Carga Estática Neta en el flujo, hasta *mayor a los seis pies (1.8 m)*. Generalmente la elevación del tanque, la mantención de cierto nivel mínimo de líquido y la ubicación de la bomba en nivel inferior al del tanque, cancelan la resistencia al flujo en la succión. Si tal caso fuera capacitado específicamente para cierto modelo no se prestaría a la aumentación de descarga con bomba de mayor capacidad, la que simplemente se cavitara. Sin embargo a pesar de resultar errática la descarga, con tal que el vapor no desplazara más del 10% del flúido manejado, la Bomba SMITH no se dañaría rápidamente. Durante las épocas de frío con el almacenaje a temperatura ambiente, podría ocurrir un hervor en la conducción; mientras siguiera bajando la temperatura ambiente, se iría disminuyendo la presión en la fase gaseosa hasta que la misma fricción resultara volumen de vapor mayor al 10%. Entonces se produciría la vaporización que dañara la bomba internamente.

Otro problema conductivo a los cierres de vapor, debido a la falta de suficiente carga estática, ocurre cuando una bomba que se usa principalmente en un solo sentido de rotación ocasionalmente maneja el líquido en la dirección opuesta, cambiándose la línea de salida en la de entrada muy restrictiva al flujo. Por ejemplo, en el caso de una bomba

⁷ Véase el Boletín “AL-36” para mayores informes.

⁸ Asegúrese de que el diseño, la construcción y la operación del sistema siempre cumpla con todos los aplicables códigos y procedimientos de seguridad. Evítense las situaciones potencialmente peligrosas. Si hay preguntas, comuníquese con las autoridades apropiadas locales, estatales o federales. Síganse todas las instrucciones de los fabricantes, y compréndase totalmente su literatura.

de 100 USGPM montada en remolque tanque para el Bióxido de Carbono líquido, e intentada para la descarga solamente por medio de manguera de 1-1/2", si dicha bomba en su máxima velocidad se usara para llenarse el remolque la sola manguera ofrecería una resistencia al flujo equivalente o mayor a una elevación de 10 pies, aunque la caída de presión fuera menor a las 6 PSIG. Resultaría un desplazamiento de vapor hasta el 50% del volumen de gas licuado suministrado a la bomba. En un intervalo corto, podría causar desgastes equivalentes a varios años de uso normal.

Además de la obvia restricción al flujo por el filtro tapado con acumulaciones de sucio, un hecho no tan aparente es la resistencia por la congelación de CO₂, la que ocurre en el mismo cedazo. Si la línea de entrada llena de Bióxido de Carbono líquido se descargara *rápidamente*, la caída de presión por el elemento del filtro resultaría obstrucción con partículas de "hielo seco". Ocurriría este fenómeno a pesar del diseño o el tamaño de las perforaciones. Si se repusiera la bomba después de descargar rápidamente la presión y no se removiera el "hielo seco", sería factible que la bomba nueva trabajara en seco temporalmente, exhibiendo todas las señas típicas (tales como el rozamiento de engranaje y el desgaste acelerado en los sellos mecánicos), a pesar de que fuera bien diseñada la instalación. *Descárguese el CO₂ líquido lentamente a la atmósfera.*

Otro factor no tan aparente en la disminución de disponible carga estática se atribuye a los vórtices en el tanque, los que son formados en el sitio de salida por la descarga de líquido, notablemente a elevaciones reducidas. Dependiendo en la elevación, tamaño y forma del tanque; el tamaño de la salida y el flujo de salida; y la densidad más la viscosidad del líquido en cuestión, los vórtices darán causa a los cierres de vapor en la bomba. *Entonces, a pesar de que haya suficiente Carga Estática Positiva Neta para vencer la resistencia al flujo en la línea de entrada, cuando el vapor pasa por el centro de un remolino se reduce dinámicamente el nivel de la fase gaseosa.* Esto se agrava debido al retorno de desvío descargando al tanque de manera conductiva al giro en la fase líquida. Además la misma forma del tanque puede contribuir a la aceleración giratoria "Coriolis". Hay que considerar estos factores con mucho cuidado al diseñar la línea de entrada a la bomba. La aceleración angular del mismo líquido da comienzo a estorbos giratorios, de manera que la disminución de velocidad en la salida del tanque ayudará en eliminar la cavitación en la entrada de la bomba. Entonces, en un sistema "teóricamente perfecto", sería necesario disminuir el flujo o incrementar los tamaños de la tubería, si no fuera factible incrementar la Disponible Carga Positiva Neta en la Succión ("NPSHA").

La instalación de dos o más bombas en paralelo tiende a causar muchos problemas, en especial si no se usan como si fueran una sola bomba de mayor capacidad. Teóricamente, para evitar que una unidad cavite a la otra, cada bomba descargando simultáneamente a distinto sitio requiere su propia salida exclusiva en el tanque. En los sistemas de recirculación, las discrepancias en la caída de presión entre un circuito y otro pueden ser controladas por la instalación y uso apropiado de válvulas diferenciales o de desviación, asegurando en esta forma el flujo adecuado, la absorción mínima calorífica y la regulación de presión.

Las líneas de entrada de longitud excepcional para los gases licuados de baja presión relativa, pueden dar causa a la cavitación a pesar de la carga estática teóricamente correcta.⁹ Ocurre esto porque *la bomba acelera el líquido cuando inicia la conducción*. En una instalación media, debidamente diseñada, es negable la caída de presión en la aceleración inicial. La resistencia inicial sin embargo, agravada por la aceleración de muy alto volumen de líquido, puede ser lo suficiente para causar el excesivo desplazamiento de vapor en la bomba. Las rápidas acumulaciones vaporosas en el interior de la bomba pueden detener el manejo y son capaces de acelerar los factores de desgaste interno.

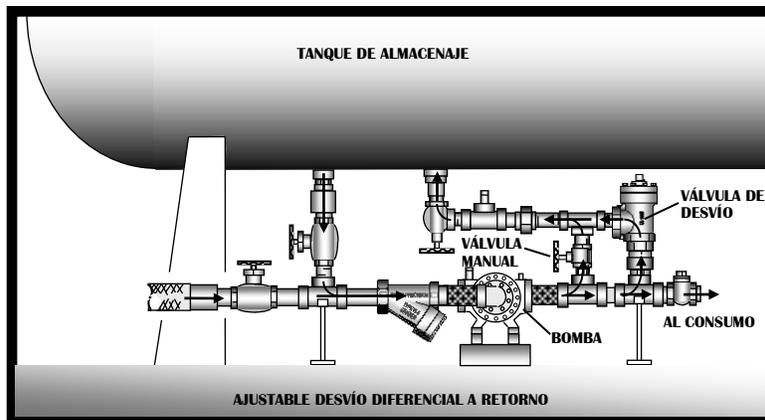
El diseño ideal requiere que la línea de entrada sea inclinada hacia el tanque, de un extremo a otro, de manera que suba y disipe en el tanque cualquier vapor que se forme. Ya que esto no es factible en muchas instalaciones con líneas horizontales, la parte superior de la bomba y los sectores más altos en la tubería de succión acumularán el vapor mientras el desuso. Al primer arranque, la bomba se llenará de vapor y operará por unos segundos antes de que se llene completamente de líquido. Como el vapor tiende a subir, ocurrirán daños agravados internos mientras este intervalo especialmente entre la parte superior de las cajas y las caras laterales correspondientes en los engranes.

La mejor manera de eliminar el vapor al interior de la bomba es por medio de (1) la descarga a la atmósfera *lentamente* (con tal conforme a las reglas de seguridad), desde un punto después de la boquilla de salida, o (2) la recirculación momentánea por la línea modificada apropiadamente para desviación manual. Por ejemplo, *si la bomba se purga en esta forma a "0" presión diferencial*, no se daña con tal que maneje el vapor sobre un intervalo muy corto. Es ilustrada en la siguiente página la tubería recomendada para la desviación. La descarga del gas licuado pasa por la salida de la bomba e inmediatamente después se desvía libremente por una válvula de control manual hasta el tanque de almacenaje, o por la válvula de desvío y últimamente al tanque.

La válvula de desvío tiene que ser fijada en una presión diferencial *predeterminada*, la que evite sobrecargar a la bomba y las tuberías. La instalación y operación correcta de sistema externo para la desviación automática asegura la conducción exitosa y segura. Si los componentes en la línea de retorno desviado podrán ser manipulados o ajustados de cualquier manera que no permita el flujo necesario o impida el funcionamiento de la válvula "by-pass" (ver los datos corrientes del fabricante), posiblemente se requiera otro sistema de "desvío secundario" el que no tiene manera de cerrarse al flujo.¹⁰

⁹ Con los gases licuados, a pesar de las circunstancias de uso, hay que tomar remedios que eliminen la vaporización excesiva cuando la bomba inicia el flujo. *Al comienzo de acuerdo con la aceleración del motor eléctrico y la eficiencia de la bomba, en el primer instante de movimiento el flujo podrá alcanzar velocidad mayor al doble del rendimiento calculado*. Mientras la aceleración inicial, el filtro puede resultar la vaporización excesiva aunque no esté completamente tapado. Por eso (1) la bomba tiene que ser colocada muy cerca al tanque y es preferible la ubicación directamente debajo del tanque; (2) las líneas de entrada tienen que ser cortas; y (3) las tuberías tienen que ser de los tamaños adecuados de acuerdo con las recomendaciones en el Boletín "AL-3A". Para mayores informes véanse los Boletines "BOL-196", "BOL-197", "BOL-202", "AL-3A", "AL-40", "CP-6", "AL-36" y la otra literatura informativa de la Smith Presición.

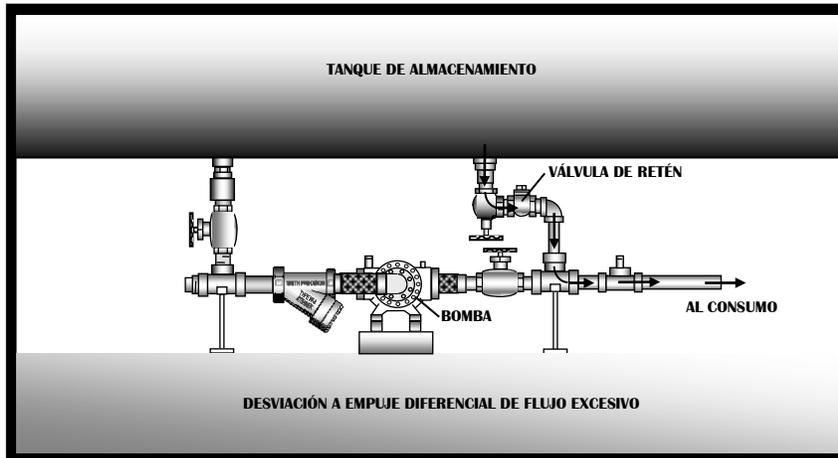
¹⁰ Véanse los Boletines "AL-3A", "AL-41" y los códigos aplicables como el "NFPA 58".



Cuando la descarga exceda la capacidad de la bomba por un agravado desequilibrio en la presión, resultará un flujo diferencial de suficiente magnitud para girar la bomba independientemente al motor. Este tipo de carga interfiriendo con el giro del motor produciría en la bomba una baja de presión. Por ejemplo con el uso de los aparatos de congelamiento rápido de comestibles a descarga de CO₂ a la atmósfera, si el uso simultáneo de los puntos de descarga llegara a ser mayor que la recirculación a fuerza mecánica en el circuito de suministro, la presión del tanque aumentaría el flujo de salida de tal forma que superara al desplazamiento de la bomba. Como el gas líquido ya está muy cerca a su punto de hervor, fácilmente se producirían cantidades notables de vapor en la bomba al ser girada como motor hidráulico, por un flujo de gas licuado que impartiera la fuerza giratoria. En tal situación altamente agravada, la bomba alcanzaría una velocidad mayor a la velocidad nominal del motor. Esta fuerza hidráulica mal aplicada afecta mucho la duración de bombas y motores eléctricos. Aunque fuera corto el intervalo de giro hidráulico y no resultara sobre velocidad en la bomba, siempre daría causa a la falta de absorción calorífica suficiente por el líquido manejado, excesos de esfuerzo y el rozamiento en los claros críticos. Las válvulas de exceso y las válvulas de retén en líneas de desviación diferencial conjuntas con las de alimentación, ayudan en prevenir, por medio de la detención y el desvío, la actuación giratoria de la bomba por un flujo *independiente al líquido que maneje*.

Bajo condiciones ideales, la línea para desviar un flujo a puro empuje diferencial tendría su propia salida exclusiva en el tanque, y no suministraría el líquido desde la línea de succión, para prevenir la posibilidad de cavitación en la bomba durante un episodio de prorrogado sobre demanda. Esto ayudaría mucho en mantener la duración del ensamble de sellos mecánicos, pero sólo si se usara apropiadamente. Cuando existen las condiciones de sobre demanda muy excesiva o continua, en muchos casos obviamente se beneficiaría la instalación con bomba de mayor capacidad.¹¹

¹¹ Pero hay otra solución por ejemplo en ciertas situaciones de uso continuo poco distante al tanque, el solo flujo continuo a empuje de descarga mantendrá puro líquido a temperatura adecuada por las salidas. No obstante, en otros casos la tubería tendrá que modificarse por evitar que se tapen los orificios de salida. Véanse el siguiente dibujo, la pág. 14, los Boletines "AL-36" y "AL-93" para mayores informes.



Muy distinto a la *desviación de flujo excesivo a empuje diferencial*, es el *ajustable desvío diferencial a retorno* mostrado en la pág. 9, generalmente de uso temporal para purgar los vapores acumulados o para prevenir el imprevisto desarrollo excesivo de presión en la bomba. Sin embargo, muchas instalaciones requieren el desvío frecuente o continuo para mantener una demanda de fuerza constante en la bomba. Si la instalación permitiera la recirculación inmediata a succión del gas licuado manejado, rápidamente la absorción de calor resultaría hervor y cierres de vapor, de igual forma que cuando se abre la válvula interna de relevo a succión. Por eso la descarga "by-pass" *siempre se dirige al tanque de suministro* de manera que se disipe el calor sin afectar en la conducción.¹²

Otro factor causativo en los problemas de bomba especialmente en los sistemas de recirculación, es la humedad. Recordamos que es imposible prevenir que entre un poquito de humedad cada vez que se llene el tanque, por medio de una manguera y otras líneas de recepción, las que están abiertas a la atmósfera al conectarse y desconectarse. Sin embargo, si se dejan presionadas o bien tapadas mientras el desuso las mangueras y las líneas de recepción, entonces se minimizan las acumulaciones de humedad, y las posibilidades de oxidación dañina. Es muy importante eliminar la humedad en la tubería, especialmente donde el líquido se almacena a temperaturas menores a los 0° C. (32° F.): *la expansión interna de hielo puede resultar rupturas peligrosas*. Por eso tómesese precaución en recargar tal instalación o una parte de tal tubería que no haya sido utilizada en mucho tiempo.

Sólamete en raras ocasiones hay daños atribuidos a la contaminación de humedad en las Bombas SMITH, las cuales manejan prácticamente todos los líquidos limpios en cualquier viscosidad con tal que no corroan las aleaciones de hierro y acero. Si sube la viscosidad media a más de los 500 SSU (110 Cks.), es menester lo siguiente: (1) utilizar la bomba en rango de velocidad menor a la máxima y (2) incrementar los claros críticos del engranaje. De lo contrario, la bomba se desgastará rápidamente y se detendrá.

¹² Véanse los Boletines "AL-36", "AL-41" y "AL-93" para mayores informes.

Por ejemplo una Bomba SMITH de capacidad mediana, con los claros estándar, a velocidad hasta las 1800 RPM y originalmente intentada para la conducción intermitente de puro gas licuado, si se expusiera a la contaminación excesiva en la forma aceite pesado no disuelto en el líquido manejado, desarrollaría excesiva fricción interna debido a la velocidad no recomendada bajo esas circunstancias. Se rasparía el engranaje en las cajas, se rajarían los engranes motrices y se abrirían los claros diametrales en los agujeros. Estas condiciones son conductivas a los cierres de vapor y la detención.

Otros contaminantes en los flúidos manejados, tales como los excesivos residuos de la cinta de Teflón® usada como sellante en las roscas de tubería, eventualmente se meten a los claros críticos y exponen los engranes y los bujes un abrupto esfuerzo irregular más alta que su límite de diseño. Algunos contaminantes son dañinos porque son corrosivos. En los casos donde el líquido manejado contiene sustancias químicamente incompatibles con los materiales de construcción, el daño siempre se concentra en los sitios más sujetos a la acumulación calorífica.

Por eso en una situación extrema, la deterioración se iniciará en los sellos mecánicos, después las superficies de apoyo en los ejes y por fin los dientes de engrane. Si son muy concentrados los contaminantes incompatibles, los engranes se rasparán en las cajas mientras el ataque químico interfiere en los claros de equilibración. Sin embargo, en la mayoría de estos casos, la corrosión interna resulta las mismas síntomas exteriores de sobrecalentamiento en los sellos mecánicos por causa de insuficiente Disponible Carga Positiva Neta en la Succión ("NPSHA"). Las partículas de óxido producidas en la tubería, en las superficies internas de la bomba y en las piezas de trabajo, pueden circular libremente y abrir los claros críticos. Pero es la resultante cavitación que posteriormente causa la falla de la bomba.

LA PRESIÓN DIFERENCIAL. Esta consideración es importante en determinar la factibilidad de uso. Como es pronosticable el efecto de presión diferencial en el rendimiento, fácilmente se determina la descarga probable de acuerdo con la formula en los Catálogos "CP-1", "CP-3" y "CP-9". Los coeficientes de rendimiento ("slippage factors") son basados en la viscosidad. Especialmente con gases licuados, por mayor que sea la presión diferencial, menos será el rendimiento, mayor tendrá que ser la velocidad y más agravados serán los desgastes.

Si la presión diferencial es muy alta, la bomba perderá mucho caudal. El efecto sería igual a descarga desviada a la succión. Con los gases licuados, resultaría cierres de vapor y tensión vibratoria lo que aceleraría el desgaste en el engranaje y en los sellos mecánicos.

En los catálogos mostramos los rendimientos y velocidades *comparativos* ("nominales") como se relacionan en las aplicaciones más conocidas. Por la mayor parte, las Bombas SMITH son de trasiego intermitente a granel para flúidos de baja viscosidad tales como las petroquímicas ligeras y los gases licuados. Por eso las velocidades son las indicadas para las presiones diferenciales y las viscosidades estándar en estos mercados. Si se trata

sólamente del trasiego intermitente a relativa baja presión diferencial, las velocidades pueden ser *hasta las máximas permitidas*. De acuerdo con esto son estampadas las placas que también indican los otros límites máximos. Distintos requerimientos necesitarán diferentes rangos de velocidad. Excepto (1) la conducción de ciertos líquidos no lubricantes de alta polaridad (como el CO₂), (2) las bombas de baja capacidad usadas estrictamente en la conducción del Gas L.P. y (3) los modelos de baja velocidad, la siguiente tabla sirve de guía general para las Bombas SMITH Series "ATC", "MC" y "SQ", de velocidad "nominal" en 1800 RPM, para la conducción de los líquidos livianos.¹³

<u>TIPO DE SERVICIO</u>	<u>RPM MÁX.</u>	<u>PRESIÓN DIFERENCIAL MÁX.</u>
CONTINUO	900	2.8 Kg/Cm² (40 PSID)
CONTINUO LIGERO HASTA INTERMEDIO	1200	5.6 Kg/Cm² (80 PSID)
INTERMEDIO PESADO HASTA INTERMITENTE	1800	8.8 Kg/Cm² (125 PSID)
ALTAMENTE INTERMITENTE	1800	17.6 Kg/Cm² (250 PSID)

Por los factores de eficiencia es factible desarrollar más presión en menos velocidad con los líquidos de viscosidad mayor a 1 Cp.. En términos generales, con Bombas SMITH a 1800 RPM en servicio intermedio pesado hasta intermitente con los gases no altamente polarizados, la baja de caudal debida a presión diferencial alcanzará teóricamente hasta el 50% de la capacidad nominal antes de que afecte en el enfriamiento interno. El uso continuo requiere mínima presión diferencial por los efectos acumulativos de fricción.

Las Bombas SMITH para gases licuados como el Gas L.P., pueden ser instaladas en serie, de tal forma que cada una maneje sucesivamente una parte de la presión diferencial requerida, con tal que cada bomba siguiente es de menor caudal y la alimentación en exceso se desvíe continuamente al tanque de suministro. Comuníquese con el Departamento de Ingeniería para mayores informes (ver la pág. 15). A veces, la bomba desarrolla inesperadamente mucha presión diferencial por ejemplo cuando no ha sido provista la instalación de sistema de desviación o cuando el desvío es diseñado para funcionar simultáneamente con un restrictivo retorno gaseoso. En tal caso si el operario llena los tanques pequeños sin conexiones para el vapor, si por error la bomba permaneciera trabajando en intervalos muy extensivos, o si no se parara la bomba antes de que se cerrara la válvula en el final de la manguera, resultaría que la bomba trabajara

¹³ Esta tabla es intentada para *comparaciones generales*, dentro de las definidas clasificaciones de tiempo en uso los modelos de conexión directa a motor eléctrico. Véanse los Boletines "AL-36", "AL-202A", "BOL-204", los apropiados catálogos, otros boletines técnicos, y manuales de la Smith Presición. Comuníquese con la fábrica para recomendaciones específicas con respeto a los requerimientos de diseño y presión diferencial, además de las RPM correspondientes, para estos modelos más los que no son mencionados arriba.

contra salida ciega (lo que sería peligroso debido al *desplazamiento positivo*), o que se abriera la válvula interna de relevo formando cierres de vapor y causando acelerados desgastes internos. En el peor caso no recomendado de conducción contra salida cerrada sin relevo o sin conducto adecuado de escape, antes de que se detuviera la bomba, *se desarrollaría momentáneamente una presión agravada extremadamente alta en el lado de salida*. Esto podría dañar en forma peligrosa los componentes expuestos a la descarga, sobrecargar las cajas de bomba, forzar la transmisión motriz y detener la bomba abruptamente.

La severidad de los daños dependería de los mecanismos de relevo, la viscosidad y la velocidad motriz. Síganse los procedimientos recomendados y los aplicables códigos de seguridad en diseño y operación. La instalación bien construida cuenta con su sistema correctamente ajustada y adecuadamente capacitada para la desviación al tanque.¹⁴

Otro ejemplo es en aquellas operaciones que siempre conectan los retornos de vapor pero existen restricciones excesivas en la descarga, la línea de retorno o la línea de desvío, las que no son de tamaños adecuados.¹⁵ Si cualquiera de estos sistemas no es de acuerdo con el rendimiento de la bomba, últimamente resultará dificultades en la conducción. Los camiones de entrega que cuentan con la operación simultánea de ambos retorno y desvío, para eliminar la excesiva presión diferencial, resultan problemas en la bomba, cuando se descargan bajo circunstancias poco usuales por ejemplo con muy altos incrementos en presión diferencial o intervalos muy largos para la equilibración en el retorno de vapores. Si se planean incrementos futuros en el volumen de descarga, hay que prestar aún más atención al diseño y al uso, particularmente en los sistemas móviles.

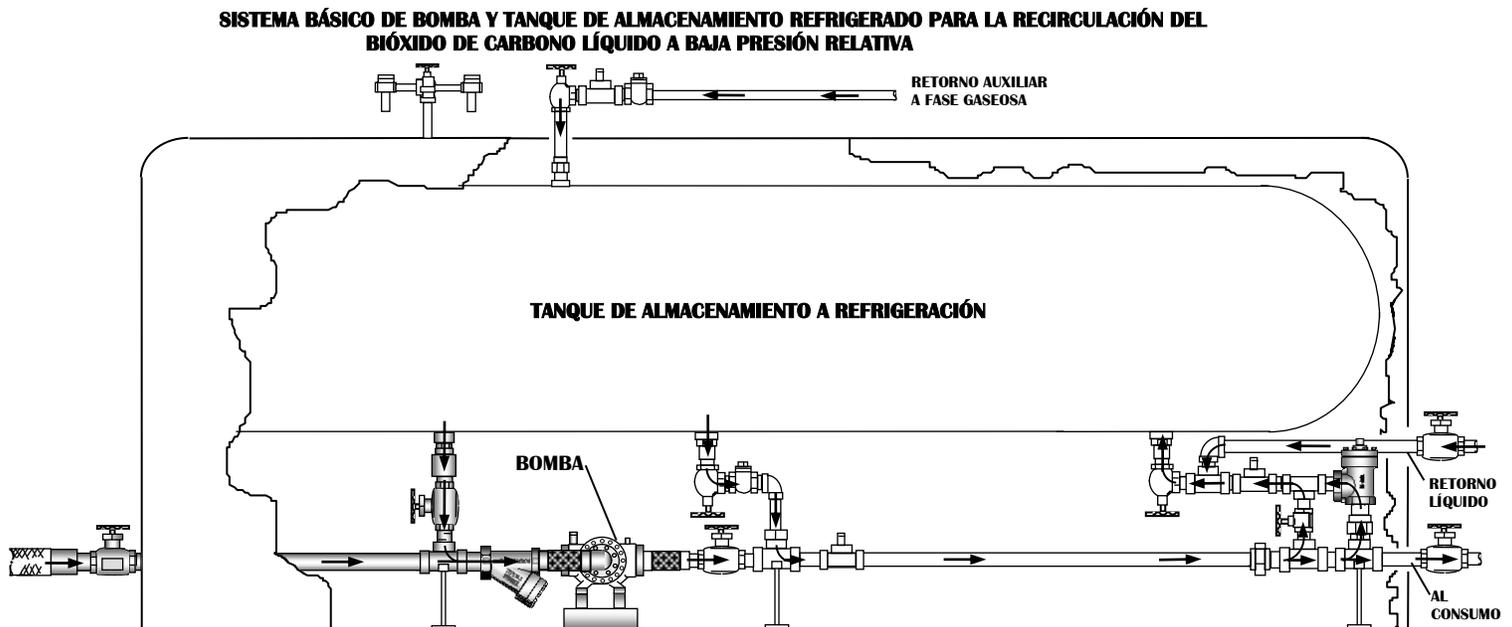
La presión diferencial altamente variable, la que no resulta una demanda de fuerza constante en la bomba, puede resultar disminución en su durabilidad especialmente en el uso continuo. Teóricamente en la recirculación continua del CO₂ es mejor mantener un desvío constante al tanque en la descarga, para que la bomba siempre desarrolle la misma diferencial predeterminada mientras la descarga variable a la atmósfera. Sin embargo, en la realidad con estos sistemas no es posible siempre mantener la presión diferencial a un solo nivel. Por ejemplo en la operación simultánea de varias cámaras térmicas las que funcionan por descarga periódica de CO₂ líquido a la atmósfera, a veces la demanda colectiva es en exceso de la capacidad de la bomba de recirculación. Por medio de otra línea que suministre la sobre demanda desviando a la bomba el resultante flujo a presión de vapor, no se afecta la bomba por el empuje hidráulico que de lo contrario interferiría en su funcionamiento. Además en este caso, la desviación cuenta con una válvula de retén, la que se abre solamente mientras la descarga sobrante a presión de vapor cuando la bomba no desarrolla presión. Este remedio efectivamente previene el retorno de descarga a la

¹⁴ Véanse los Boletines "BOL-197", "AL-3", "AL-36", "AL-41", "AL-93", "AL-201A", los Catálogos "CP-1", "CP-3", "CP-9" y "DBV-L" para mayores informes. Véase el dibujo en la pág. 9. *Recuérdese que las Bombas SMITH conducen en ambos sentidos de rotación, hasta los modelos clasificados "no reversibles". Si pueden ser giradas al sentido contrario por error, instálense los aparatos capacitados para relevar la presión y desviar adecuadamente el flujo en ambas direcciones, de acuerdo con el rendimiento.*

¹⁵ Véanse los Boletines "AL-3", "AL-36" y "AL-41".

succión cuando la bomba vuelva a desarrollar presión diferencial. La desviación de sobrante descarga a presión de vapor, elimina efectivamente los efectos adversos del empuje hidráulico, permitiendo el uso continuo de bomba con rendimiento mínimo de recirculación por compensar la absorción calorífica ocurriendo en el desuso del sistema, de modo que no salgan vapores acumulados al primer ciclo de uso en los puntos de descarga después de un período de reposo.¹⁶ Tal bomba desarrollaría presión poco variable, con la excepción de una notable caída diferencial, ocasionalmente.

El siguiente dibujo es un ejemplo de sistema de recirculación bien diseñado, el que exige fuerza mínima a la bomba mientras el uso constante. Ilustramos un uso corriente del Bióxido de Carbono licuado a baja presión relativa. Véase el Boletín "AL-93" para mayores informes sobre los distintos componentes y cómo se usan. Este dibujo no es intentado para su interpretación literal y como todos los dibujos en nuestra literatura su propósito es simplemente ilustrar los conceptos básicos.



LA VELOCIDAD MOTRIZ. Hay distintos rangos de velocidad que corresponden a los usos específicos de Bombas SMITH de acuerdo con la aplicación y los límites de diseño. Se consideran críticos estos rangos en la conducción de los líquidos poco viscosos, para evitar desgastes altamente acelerados. De acuerdo con el servicio y el diseño, el máximo límite de giro en la mayoría de aplicaciones puede llegar a las 1800 RPM. La velocidad en exceso a este máximo resultaría insuficiente lubricación y enfriamiento interno, exponiendo las piezas de trabajo al esfuerzo abrupto, fricción excesiva y desgaste acelerado. Las Series "D", "E", y "GC/MC" manejando el puro Gas L.P. son giradas hasta las 3600 RPM. Hay otros modelos con rangos de baja velocidad, usadas con las tomas de fuerza, bandas y poleas, etc.: las Series "MCAT", 600-1200 RPM; "TC-2/3", 250 -500 RPM; y "TC-1044", 450 - 900 RPM. Tal como mencionamos previamente, los catálogos y las

¹⁶ Véanse la pág. 9 en este escrito y el Boletín "AL-93" para mayores informes.

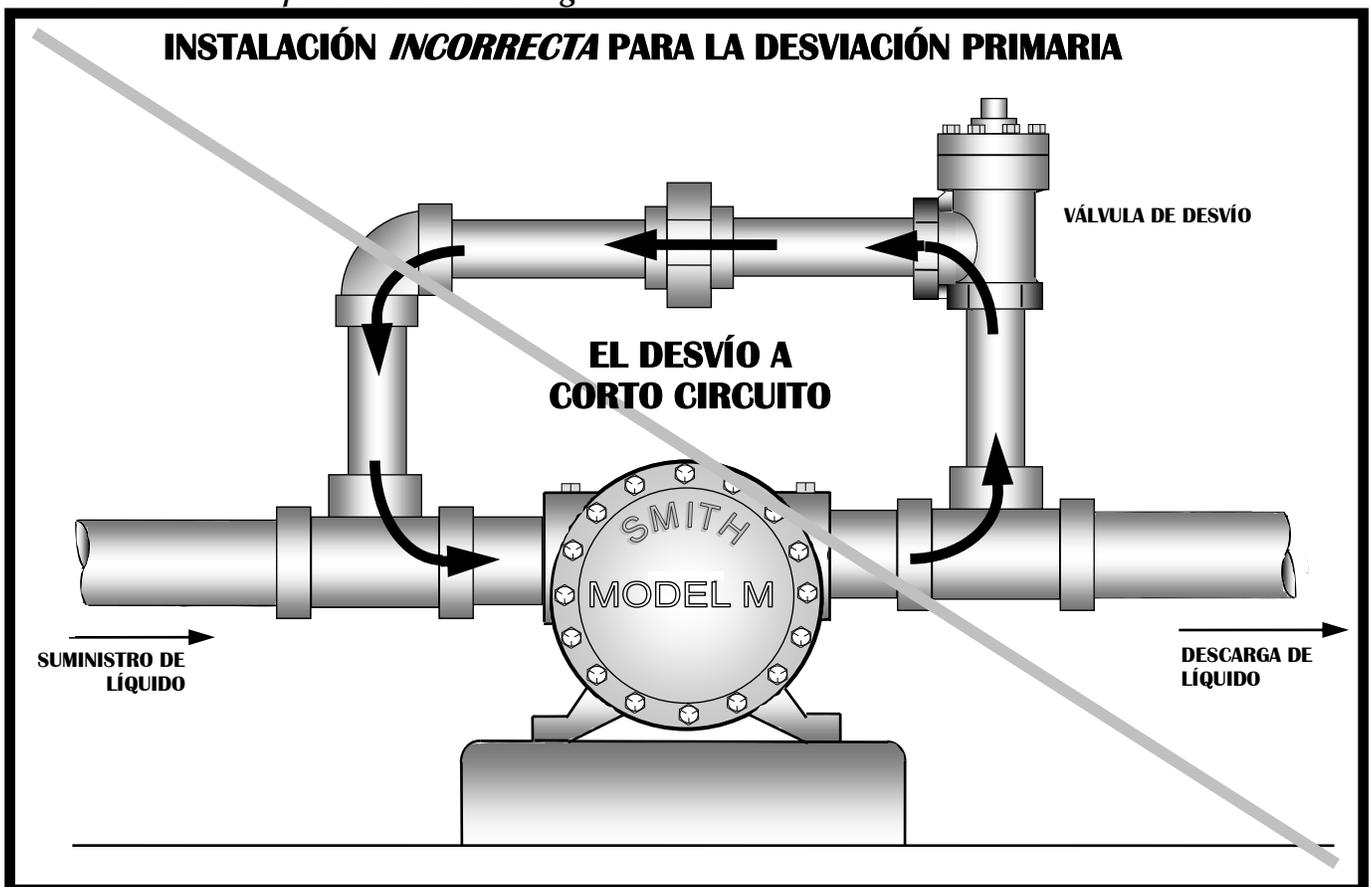
placas relacionan las Bombas SMITH a las aplicaciones medias en el mercado, las que son transferencias relativamente voluminosas e intermitentes a baja presión diferencial. Las cifras estampadas en la placa identifican capacidades máximas bajo condiciones intermitentes teóricamente perfectas. De modo que en consideración de los factores de desgaste, ciertas aplicaciones específicas requerirán *menor velocidad y menor desarrollo de presión (véase el Boletín "BOL-196")*.

Por lo tanto si se disminuye la velocidad en menor a la máxima, tiene que bajarse de igual forma el desarrollo de presión, para eliminar el exceso de vaporización interna resultada por la correspondiente pérdida de caudal. En términos generales, si la presión diferencial no superara a las 40 PSID (2.8 Kg/cm²) mientras la conducción de los gases licuados serían factibles las velocidades a la mitad o aún menor que la máxima. En servicio intermitente a presiones diferenciales de hasta 80 PSID (5.6 Kg/cm²), las RPM pueden ser reducidas hasta el 66% de las máximas. A mayores presiones, se requiere el rango máximo de velocidad, de modo que el intervalo de uso no puede ser continuo. Guíese siempre por los datos específicos de aplicación. Comuníquese con la fábrica para mayores informes.

El desarrollo de presión podría ser reducido individualmente entre varias Bombas SMITH conectadas en serie, pero por la falta de sincronización sucesiva la simple conexión directa no resultaría igual a una sola bomba centrífuga de varias etapas progresivas. *Se lograría el desarrollo progresivo de presión diferencial por la desviación externa continua*. Entonces, tal sistema requeriría las tuberías más complicadas con mayor control sobre su operación; de tal forma que la primera bomba *siempre le suministraría hacia la siguiente un volumen de líquido mayor a su capacidad*. Por el continuo desarrollo proporcional se requeriría que el volumen en exceso a la capacidad de la segunda bomba, correspondiente a la descarga de la primera bomba, *fuera desviada continuamente al tanque de almacenaje*; y que lo mismo ocurriera entre la segunda bomba y la tercera, etc.. Entonces, cada bomba en sucesión tendría que ser de capacidad mayor a la siguiente, lo que indicaría el uso de distintos modelos seguidos o el uso de los mismos modelos en distintas velocidades. De lo contrario, o la primera bomba desarrollaría el total de la requerida presión diferencial o las últimas bombas en la línea se expondrían a la cavitación y los cierres de vapor en especial con los gases licuados. Los líquidos de viscosidad mayor a los 500 SSU (110 Centistokes) presentan distintos problemas. Son requeridas las velocidades menores al máximo, para asegurar la lubricación interna adecuada, a menos que la presión diferencial alcance a varias cientos de Libras por Pulgada Cuadrada. Además será necesario la aumentación de los claros en el engranaje para conseguir adecuada lubricación interna.

EL SISTEMA DE DESVIACIÓN. Cuando son manejados los líquidos muy cerca a su punto de hervor, cualquier absorción calorífica resultará las posibilidades de cavitación y daños a causa del desplazamiento de vapor en el líquido circulando por el interior de la bomba. El funcionamiento normal de una típica válvula de desvío, siendo activada por una bomba desarrollando presión, incrementa la temperatura en el líquido manejado. De manera que si el líquido fuera inmediatamente desviada a la succión sin que se disipara el calor absorbido, se acumularía rápidamente por la recirculación. En el caso de los gases

licuados (tales como el Gas L.P., el Amoníaco Anhidro y el Bióxido de Carbono bajo condiciones medias), instantáneamente se volverían puro vapor en la entrada de la bomba. Por funcionar en circuito corto de menor volumen de líquido, la activación de válvula incorporada de relevo a succión es peor que abrirse válvula externa descargando directo a la línea de entrada. El dibujo siguiente ilustra tal sistema de desviación primaria *no recomendada* para bomba de gas licuado. Una solución teórica marginal sería la refrigeración simultánea del líquido retornado, pero es mejor resolver el problema por medio de un buen diseño. La desviación siempre es requerida por factores de operación y seguridad, de manera que el diseño de la tubería de desvío tiene que ser adecuado para manejar la descarga total sobre un intervalo extendido *sin recircular a la succión y sin desarrollar mucha presión en la descarga*.



En muchos casos la desviación al tanque beneficia la operación de la bomba resultando incrementos de presión en la fase gaseosa. Mientras sube la presión, ocurre menos desplazamiento de vapor en la succión y como resultado requerirá la descarga proyectada menos presión diferencial.

Se beneficia en esta forma el trasiego desde cilindros grandes a cilindros pequeños, y especialmente en las instalaciones móviles. No sólo ayuda en eliminar el exceso de presión diferencial continua, sino reduce el ruido de funcionamiento, facilita el llenado, minimiza el trabajo de la bomba y provee un mecanismo de relevo en caso de restricción imprevista en la línea de salida. Pero en la recirculación continua del gas refrigerado

como el CO₂, el desvío a la fase líquida ayuda en disminuir el incremento de presión en la fase gaseosa, la que de lo contrario se acercaría al ajuste en las válvulas de alivio.¹⁷

LOS CAMBIOS EN TEMPERATURA AMBIENTE. Mientras las épocas de mucho frío la caída de presión en una línea marginal de suministro que normalmente no fuera conductiva al vapor en la succión de la bomba, resultaría apreciable desplazamiento de vapor, disminución proporcional en la descarga y desgastes internos en la bomba. Por ejemplo en el caso de un tanque de Propano faltando en la elevación el equivalente a tres pies al alcanzar el menor nivel de líquido, el porcentaje de reducción en la descarga sería menor al 10% hasta +40° F.. Sin embargo en -20° F., la pérdida de caudal llegaría aproximadamente al 37% y en poco tiempo resultaría severos desgastes internos.

TABLA 1. POR CIENTO DE REDUCCIÓN EN LA DESCARGA DE GAS L.P. POR LA FALTA DE ELEVACIÓN (CARGA ESTÁTICA)

Líquido y Temperatura	La Diferencia entre la "Elevación Requerida" y la "Elevación Disponible" En Pies Equivalentes a Columna Vertical de Líquido											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Propano 100° F.	0.7	1.4	2.0	2.7	3.3	4.0	4.6	5.2	5.8	6.5	7.1	7.6
Propano 70° F.	1.4	2.8	4.1	5.4	6.6	7.9	9.0	10.2	11.4	12.4	13.5	14.6
Propano 40° F.	3.0	5.9	8.9	11.1	13.6	15.8	18.0	20.1	22.0	23.9	25.7	27.3
Propano 10° F.	6.9	12.9	17.9	22.0	27.1	30.8	34.2	37.3	40.2	43.5	45.1	47.2
Propano -20° F.	16.3	28.0	36.8	43.7	49.3	53.9	57.6	60.8	63.7	66.1	68.1	70.0
Butano 100° F.	7.4	13.7	19.3	24.1	28.5	32.3	35.7	38.9	41.7	44.3	46.7	48.8
Butano 70° F.	15.3	26.5	35.1	41.8	47.3	51.9	55.8	59.0	61.8	64.2	66.3	68.3
Butano 40° F.	30.9	48.3	58.4	65.3	70.2	73.8	76.7	79.1	80.8	82.6	83.8	84.9

Hay que considerar la temperatura ambiente dónde los sistemas que no cuenten con calefacción o refrigeración artificial. Por lo tanto si no se consideró en el diseño original, resultará problemático el efecto de diferencia en temperatura entre el líquido en el tanque y el líquido en proximidad a la bomba. En un sistema para el CO₂ refrigerado, al bajarse la temperatura ambiente hasta menor a los 0° F., los aislamientos inadecuados o mal instalados en el tanque de almacenaje pueden dar causa a la presión diferencial excesiva.

Definitivamente necesita modificarse la instalación que provea a la succión de bomba el gas licuado con desplazamiento vaporoso continuo mayor al 10% del volumen conducido, debido a insuficiente Disponible Carga Positiva Neta en la Succión ("NPSHA"). Si los efectos no fueran incluidos al formular el diseño, la temperatura ambiente podría ser responsable de fallas en las bombas, especialmente al bajar la presión lo suficiente para resultar mayor al 10% de vapor en flujo de entrada a la bomba.

¹⁷ Véanse los Boletines "AL-36", "AL-41", "AL-93" y "AL-204A" para mayores informes.

En las bombas teóricamente bien instaladas, ha sido problemático el enfriamiento que resulte congelación de las grasas de petróleo. Por esta razón utilizan las Bombas SMITH el balero con grasa sintética para mayor lubricación sobre rangos más amplios. Por ejemplo, ciertas bombas usadas en recirculación a baja temperatura para cámaras termales llevan balero con grasa sintética que provee buena lubricación hasta los -84° C. (-120° F.).

LA PRESIÓN EN LA FASE GASEOSA. Fácilmente se observa en los gases licuados debidamente almacenados, que por el hervor producen vapores en la parte superior del tanque sobre la fase líquida hasta que resulten suficiente presión en esta fase gaseosa para formar un equilibrio que impide la vaporización continua. La presión adquirida en esta forma varía naturalmente según las características individuales y la temperatura del líquido. En esta discusión nos referimos primariamente a los gases licuados manejados comúnmente con Bombas SMITH, en presiones moderadas y a temperaturas ordinarias.

A veces las bombas tienen fallas "inexplicables" a pesar de ser teóricamente bien instaladas. *Ocurrirían tales problemas con frecuencia si los efectos adversos en la bomba, por causa de cambios en la presión natural de vapor, no fueran adecuadamente considerados en el diseño de la instalación.* Esto se manifiesta especialmente cuando la presión natural de vapor es menor a la presión atmosférica.

La Bomba SMITH que maneje un gas licuado a presión menos que la atmosférica, si no fuera modificada específicamente para el vacío, al exponerse a la falta de presión positiva permitiría la entrada de aire, lo que disminuiría la duración y la eficiencia en el manejo. Además si el diseño del sistema no contara con la elevación adicional requerida por tal falta de presión, una restricción tolerable bajo circunstancias normales podría causar falta de Disponible Carga Positiva Neta en la Succión ("NPSHA"), resultando excesivo desplazamiento vaporoso y agravada cavitación en la entrada de líquido a la bomba.¹⁸

LA TEMPERATURA DEL LÍQUIDO. No se suponga que todos los flúidos son afectados de la misma forma por la temperatura y el flujo. En ciertas temperaturas, o consistentemente dentro del rango de temperatura, al sujetarse a la agitación o "turbulencia" durante el manejo, ocurren cambios drásticos en la viscosidad de algunos líquidos. La bomba afecta la agitación en el líquido manejado. También la produce el flujo, especialmente en ciertos componentes los que resultan en el líquido manejado notables cambios direccionales y de velocidad. Tómese en cuenta la simultaneidad dinámica de todos estos efectos para calcular adecuadamente la caída de presión.

De modo que posiblemente se justifique otra categoría en este boletín, con relación a las condiciones del manejo, las que vuelven distinta la dinámica viscosidad "efectiva" a la

¹⁸ Cuando se diseña el sistema de trasiego, no se ignore ninguna posibilidad de problemas a causa de vacío. Véanse los Boletines "AL-36", "AL-43", "AL-93B", otra literatura apropiada de la Smith Presición y las referencias técnicas aceptadas. Comuníquese con la fábrica para mayores informes.

predeterminada viscosidad "aparente". A la física Newtoniana sin embargo son suficientemente pronosticables las propiedades de casi todos los líquidos comunes. Una de estas características es la consistencia de viscosidad a pesar del "Grado de Turbulencia" (así como las disoluciones de Azúcar, la Gasolina, el Gas L.P., el Bióxido de Carbono líquido, los aceites petrolíferos y al Amoníaco Anhidro); así que la pérdida de fricción es relativamente fácil de determinar. Sin embargo, los líquidos "dilatantes" y "tixotrópicos" presentan una serie de variaciones afectadas por el diseño de la bomba, la que resulta cambios en la viscosidad de acuerdo con la agitación en el flujo conducido. Los flúidos "dilatantes" muestran incrementos en viscosidad mientras se exponen a mayor agitación (así como las emulsiones y los compuestos químicos usados en la producción del dulce). Los flúidos "tixotrópicos" tienden a licuarse cuando se agitan y solidificarse en reposo; muestran disminución de viscosidad mientras se incrementa la agitación (así como el jabón, las resinas, el aceite vegetal y otros extractos vegetales). Tales cambios pueden afectar la presión diferencial y las características de lubricación interna. Si no se toman en cuenta, resultarán fallas de bomba.

Muchas facilidades de almacenamiento utilizan la refrigeración para mantener la presión a menores niveles más prácticos. Pero siempre son importantes los efectos del rango de temperatura en la densidad y presión del vapor. Además de igual importancia son los efectos de la temperatura en los materiales de construcción en la bomba y la hermeticidad. Actualmente, los materiales estándar de construcción permiten las modificaciones de Bombas SMITH de acuerdo con el uso, a temperaturas desde -101° C. (-150° F.) hasta $+204^{\circ}$ C. ($+400^{\circ}$ F.) y a presiones con gases licuados hasta los 42 Kg/cm^2 (600 PSIG), con amplia margen de seguridad. Véanse los datos específicos en la placa.

Los estudios han determinado que es teóricamente posible fabricar las Bombas SMITH resistentes al enfriamiento hasta -196° C. (-320° F.), y al calor hasta $+316^{\circ}$ C. ($+600^{\circ}$ F.), con el diseño estándar y especiales materiales de construcción. Las unidades estándar pueden ser modificadas y construidas para resistir al choque térmico dentro de -53° C. (-65° F.) hasta $+110$ C. ($+230^{\circ}$ F.), positivamente verificado por la experiencia en el mercado. Tómense en cuenta los efectos del frío en las impurezas suspendidas o disueltas manejadas simultáneamente con el líquido especialmente al primer ciclo de uso, ya que por éstas se requerirán cambios en los claros de engranaje, la velocidad motriz o la aplicación de la bomba.

Otra consideración es la generación de calor. Por ejemplo, ciertos líquidos se cristalizan al ser manejados sobre un límite calorífico. Como el sellaje mecánico normalmente produce calor friccional en su funcionamiento, podría contribuir a la cristalización en el área próxima, lo que resultaría desgastes abrasivos. Por último la temperatura afecta la presión de vapor y la viscosidad, factores importantes en determinar la velocidad motriz.

Ocurren las acumulaciones de hielo en el exterior de la bomba, por las diferencias en temperatura entre el aire y el líquido manejado. En el uso continuo bajo condiciones frías, la congelación de humedad puede obstruir la salida de relevo con la excepción de los modelos estándar Serie "SQ". Es necesaria esta salida de relevo para la detección de fugas y para relevar cualquier presión en la cámara de escape. Si se tapa esta salida, entonces la

filtración bajo las peores condiciones ruptura el sello rotatorio auxiliar y el relevo pasa lentamente por el balero, lo que eventualmente resulta el desengrase. Además, en esta manera el relevo del gas licuado puede bajar la temperatura lo suficiente para congelar la humedad que entre. La abrasión producida por el hielo puede gastar los sellos mecánicos y a lo peor el relevo de presión disminuye la temperatura, hasta congelar una parte del volumen de escape. Cuando se congela el gas licuado manejado, de esta forma se acumulan los resultados cristales abrasivos en el interior de la bomba y pueden gastar las piezas de trabajo. Si las condiciones llegan a bajar la temperatura en menos de 40 grados bajo cero, muchos elastómeros sintéticos, usados en los aro-sellos ("o-rings"), se endurecen excesivamente; otros en proximidad al área de relevo se encogen y se rajan.

A pesar de lo teórico, determinamos por la experiencia que con los gases licuados de baja presión (tales como el Gas L.P. y el Amoníaco Anhidro), mientras se disminuye la temperatura del líquido en la misma instalación, más crítico es aumentar la Carga Estática para seguir previniendo el exceso de vapor en la succión de la bomba. Las dificultades más agravadas siempre ocurren al manejar los gases licuados a presiones muy reducidas, tal como el puro Butano en un día de mucho frío, o el Amoníaco Anhidro refrigerado a -40° C. (-40° F.). En tales casos se recomiendan normalmente los ocho pies de Disponible Carga Positiva Neta en la Succión, opuesto a sólo los cuatro pies en $+21^{\circ}$ C. ($+70^{\circ}$ F.).

EL INTERVALO DE USO. Un factor negado con frecuencia por muchos usuarios cuando figuran la aplicación de sus bombas, es desafortunadamente el tiempo en uso y desuso. En muchos casos se ve que el intervalo de uso es muy intermitente y por eso las opciones especiales no son necesarias. De modo que generalmente serán más cortos los plazos de entrega y más disponibles las piezas de repuesto. Sin embargo, siempre habrá caso de lo contrario dónde el uso duro llegue a un extremo ni imaginado por el distribuidor, así que el intervalo de uso y desuso es crítico en la determinación de las opciones y las velocidades motrices.

Por ejemplo dónde se requiere una Bomba SMITH en uso continuo manejando el gas licuado, ésa típicamente es acoplada directamente a su motor eléctrico (véanse los catálogos apropiados), recomendamos motor de 900 RPM nominales y consideramos esa velocidad como la máxima *de aplicación*; de lo contrario las acumulaciones de calor friccional resultarán el desgaste interno excesivo. Hay directa relación entre la velocidad de la bomba y su duración: si una unidad usada en "0" PSID a las 24 horas por día durara 6 meses a las 1800 RPM, entonces bajo las mismas condiciones en las 1200 RPM duraría un año y en las 900 RPM duraría 18 meses. En cambio, con el uso muy intermitente dónde la bomba funcione en intervalo menor a los dos minutos, por ejemplo en vaciar el Amoníaco Anhidro líquido desde un acumulador, son factibles las presiones diferenciales hasta 14 Kg/cm² (200 PSID) o más en configuraciones estándar. Sin embargo, mientras se incrementa la viscosidad, el intervalo de uso deja de ser tan crítico.

La mayoría de las Bombas SMITH son usadas para la conducción de gases licuados, los que son de poca viscosidad. Con los líquidos más pesados de poca viscosidad (tales como la gasolina y otros combustibles petroquímicos líquidos a presión atmosférica) en el uso

continuo una Bomba SMITH podrá ser utilizada en su velocidad máxima de diseño ("velocidad nominal") y siempre con larga duración. En el manejo del aceite el intervalo de uso no es tan importante como los factores de presión, temperatura y viscosidad. En las transferencias de los líquidos altamente viscosos, la consideración más importante será que si la bomba requiere incremento en los claros para la lubricación interna.

EL ALMACENAJE DE LA BOMBA ANTES DE SU INSTALACIÓN. Aunque sea nueva una Bomba SMITH, si no es instalada y usada antes que cumpla un año desde la fecha de embarcación de la fábrica o si no son protegidas las piezas internas mientras el desuso extendido, posiblemente se presente una situación peligrosa en el uso debido a la corrosión en los sellos, además de las posibilidades de rozamiento y desgastes internos altamente acelerados resultando igual como si hubiera manejado el líquido con excesos de vapor y cavitación. Los aro-sellos elastómeros sintéticos no expuestos a la presión sobre un largo intervalo en reposo, eventualmente se deforman por la compresión mecánica. Después de un desuso extendido, se desintegran las grasas de balero, volviéndose dos componentes separados, aceite y agente espesador y en ese estado no ofrecen buena lubricidad.

En la mayoría de los casos el usuario sí puede mantener a la Bomba SMITH en buenas y seguras condiciones, hasta durante el almacenamiento indefinitivo, con tal que se sigan ciertos lógicos procedimientos recomendados. Sin embargo, fabricamos unos equipos especiales, por ejemplo *las bombas de trasiego para el Óxido Nitroso, las que no se prestan ni al desuso extendido, ni la limpieza estándar, ni las técnicas normales de mantenimiento y reparación.*¹⁹ Mientras el desuso extendido, un poco de solvente mineral "Stoddards" en el interior de las Bombas SMITH para el Gas L.P. y el Amoníaco Anhidro, ayuda mucho en prevenir el deterioro, de igual forma que el aceite de motor automóvil tipo "SA" o "SB". Esto protege las piezas de trabajo, menos los aro-sellos ("o-rings") y los baleros. Si se repone el ensamble de sellos SMITH antes de volver a utilizar la bomba, probablemente funcionará bien a pesar del intervalo en desuso aunque fuera varios años. Naturalmente antes de usar la bomba habrá que limpiar el interior y remover completamente los residuos de aceite o solvente. De lo contrario, se contaminará el producto manejado. También si se expone la bomba a temperaturas reducidas en la instalación, pueden ser congelados los residuos, lo que interferiría en el funcionamiento. Comuníquese con la fábrica para mayores informes sobre los usos específicos.

¹⁹ Véanse los Boletines "AL-45", "AL-97A", "AL-200A", "AL-201A", los manuales y otros apropiados boletines técnicos de la Smith Presición, para determinar si se permite el almacenamiento de la unidad. En ciertos servicios especializados con el manejo de productos altamente reactivos, las bombas requieren intervalo mínimo entre el embarque desde la fábrica, la instalación y el primer uso. Bajo estas condiciones únicas, *no se recomienda el almacenamiento por factores de seguridad.* Con estas bombas y equipos relacionados, evítense las situaciones potencialmente peligrosas por la incompatibilidad química. Síganse los procedimientos de seguridad recomendados por su compañía, los ensambladores de instalación, y los fabricantes, incluyendo las reglas y códigos vigentes locales, estatales y federales. Comuníquese con la fábrica para mayores informes.

LAS REPARACIONES INAPROPIADAS. En muchos casos bajo condiciones dónde no han hecho el mantenimiento preventivo, con tal que no se hayan desgastado completamente los sellos mecánicos, no se haya deteriorado completamente el engranaje y no se hayan removido más de unas cuantas milésimas de pulgada por el raspamiento en los agujeros respetivos, la Bomba SMITH seguirá funcionando, y manejará el líquido de acuerdo con su "rendimiento nominal" (ver el catálogo apropiado), especialmente si en la succión hay carga mayor a la Requerida Carga Positiva Neta ("NPSHR").

Lamentablemente el mantenimiento preventivo tiende a ser ignorado con mucha frecuencia y se espera hasta que haya problema con la bomba para hacer entonces las reparaciones. Seguir operando el equipo negando las obvias manifestaciones del funcionamiento problemático, resultará desgastes irreparables. Las reparaciones *siempre tienen que lograrse a tiempo*. De lo contrario sólo se prorrogará temporalmente la duración, hasta que ocurra otra falla. Recuérdese, el hecho de que la bomba sigue trabajando con dificultad no significa necesariamente que se puede continuar el uso.



DETERMÍNESE LA SEVERIDAD DE DESGASTE POR MEDIO DE INSPECCIÓN OCULAR



Revisando las paredes de los agujeros.



Apariencia normal de tapa sin desgaste funcional.



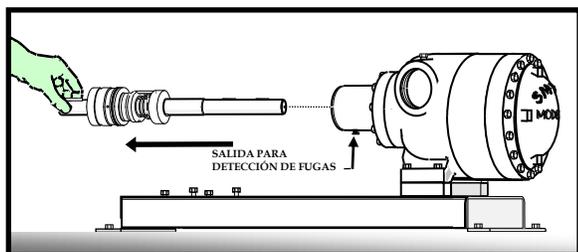
Revisando el fondo del agujero.

En muchas ocasiones es suficiente una sencilla inspección ocular. Por ejemplo, si se percibe la falta excesiva de material en las áreas mostradas, la bomba no puede ser reparada solamente con la reposición de las piezas de trabajo. Sin embargo, si no hay desgastes apreciables en las carcasas usadas, es factible la reposición de las piezas de trabajo solamente.

El autoajuste característico y la DCPNS ("NPSHA") pueden seguir resultando el manejo a pesar de las condiciones, la negligencia y el desgaste. Es factible que un mecánico no reconociera el rozamiento excesivo en las cajas de bomba, aunque en realidad mostrarían notable falta de material. Cuando eventualmente se abren los claros llegando al doble de los originales por causa de ignorar la reposición de las piezas a tiempo, el repuesto del engranaje y el ensamble de sellos no remediará la ineficiencia en el rendimiento. Bajo tales circunstancias, los repuestos pronto se desgastarán por falta de soporte interno, esfuerzo vibratorio y rendimiento ineficiente.²⁰ Las Bombas SMITH no requieren de

²⁰ Véanse los Boletines "GM-1", "ED-1", "AL-97A", "AL-93", "AL-58", "AL-201A" y otra literatura de la Smith Presición. Siganse los procedimientos seguros en las reparaciones, incluyendo todas las aplicables reglas y leyes vigentes locales, estatales y federales, así como los apropiados Códigos de Seguridad (la "NFPA 58" para el Gas L.P.). Desensámblase y reensámblase el equipo en secuencia. Repónganse las piezas muy gastadas. No hay empaques donde se unen las carcasas y las tapas; después de desensamblar la bomba límpiense las caras de sellaje. Efectúese un buen sello con la aplicación del compuesto aprobado

lubricación ni ajustes periódicos, pero sí recomendamos las inspecciones rutinarias las que determinarán la reposición de las piezas y la eliminación de las fallas de bomba en los sistemas bien diseñados y operados, además de prorrogar mucho su duración en las instalaciones no perfectas.²¹ En todos los casos, recomendamos altamente el repuesto rutinario de las piezas críticas *antes de que fallen*, de acuerdo con las inspecciones subsecuentes. En toda probabilidad, estas piezas críticas comprenderán el ensamble de sellos mecánicos, los engranes y los bujes pilotos. En las instalaciones *no bien diseñadas* las primeras piezas que usualmente se desgastan primero son los sellos mecánicos, los que entonces resultan daños posteriores en las otras piezas críticas. Al fallar los sellos mecánicos, la filtración a la atmósfera eventualmente afecta la equilibración hidráulica en el engranaje, resultando desgastes de engranes motrices y agujeros respectivos. Por eso la reposición a tiempo del ensamble de sellos mecánicos prorroga definitivamente la duración y adaptabilidad de la bomba. Generalmente en la conducción de los gases licuados mayor a seis horas consecutivas, para reducir a la tercera parte los factores de desgaste recomendamos velocidad a la mitad de la nominal y la presión diferencial en menor a los 3 Kg/cm² o 40 PSID (Véase "AL-36"). Aún así, las inspecciones preventivas seguirán prorrogando significativamente la duración. El siguiente dibujo ilustra cómo se puede cambiar fácilmente el ensamble de sellos mecánicos SMITH en el sitio de instalación, sin desconectar la tubería.²² Recuérdese que bajo condiciones normales, el ensamble de sellos mecánicos SMITH en las bombas de baja capacidad hasta los 57 LPM (15 USGPM) debe ser repuesto a no más de cada 8,000 horas de uso y de acuerdo con las inspecciones recomendadas. Para las bombas en capacidades de 77 - 964 LPM (20 - 250 USGPM), este intervalo queda en no más de 12,000 horas y de acuerdo con las inspecciones recomendadas. Véanse los Boletines "AL-200A", "AL-201A" y "AL-97A".



UN SOLO ENSAMBLE DE SELLOS Y FÁCIL DE REPONER.

Hay factores variables los que afectan la duración de los sellos mecánicos: DCPNS ("NPSHA"), restricciones al flujo de alimentación, tipos de flúidos manejados, condiciones conductivas a la cavitación, trabajando la bomba en seco, presión diferencial excesiva, salida cerrada, las RPM excesivas, tiempo en uso, contaminación y etc..

Ya que la equilibración hidráulica requiere que el engranaje se mantenga en proximidad cerrada a las cajas, lógicamente se evita el exceso de espacio libre. En los peores casos de rozamiento por los engranes, las cajas tienen que ser repuestas o rectificadas a máquina.

cuidadosamente. Antes de su instalación, revítese la bomba por fugas. Al comprobar la hermeticidad úsese el medio recomendado el que tiene que ser compatible con los materiales de construcción y los líquidos por ser manejados de acuerdo con la placa. Evítese el peligro. No se use el agua. El Nitrógeno puede causar fugas entre las cajas y en los sellos. Comuníquese con la fábrica para mayores informes.

²¹ Estos procedimientos son explicados en el Boletín "AL-200A". Véase el Boletín "AL-97A" para mayores detalles sobre las Bombas SMITH de capacidades altas y medianas.

²² Síganse los procedimientos de seguridad, alíviese la presión de la bomba y llévense guantes.

De lo contrario, si sólo se reponen los engranes, habrá mucha recirculación interna en la conducción. La resultada cavitación afectará adversamente en la succión.²³

LAS ACUMULACIONES DE VAPOR. Las acumulaciones excesivas de vapor en la línea de entrada definitivamente afectan en la succión. En el caso de mucho hervor la bomba no purgará los vapores y trabajará en seco. Si la bomba desarrollara presión diferencial reducida, posiblemente descargue los vapores pero eventualmente esto resultaría el desgaste en los sellos mecánicos o el rozamiento entre los engranes y las caras de la tapa o el cuerpo secundario. Aunque permanezca presurizada el sistema, la bomba siempre puede ser cavitada al inicio del uso, porque hay ciertos componentes en la línea de entrada, las que tienden a acumularse el vapor cuando se calienten por contacto con el sol o el aire. Además en reposo la misma bomba es capaz de atrapar el vapor en los pasillos superiores, lo que expondría los engranes superiores a trabajar en seco al iniciar el uso. Si no hay suficiente Disponible Carga Positiva Neta en la Succión ("NPSHA"), se agravan estas condiciones eventualmente resultando el rozamiento predominante en el engranaje superior. En términos generales, si son absolutamente necesarios los aparatos para eliminar el vapor, *tienen que ser instalados en la línea de descarga y no en la línea de entrada a la bomba.* Los tanques de suministro con las salidas por los extremos o la parte superior, con frecuencia utilizan extensiones conectadas internamente a las salidas las que entonces acumularán el vapor y afectarán en la succión.

LAS CONDICIONES IMPROVISTAS QUE GIREN LA BOMBA INDEPENDIENTE AL MOTOR. Ésta es la tendencia de ser girada hidráulicamente la bomba independiente al motor, por un flujo de líquido o de vapor. Por los propósitos de esta discusión, resulta el giro independiente al errarse en la equilibración de presiones, en la manipulación de las válvulas de trasiego o en la rápida descarga de vapores a la atmósfera, agravado supuestamente por la presión en el tanque, el tamaño del orificio o pasillo de escape o transferencia a otro recipiente. Bajo estas condiciones es posible girar la bomba en exceso de velocidad, trabajarla en seco y posteriormente exponerle a la abrasión por el congelamiento en los claros críticos del producto manejado. En los peores casos, por el rozamiento en el engranaje las bombas se detienen rápidamente, lo que ocurre generalmente cuando trabajan a las RPM excesivas.²⁴

²³ Véanse los Boletines "AL-1A", "AL-200A" y "AL-201A", para mayores informes sobre las reparaciones básicas y el mantenimiento.

²⁴ Al ser hidráulicamente giradas las bombas por gases licuados o vapores, aunque la velocidad quede dentro del rango recomendado para el uso normal, *no hay suficiente lubricación ni enfriamiento interno.* Sin embargo, las Bombas SMITH sí han sido utilizadas como motores hidráulicos, funcionando a las RPM apropiadas, pero por medio de un flujo recomendado de compatible aceite hidráulico con una viscosidad media en aproximadamente 500 SSU (110 Cks), dentro del rango de temperaturas en el uso. Comuníquese con la fábrica para mayores informes.

CONCLUSIÓN. Por lo dicho anteriormente, hemos ilustrado muchas condiciones las que pueden resultar problemáticas con Bombas SMITH, pero a la vez pueden ser fácilmente evitadas siguiendo nuestras recomendaciones y diseñando la instalación de manera apropiada. Si se sabe cómo operar las unidades y cómo aplicarlas particularmente, se puede explicar por qué duran cierto tiempo, y qué se puede hacer para mejorar la durabilidad. Curiosamente, está incrementándose la duración media de las Bombas SMITH aunque sigan trabajando bajo circunstancias cada vez más duras. Hemos logrado mucho éxito por el análisis de las Bombas SMITH usadas, devueltas continuamente a la fábrica bajo el Plan de Cambio. De modo que tenemos a la mano mucha evidencia renovada y substancial, la que nos permite percibir en el Mercado la evolución del uso y las inclinaciones de los usuarios. Estas informaciones únicas y continuamente actualizadas nos ayudan en las mejoras técnicas de diseño, construcción y materiales, los que afectan la duración y la eficiencia de rendimiento. En esta forma trabajamos juntos con los clientes para alcanzar un mejor futuro.



SMITH PRECISION PRODUCTS COMPANY
P.O. Box 276, Newbury Park, CA 91319 USA
1299 Lawrence Drive, Newbury Park, CA 91320 USA
Tel.: 805/498-6616 FAX: 805/499-2867
e-mail: info@smithpumps.com **web:** www.smithpumps.com
