

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL



**SELECCIÓN DE EQUIPOS EN SISTEMAS DE
DOSIFICACION DE REACTIVOS A CELDAS DE
FLOTACION**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE
CONOCIMIENTOS**

PRESENTADO POR:

CESAR ELIAS RONDON ARNAO

LIMA -PERU

2004

RESUMEN

La Flotación es un importante proceso metalúrgico que permite la recuperación de las especies valiosas contenidas en un mineral. Para lograr una buena recuperación, es necesario que estas especies sean liberadas del material estéril. Esto se logra a través del procesamiento metalúrgico, siendo la flotación el proceso de separación más importante, esta separación se realiza en medio acuoso formándose una pulpa, las partículas sólidas se mantienen en suspensión por medio de agitadores especialmente diseñados para este caso, esto ocurre en las celdas de flotación. A la pulpa se agrega una serie de reactivos químicos especiales que causan una condición de hidrofobicidad sobre las partículas valiosas de tal manera que, al introducir aire al sistema, se produce un conjunto de burbujas sobre las cuales se adhieren estas partículas. Las burbujas, a medida que van ascendiendo, se van enriqueciendo de estas partículas hasta que alcanzan la superficie para ser retiradas, el material estéril que no es afectado por los reactivos químicos permanece suspendido dentro de la pulpa.

El presente informe plantea la importancia de la adecuada selección de equipos en un sistema de dosificación de reactivos químicos en celdas de flotación. Tradicionalmente las compañías mineras emplearon dosificadores de copas, o válvulas, estos equipos no dosifican las cantidades exactas que se requiere; además, al estar abiertos en muchos casos son una fuente importante de contaminación en la planta concentradora, en la actualidad muchas empresas están implementando el uso de bombas dosificadoras para esta labor, dependiendo el éxito de una adecuada selección de los equipos a emplear. Se debe tener presente ciertos criterios tales como: el tipo de reactivo a dosificar, rangos de caudales, costos. En el mercado existe una variedad de equipos siendo los más importantes: Bombas de Diafragma (Electrónicas o a motor), Bombas de Pistón y Bombas Peristálticas, cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas lo que se debe considerar para cada aplicación, así mismo es importante conocer los diferentes accesorios complementarios que debe tener todo sistema de dosificación, a fin de cuidar la vida útil y mejorar la eficiencia de los equipos, los accesorios más comunes son los amortiguadores de pulsaciones, válvulas de contra presión, válvulas de alivio filtros, válvulas de inyección y válvulas de pie.

INDICE

1. INTRODUCCION
2. CONCEPTOS Y TECNICAS
 - 2.1 FLOTACION DE MINERALES
 - 2.1.1 CELDAS DE FLOTACION
 - 2.1.2 CIRCUITO DE FLOTACION
 - 2.1.3 TIPOS DE FLOTACION
 - 2.1.4 MECANISMO DE LA FLOTACION
 - 2.2 DOSIFICACION DE REACTIVOS EN FLOTACION
 - 2.2.1 REACTIVOS QUIMICOS EN FLOTACION
 - 2.2.2 REACTIVOS COLECTORES
 - 2.2.3 REACTIVOS ESPUMANTES
 - 2.2.4 REACTIVOS MODIFICADORES
 - 2.2.5 CAUDALES A TRABAJAR EN SISTEMAS DE FLOTACION
 - 2.3 BOMBAS DOSIFICADORAS DE REACTIVOS
 - 2.3.1 CLASIFICACION
 - 2.3.2 BOMBAS DE PISTON
 - 2.3.3 BOMBAS DE DIAFRAGMA
 - 2.3.4 BOMBAS PERISTALTICAS
 - 2.4 ACCESORIOS EN EL SISTEMA DE DOSIFICACION
 - 2.4.1 VALVULAS DE TOPE
 - 2.4.2 AMORTIGUADOR DE PULSACIONES
 - 2.4.3 FILTROS
 - 2.4.4 VALVULA DE PIE
 - 2.4.5 VALVULA DE INYECCION
 - 2.4.6 PROBETAS DE CALIBRACION
3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE DOSIFICACION EN LA EMPRESA VOLCAN COMPAÑÍA MINERA
 - 3.1 UNIDAD MINERA DE ANIMON

3.1.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

3.1.2 CONSUMO DE REACTIVOS

3.3 SELECCIÓN DE BOMBAS

3.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE BOMBAS
DOSIFICADORAS

3.4 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA LA
UNIDAD DE ANIMON

3.4.1 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
METIL ISOBUTIL CARBINOL (MIBC)

3.4.2 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
XANTATO AMILICO DE POTASIO

3.4.3 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
NaCN/ZnSO₄/CaO (complejo)

3.4.4 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
SULFATO DE CINC

3.4.5 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
BISULFITO DE SODIO

3.4.6 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
Na₂Cr₂O₇/Na₂SO₄ (BCF)

3.4.7 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
OXIDO DE CALCIO

3.4.8 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA
SULFATO DE COBRE

3.5 CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS
CIRCUITO DE PLOMO-COBRE

3.6 CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS
CIRCUITO DE CINC

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5 BIBLIOGRAFIA

APENDICES

1. INTRODUCCION

La industria minera actualmente tiene un importante rol en nuestra economía, el beneficio es decir el empleo de técnicas de aprovechamiento del mineral, es un aspecto importante y constituye el enlace tecnológico entre la extracción o arranque de materias primas minerales y su transformación en materiales de uso industrial. Las técnicas utilizadas sirven para concentrar el material valioso después de separarlo del material estéril que lo rodea. La gran variedad de materias primas y las grandes diferencias entre los yacimientos exigen una amplia gama de técnicas de beneficio.

Una operación de separación importante dentro del procesamiento de minerales es la Flotación, esta separación se realiza en medio acuoso formándose una pulpa, las partículas sólidas se mantienen en suspensión por medio de agitadores especialmente diseñados para este caso, esto ocurre en las celdas de flotación. A la pulpa se agrega una serie de reactivos químicos especiales que causan una condición de hidrofobicidad sobre las partículas valiosas de tal manera que, al introducir aire al sistema, se produce un conjunto de burbujas sobre las cuales se adhieren estas partículas. Las burbujas, a medida que van ascendiendo, se van enriqueciendo de estas partículas hasta que alcanzan la superficie para ser retiradas, el material estéril que no es afectado por los reactivos químicos permanece suspendido dentro de la pulpa

Los reactivos de flotación se dividen en colectores, espumantes y modificadores que pueden ser reguladores de pH, depresores o activadores. Los colectores son compuestos tensoactivos orgánicos que impermeabilizan la superficie del mineral y que se seleccionan en función de los diversos minerales.

Los reactivos espumantes influyen en el tamaño de las burbujas de aire y estabilizan la espuma en el equipo de flotación.

Los reactivos modificadores se usan para regular el pH, comúnmente se emplea: cal o soda cáustica para ajustar la alcalinidad y ácido sulfúrico para acidular. Además se utilizan reactivos de pasivación (depresores) y activación como sulfato de cobre o sulfato de cinc para acentuar las diferencias de impermeabilidad de los distintos minerales a separar.

Es importante controlar las diferentes variables relacionadas a la flotación: como son Tamaño de partícula, densidad de pulpa, temperatura, pH, tiempo de retención, carga circulante, dosis de reactivos. Una correcta dosificación es el factor decisivo para obtener éxito en todos los procesos, en el caso del procesamiento de minerales determina la calidad del concentrado traduciéndose esto en beneficios económicos y el impacto medioambiental en los efluentes de la operación debido a que muchos de los reactivos químicos empleados en la flotación constituyen un peligro para las aguas.

Tradicionalmente la dosificación se realizaba con alimentadores de copas, válvulas solenoides que eran controladas con un timer o válvulas que daban un flujo aproximado regulando la abertura de la misma en modo manual, En la actualidad las empresas como parte de su programa de modernización vienen implementando sistemas de dosificación con Bombas dosificadoras.

Un adecuado conocimiento de los principios que fundamenta cada equipo dosificador, las ventajas y limitaciones que cada equipo tiene, permitirá seleccionar el mejor equipo para cada aplicación, asegurando de esta manera un sistema de dosificación eficiente al igual que todo el proceso de flotación.

2. CONCEPTOS Y TECNICAS

2.1 FLOTACION DE MINERALES

Es uno de los más importantes procesos desarrollados para el procesamiento de los minerales y que hacen posible la recuperación de minerales de baja ley. Siempre se pensó que era un arte lograr que una partícula se vuelva hidrofóbica, se junte a una burbuja de aire formando un conjunto de menor densidad que el agua, flote hacia la superficie.

La flotación difícilmente será reemplazada en el tiempo, su relevancia en el procesamiento de minerales aun no ha sido medida en su real magnitud, influye tanto en la metalurgia extractiva que a partir de este proceso se ha desarrollado la pirometalurgia, fundición y refinación.

2.1.1 CELDAS DE FLOTACION

Los equipos en los cuales se realizan los procesos de flotación se denominan celdas de flotación y son construidos de modo de favorecer la realización del proceso mediante las siguientes funciones:

- a) Mantener en suspensión las partículas de la pulpa que ingresa a la celda de flotación, evitando la segregación de los sólidos por el tamaño o por la densidad.
- b) Formar y diseminar pequeñas burbujas de aire por toda la celda: los volúmenes de aire requeridos dependerán de la cantidad de material alimentado.
- c) Promover los choques entre las partículas minerales y las burbujas de aire con el fin de que el conjunto mineral-burbuja formado tenga una baja

densidad y pueda elevarse desde la pulpa a una zona de espumas las cuales serán removidas de la celda conteniendo el concentrado.

d) Mantener condiciones de quietud en la columna de espumas para favorecer su estabilidad. También permitir una adecuada evacuación tanto de relave como de concentrados así como la fácil regulación del nivel de pulpa en las celdas, de su aireación y del nivel de agitación.

Las celdas de flotación deben tener zonas específicas como se indica en el esquema de la figura 2.1. Zona de mezcla que es donde las partículas minerales toman contacto con las burbujas de aire, zona de separación en donde las burbujas de aire se condensan una con otra y eliminan partículas indeseables que pudieran haber sido arrastradas por atrapamiento u otro motivo y la zona de espumas en la que las espumas mineralizadas deberán tener estabilidad y ser removidas de la celda conteniendo concentrado.

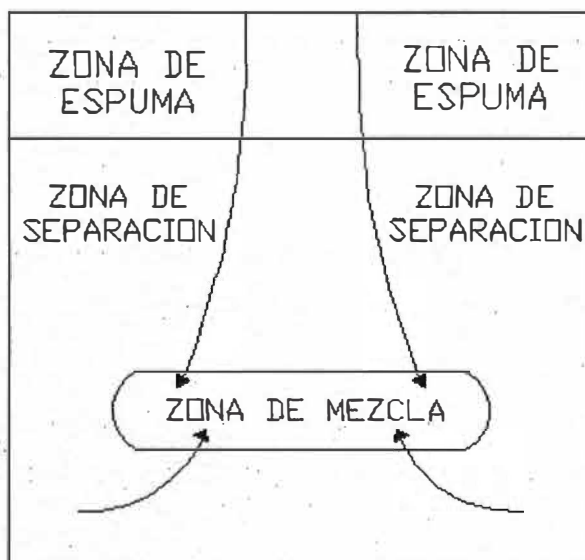


Figura 2.1 Esquema de las diferentes zonas en una celda de flotación

Las variables operativas de las celdas de flotación que contribuyen a la adecuada formación de las diferentes zonas son principalmente el grado de

agitación, producido por el impulsor, la aireación que puede ser producida por la misma celda o por insuflación forzada de aire y finalmente el nivel de pulpa que a su vez regula el nivel de espumas mediante las compuertas de la celda. Sin embargo la flotación no depende exclusivamente de estas variables sino también de muchas otras las cuales se citan a continuación:

a) Variables relacionadas con el mineral: Características mineralógicas del material valioso y de la ganga, cantidad de sales solubles, grado de oxidación.

b) Variables relacionadas a los procesos previos de conminución o reducción de tamaño y clasificación: tamaño de liberación, dureza de cada componente, molienda diferencial, oxidación durante la molienda, adición de reactivos durante la molienda.

c) Variables relacionadas al agua: pH, dureza, sustancias disueltas.

d) Variables relacionadas al acondicionamiento: densidad de pulpa, puntos de adición de reactivos químicos, tiempo de acondicionamiento, temperatura, agitación, pH.

e) Variables relacionadas a la flotación: Tamaño de partícula, densidad de pulpa, temperatura, pH, tiempo de retención, carga circulante, dosis de reactivos.

f) Variables relacionadas a los equipos de flotación: Tipo de máquina, agitación, potencia consumida, grado de aireación, altura de la zona de espuma.

2.1.2 CIRCUITOS DE FLOTACION

Los circuitos de flotación generalmente están constituidos de varias etapas ya que no es posible recuperar el mineral valioso y eliminar el estéril en forma

simultánea en un solo paso, estas etapas se conocen como: rougher, scavenger y limpieza. Las etapas de los circuitos de flotación se muestran en la figura 2.2.

ETAPA ROUGHER

La etapa Rougher o etapa de flotación de desbaste es aquella que recupera una alta proporción de las partículas valiosas. Utiliza para ello mayores concentraciones de reactivos colectores, espumantes y depresores del circuito, velocidades altas de agitación y baja altura en la zona de las espumas.

ETAPA DE LIMPIEZA

Luego el concentrado pasa por las etapas de limpieza que tienen como finalidad obtener concentrados de alta ley, en estas etapas para hacer más selectivo el proceso se requieren bajos porcentajes de sólidos en las pulpas de flotación, menores velocidades de agitación, mayor altura en la zona de espumas.

Es habitual no añadir espumantes ni colectores en las etapas de limpieza siendo suficientes las concentraciones de estos que vienen con el concentrado rougher. También es habitual añadir a estas etapas reactivos depresores que incrementan selectividad de la flotación.

Los relaves de limpieza generalmente no son descartados y se reciclan para su re-tratamiento en la etapa anterior, como se ve en la figura 2.2

ETAPA SCAVENGER

La etapa scavenger es aquella en que se recupera mayor cantidad de mineral valioso posible, su relave será un descarte final, mientras que su concentrado deberá retornar a la etapa rougher para incrementar su ley.

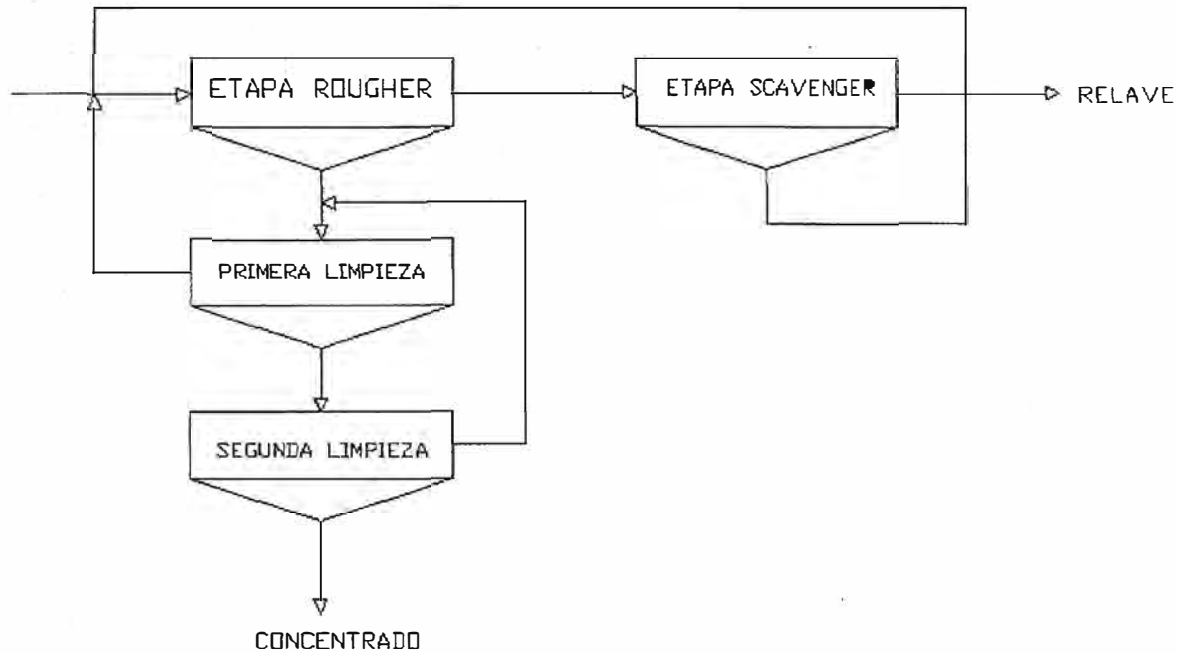


Figura 2.2 Circuito de Flotación y sus etapas

2.1.3 TIPOS DE FLOTACION:

FLOTACION POR ESPUMA

Es el proceso que separa minerales que están en suspensión en agua (pulpa), atacándolos con una burbuja de aire que selectivamente hace que el grupo de minerales valiosos floten a la superficie. Es el proceso más común que se aplica para concentrar minerales, los mismos que serán posteriormente tratados por métodos de purificación, tales como por ejemplo: fundición, electrólisis, etc, para lograr su alta pureza.

FLOTACION BULK

Es una flotación que por lo general se da en una sola etapa, con desbaste y agotamiento, donde un mineral simple o un grupo de minerales valiosos son separados de las gangas, es la recuperación de todas las especies valiosas en un solo producto llamado concentrado Bulk. Por ejemplo la flotación de diversas especies de Sulfuros de Cobre de una mena que también contiene pirita e insolubles, la obtención de un solo concentrado de plata-plomo-oro-cobre o la producción de dos tipos de concentrado de plata y plomo (Bulk) y otro de cinc.

FLOTACION DIFERENCIAL

Es el termino que describe la separación de menas complejas, la separación individual de minerales de una flotación similar (cobre, plomo, zinc, plata y oro de una sola mena, o molibdenita de un concentrado de cobre) justificando económicamente el proceso y que involucra el uso de reactivos (colectores, espumantes, depresantes y activadores). Es el proceso en el que dos o mas especies valiosas son recuperadas en concentrados separados. En el caso de mineral de Plomo-Cinc, el plomo se flota con un concentrado de plomo inhibiendo a flotación del cinc. Después de que la flotación del Plomo ha terminado, el cinc es activado y recuperado en un concentrado separado.

2.1.4 MECANISMO DE LA FLOTACION

En el proceso de flotación se obtiene una adhesión entre las superficies de las partículas minerales recubiertas y las burbujas de aire, las cuales se hallan subiendo a través de la pulpa. La burbuja provee suficiente flotabilidad para originar que las partículas se suban y formen una espuma razonablemente estable, que pueda ser extraída por despumación. Los pasos unitarios que conforman el proceso de la flotación son los siguientes:

La flotación es un fenómeno superficial, una partícula hidrofóbica en un sistema de flotación es aquella que es fuertemente atraída a una interfase de aire,

por otro lado una partícula hidrofílica en el mismo medio ambiente, tiene a permanecer cubierta con agua. Las condiciones diferenciales que promueven la separación de estos dos tipos de partículas son fenómenos de superficie

Las espumas de concentrado se forman debido a una captura selectiva del mineral en la zona de generación de burbujas, luego sigue una segunda zona, donde está ocurriendo la coagulación de una discreta corriente de burbujas conformando una pequeña espuma.

Estas dos primeras zonas se identifican como “la pulpa” de la celda de flotación, la altura puede ser fijada por un mecanismo de control de nivel.

La tercera región aparece cuando la fase gaseosa predomina sobre la fase líquida, conformando una zona de espuma estable (que es evacuada por el labio superior de la celda). La altura de esta capa de espumas puede ser fijada tanto por diseño como por el operador.

Las variables de operación que deben ser consideradas son muchas, las más importantes: densidad de pulpa, flujo, velocidad de aireación, intensidad de agitación, altura de interfase pulpa/espuma, y altura del overflow para evacuación de espumas.

Aun no se ha definido con exactitud como una burbuja captura solamente al mineral valioso de un conjunto de partículas que conforman las menas. Las apreciaciones confirman que esta selectividad se da porque el mineral es de flotación natural o están cubiertas preferentemente por un colector.

Las fuerzas que hacen que una partícula mineral se adhieran y una burbuja y que definen la velocidad de captura del mineral son dos: (1) si el mineral es conductor hay una transferencia de electrones, y (2) que son fuerzas de tensión superficial, cuando el mineral es aislante.

Existen dos sistemas de captura de partículas minerales: Burbuja en curso y burbuja naciente. Se usa el proceso de burbuja naciente en sistemas de flotación tradicionalmente conocidos, el proceso de burbuja en curso predomina cuando se usan colectores derivados del petróleo, especialmente para colección de no-metálicos o minerales metálicos que no son sulfuros, también cuando los colectores usados para la flotación de sulfuros minerales contienen doble enlace de átomos de azufre y no forman ditiolatos sobre la superficie mineral, pero si ionizan y forman superficialmente sales del metal cubierto.

Los mecanismos de captura de mineral ocurren en menas en que el ratio es inclusive menor a 3:1, la selectividad se logra empleando depresores específicos y haciendo ajustes sobre el colector.

2.2 DOSIFICACION DE REACTIVOS EN FLOTACION

La mayoría de los minerales son hidrofílicos por naturaleza, para lograr la flotación de una especie mineral y separarla de otras es necesario convertir su superficie selectivamente en hidrofóbicas.

Ello se logra regulando las condiciones generales de la solución acuosa del sistema (eliminación de iones, regulación de pH por lo general entre 10 y 11, etc.) y agregando seguidamente un reactivo denominado colector que se absorbe selectivamente a la superficie de las especies minerales deseadas y las hace hidrofóbicas.

Aunque se presente el caso de especies minerales hidrofóbicas por naturaleza (tipo los carbones y molibdenita), se prefiere agregar de todos modos un colector suplementario.

Es necesario dar cuenta también del caso en que algunas especies minerales pueden hacerse hidrofóbicas sin el uso de colectores. Ello ocurre cuando se usa un exceso de sulfuro de sodio en el tratamiento de menas de sulfuros y que tiene como resultado la formación de películas superficiales bastante estables e hidrofóbicas, posibles de lograr la flotación (irregular) sin la adición de un colector en especial.

Cuando se hace referencia a la regulación de la química de la solución acuosa, puede considerarse la adición específica de reactivos activadores que incrementan la selectividad aumentando la adsorción o depresores, que previenen o retardan la adsorción del colector.

En este mismo aspecto es posible también considerar la adición de dispersantes para lograr que las superficies minerales se vean libres de partículas finas o lamas que pudiesen estar recubriéndolas.

También se puede regular el aspecto químico de la solución por control de pH para lograr que el colector se encuentre en solución de la forma mas adecuadamente posible.

Otro grupo importante de reactivos de flotación son los espumantes, que tiene básicamente dos funciones: alcanzar la dispersión de pequeñas burbujas dentro de la pulpa y controlar las características de la espuma

2.2.1 REACTIVOS QUIMICOS EN FLOTACION DE MINERALES

Los reactivos químicos usados en flotación de minerales son por lo general: modificadores interfaciales de tensión superficial, modificadores químicos de superficie y/o floculantes. Estos reactivos se clasificación en tres

tipos: colectores o promotores, espumantes y modificadores que pueden ser reguladores de pH, activadores o depresores.

En la figura 2.3 se aprecia la sala de reactivos en una planta concentradora de minerales y en la figura 2.4 se muestra un tradicional alimentador de copas para la dosificación de reactivos de flotación.



Figura 2.3 Tanques de preparación de reactivos para flotación



Figura 2.4 Dosificadores de copas

2.2.2 REACTIVOS COLECTORES

Son los reactivos de uso más crítico, por lo general son moléculas orgánicas o iones que se adsorben selectivamente sobre las superficies minerales para hacerlas hidrofóbicas. Muchos colectores son ácidos débiles, bases débiles o en su defecto sales. La función de estos reactivos es acelerar la velocidad del proceso de flotación, además de actuar como aglomeradores de partículas finas.

Son heteropolares conformados por dos partes: una aniónica, que puede ser adsorbida sobre la superficie mineral, sea por reacción química o por atracción electrostática a la superficie. La otra parte, es una cadena o grupo orgánico que provee realmente la superficie hidrofóbica al mineral.

Existen algunos colectores que son no-ionizados, pero aun así son adsorbidos superficialmente haciéndola hidrofóbica similarmente a como si se tratara de un colector heteropolar.

Los colectores heteropolares se subdividen en tres grandes grupos: aniónicos, catiónicos y no iónicos.

COLECTORES ANIONICOS

Dentro de estos, los más importantes son del tipo Thiol en el cual el grupo polar contiene azufre bivalente y normalmente se usan para flotar sulfuros. Los más caracterizados son los Xantatos y ditiofosfatos, le siguen en importancia la tiocarbanilida y mercaptobenzotiazol (promotor 404) que en algunos casos se usan como colectores de refuerzo.

COLECTORES CATIONICOS

Se caracteriza porque a la cadena hidrocarbonada que produce hidrofobicidad, se le asocia un grupo polar de carga positiva. Estas son generalmente aminas primarias y cuaternarias.

Colectores de este tipo se obtienen generalmente de grasas naturales. La longitud de la cadena hidrocarbonada esta limitada por la solubilidad relativa de la amina, para mejorar tal solubilidad estos colectores aminas se encuentran en la forma de cloruros o acetatos.

COLECTORES NO IONICOS

Son colectores complementarios, pero no pueden ser considerados colectores en el amplio sentido de la palabra debido a que se adsorben sobre otros colectores que ya fueron adsorbidos previamente, se usan para incrementar la

hidrofobicidad lograda en las superficies minerales y no son selectivos, los mas conocidos son los aceites combustibles: petróleo, kerosene, etc.

Los colectores son reactivos que cubren y/o reaccionan con la superficie de los minerales, haciéndola repelente al agua y que se le puedan adherir burbujas de aire. Los colectores de sulfuros de minerales contienen azufre y son tioles o pueden hidrolizar a thiol. Los minerales no-sulfuros y no-metálicos son flotados normalmente empleando colectores tipo ácido graso, aminas, compuestos de amonio cuaternario, sulfonato o petróleo.

2.2.3 REACTIVOS ESPUMANTES

Son reactivos de activación superficial que ayudan en la estabilización de las espumas o burbujas de aire. Los agentes espumantes comúnmente empleados son alcoholes poco solubles en agua, o los espumantes más modernos que son variedades de éteres de poliglicol, que son en su mayoría, completamente miscibles en agua.

Los espumantes son reactivos orgánicos solubles en agua que se adsorbe en la interfase aire-agua. Son moléculas heteropolares: el grupo polar que provee la solubilidad en el agua y el otro, no polar un grupo hidrocarbonado.

En flotación se requiere espumante para hacer que la espuma formada en la zona inmediata a la de la pulpa en reposo de la celda no sea frágil. Si es que se rompen estas espumas las partículas captadas caerían nuevamente a la pulpa perdiéndose recuperación, pero el limite contrario de la estabilidad de la espuma es que una vez evacuada de la celda debe ser fácilmente destruida con la de recirculación y evitar perjuicios en las etapas de bombeo por menor dilución.

Otro aspecto importante es que el espumante no debe adsorberse sobre la superficie mineral, si el espumante actúa como colector, la selectividad del

colector propiamente dicho se ve disminuida. Se ha determinado en la práctica que para un mejor control en planta, la interacción entre colector y espumante debe ser mínima.

ESPUMANTES PARA FLOTACION

Seleccionar un espumante o una mezcla de espumantes para una aplicación particular depende del mecanismo que involucra la formación de la espuma. Para la flotación de Sulfuros muchas veces es necesario mezclar dos o tres espumantes como un complemento al colector utilizado y al mismo tiempo la eficiencia de flotación depende de una buena columna de espumas.

En la mayoría de los casos un espumante contiene una parte de alcohol (como el metilisobutilcarbinol) y también puede contener un espumante de alta masa molecular tal como el aceite de pino o el propilenglicol, estas adiciones tienen la finalidad de modificar las propiedades físicas del espumante y/o controlar el tamaño de burbuja cuando se trate de flotar partículas gruesas.

ESTABILIDAD DINAMICA DE LA ESPUMA

Las superficies de las burbujas pasan de zonas de baja tensión superficial (alta presión superficial) a regiones de alta tensión superficial. Cuando la tensión superficial es mas alta que el centro de perturbación, la película es estable, cuando la tensión superficial es baja (menor que el centro perturbación o disturbancia) la película tiende a romperse.

De esta manera espumantes de baja masa molecular como los alcoholes deben mostrar tendencia a difundirse rápidamente, debido a que ellos disminuyen las diferencias de tensión superficial en las películas de burbujas y en consecuencia producen espumas menos estables.

Sin embargo las diferencias de tensión superficial entre espumantes son probablemente de importancia trivial para la selección, esto se debe a que en flotaciones industriales, las concentraciones normales de espumantes por ser muy bajas no son más importantes que las disminuciones de tensión superficial en las pulpas industriales y estas son difíciles de cuantificar. De hecho, una disminución en extremo de la tensión superficial en la pulpa es negativa.

Esto demuestra que si por casualidad se agrega detergente en una pulpa de flotación se observe una falta de capacidad de carga de partículas minerales a pesar de una gran estabilidad de la espuma, debido a que el detergente no interactúa con el colector sobre la superficie del mineral.

Los reactivos de flotación empleados como espumantes se dividen en dos grupos: los que son parcialmente solubles en agua como por ejemplo los alcoholes alifáticos y los que son completamente miscibles tales como los poliéteres y éteres de poliglicol, que son los espumantes más modernos.

ESPUMANTES PARCIALMENTE SOLUBLES

ALCOHOLES ALIFATICOS

Son mezclas de diversos alcoholes de C6 a C8. El espumante más conocido y usado en gran volumen es el Metil Isobutil Carbinol o MIBC. Los espumantes que contienen mezclas de alcoholes son mostrados en el cuadro 2.1.

<p>MEZCLAS DE ALCOHOLES C6 a C9</p> <p>De peso específico 0,856, viscosidad 5 cps, baja solubilidad de agua y mas selectivos que el MIBC.</p>
<p>MEZCLA DE ALCOHOLES C4 a C7 Y ACEITE HIDROCARBONADO</p> <p>Son líquidos de color ámbar, peso específico 0,82, solubilidad en agua 5 g/L Usado en flotaciones de cobre/molibdeno. Espuma menos persistente que la del MIBC</p>
<p>MEZCLA DE ALCOHOLES C5 a C8</p> <p>Peso específico 0,81, solubilidad en agua 10 g/L, punto de ignición 55 °C, producen espuma mas consistente que el MIBC pero menos persistente que los propilenglicoles, aceite de pino y ácido cresílico</p>

Cuadro 2.1 Espumantes con mezclas de alcoholes

ACEITES NATURALES

Cuando se inicio el proceso de flotación fue muy conocido el uso de aceite de eucalipto como espumante, luego por su gran disponibilidad se hizo popular el aceite de pino.

El aceite de pino por su diversidad de composición tiene problemas de aplicación en las operaciones industriales. Su posibilidad de actuar también como colector ocasionalmente, ha alterado muchas veces las operaciones, por ello ha sido reemplazado por el MIBC y los propilenglicoles que son espumantes netos.

Usando aceite de ricino se tienen espumas muy persistentes y es posible mezclar con MIBC para regular las condiciones de la espuma y compensar los cambios de tipo de mineral que puedan afectar la selectividad y recuperación.

ACIDO CRESILICO

Son productos de la destilación de materiales impuros, de allí su variación. Por su contenido de fenoles y cresoles, tienen propiedades colectoras y espumantes, respectivamente. Las espumas producidas son muy similares a las que produce el aceite de pino pero algunas veces con espumas de mayor tamaño. Incremento en la dosis causa efervescencia.

PARAFINAS ALCOXILICAS

El espumante mas conocido de este tipo es el trietoxibutano (TEB), causa un fuerte efecto en la velocidad de flotación. Produce espumas similares a las del aceite de pino, pero con la diferencia de que las sobredosis no causan sobreespumación.

Las características de mayor importancia son su baja solubilidad en agua, buena estabilidad y un fuerte efecto sobre la velocidad de flotación.

ESPUMANTES SOLUBLES

ETERES DE POLIGLICOL

Estos espumantes son completamente miscibles en agua. Son comercializados bajo los nombres de DOWFROTH, AEROFROTH y TEENFROTHS.

Junto al MIBC ocupan actualmente el 90% del mercado para flotación de menas metálicas. Los propilenglicoles producen espumas consistentes y de fácil rompimiento en las canaletas. Su completa solubilidad asegura una mejor difusión, selectividad y su dosificación es mas controlada.

Los DOWNFROTH son denominados por números que son proporcionales a la masa molecular del polímero utilizado, a mayor masa molecular el poder espumante es mejor, los mas fuertes son el DOWFROTH 400 y 1400 y el mas usado es el DOWNFROTH 250.

2.2.4 REACTIVOS MODIFICADORES

a. AGENTES ACTIVANTES

Son productos químicos cuyo uso permite la flotación de determinados minerales que sin ellos serian imposibles de flotar con el solo uso de colector y espumante, entre estos se puede mencionar:

. SULFATO DE COBRE, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Es el mejor ejemplo de activador. Aplicado inicialmente para la flotación de esfalerita. Últimamente esta siendo usado como activante del oro en las piritas. Es universalmente usado en flotación de esfalerita ya que sin él es imposible la flotación de este mineral de cinc.

Se usa también como reactivador de minerales que fueron deprimidos con cianuro tal como la calcopirita, piritita y arsenopirita. El uso alternado de cianuro y sulfato de cobre puede ser muy efectivo en flotaciones diferenciales.

Son soluciones muy corrosivas manipuladas y almacenadas en depósitos de plástico. El grado comercial es de 98% como sulfato, los mejores productos son obtenidos en base a chatarra de cobre fino en cuyo caso la disminución de la pureza es causada por el incremento de la humedad.

En el caso de la obtención a través de óxidos de mineral de cobre es necesario purificarlo mediante extracción por solventes con el fin de eliminar el hierro, zinc y otros que pudieran interferir en la flotación.

Los productos finales a comercializar son cristales penta hidratados y preparados en solución con agua al 5 % con un pH mayor a 3,5, que será un indicador de que no hay exceso de ácido libre ya que podría incrementar los consumos de cal afectando la flotación de esfalerita.

La experiencia indica un consumo máximo de 70 g/TM por cada 1% de contenido de cinc en el mineral de cabeza, pero la tendencia debe ser a controlar los consumos por densidades de solución y en especial de la pureza del producto adquirido. Vale el esfuerzo porque generalmente junto al xantato representan más del 70% del costo de reactivos de flotación. En la figura 2.5 se muestra el típico almacenamiento y rotulado de seguridad NFPA de este reactivo.

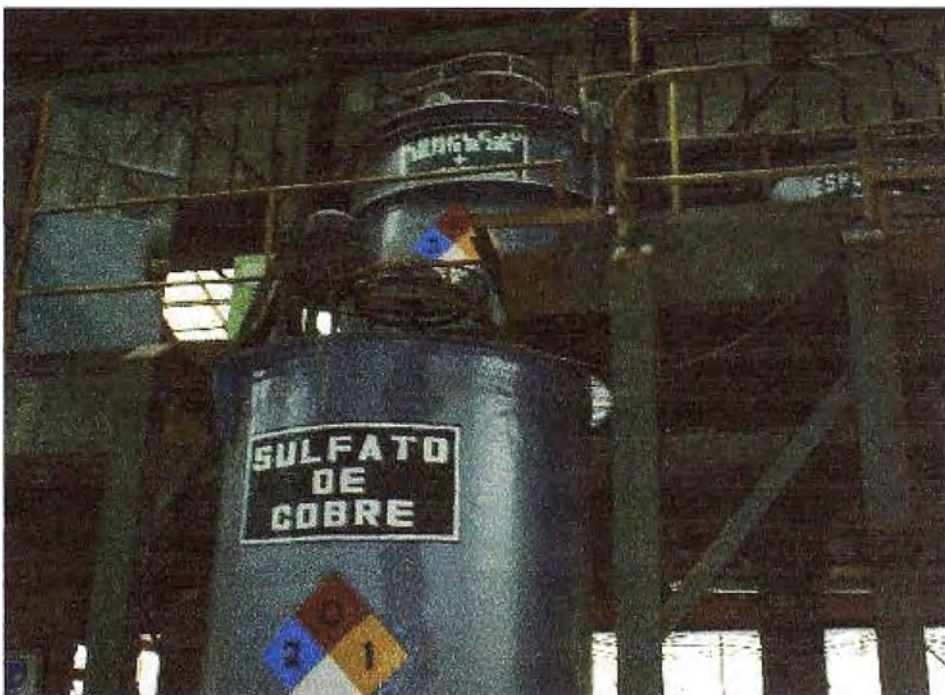


Figura 2.5 Almacenamiento y rotulado NFPA de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

. BISULFITO DE SODIO, Na₂SO₃

Soluciones mayores al 10% controlan efectivamente las activaciones de cinc en el circuito de Plomo. Es un excelente depresor de esfalerita cuando se tiene una flotación incontrolable y la causa de la activación del cinc no es mineralógica sino de iones cobre presente en forma de sales solubles. Es de acción efectiva en pH neutro o ácido. En el cuadro 2.2 se muestran otros agentes activantes que se utilizan en flotación de menas metálicas.

<p>ACETATO O NITRATO DE PLOMO</p> <p>Se usa para activar estibina y para reactivar sulfuros de cobre previamente deprimidos por cianuro. Algunas veces es usado para mejorar recuperaciones del oro empañado. Es también un activador para silicatos y carbonatos</p>
<p>SULFURO DE SODIO</p> <p>A bajas concentraciones puede ser activador de menas oxidadas. En sal amoniacal son muy efectivos para activar menas de sulfuros de cobre con oxidación superficial. El control debe ser estricto debido a que los sulfuros minerales son fácilmente oxidables por ello es que previamente a su aplicación se prefiere flotar todos los sulfuros y dejar que solo los óxidos sean sulfurizados</p>
<p>SULFURO DE HIDROGENO</p> <p>Ha sido usado para precipitar cobre en solución y que luego sea recuperado por flotación. Deprime oro y plata y Cu-Fe en soluciones de molibdenita</p>

Cuadro 2.2 Otros agentes activantes utilizados en flotación

b. MODIFICADORES DE pH

La cal, soda cáustica, ácido sulfúrico, etc. pueden ser considerados activadores porque la relación mineral/reactivo tiene un pH crítico de flotación.

Al ser la flotación un fenómeno de superficie y que es extremadamente sensible al contenido de iones del agua de flotación, las sales solubles del mineral serán muy importantes a considerar ya que ellas estarán en la pulpa, no se trata solo de modificar el pH, sino que el reactivo modificador pueda variar el mismo neutralizando los iones que puedan afectar la flotación.

Ese es el problema por el cual algunas flotaciones diferenciales plomo-cobre-zinc no pueden ser muy bien logradas debido a que los iones cobre activan a la esfalerita en el primer circuito bulk. Elegir entre óxido de calcio o soda caústica para modificar el pH no es solo asunto de costo.

c. DEPRESORES

1. DEPRESORES INORGANICOS

Son reactivos usados para flotaciones diferenciales, cuando la flotabilidad de dos especies es similar ante un mismo colector. Después de la cal el cianuro es el reactivo depresor de mayor uso.

. CIANURO DE SODIO, NaCN

Es un depresante fuerte para sulfuro de hierro, pirita, pirrotita, marcasita, arsenopirita y también para esfalerita en combinación con el Sulfato de Zinc. Deprime la calcopirita, enargita, tenantita, bornita y muchos otros sulfuros minerales con la posible excepción de la galena.

Es contaminante en extremo, no es seguro que a medida que se incrementa el contenido de hierro en la mena se tenga que incrementar fuertemente el cianuro, en contrapartida se debe considerar la interacción galvánica de los sulfuros de hierro que generan una autodepresión en molienda.

. OXIDO DE CALCIO, CaO

Deprime los sulfuros de hierro en especial pirita, galena, zinc marmatítico y algunos minerales de cobre. Las flotaciones de oro se deprimen al hacerlo con las piritas al interferir con los procesos de sulfidización.

Si la cal es de baja calidad, las impurezas generalmente son: exceso de insolubles y carbón. Los primeros, afectaran una normal dosificación y posiblemente ensucien concentrados, los residuos de carbón pueden afectar los consumos de xantato y alterar la flotación del producto ya que no se tiene conocimiento de que se use algún sistema de purificación de soluciones previo a la cristalización.

En el cuadro 2.3 son mostrados las características de otros depresores inorgánicos utilizados en las operaciones de flotación de menas metálicas.

<p>DICROMATO</p> <p>Sales de sodio o de potasio se usa para deprimir galena en flotaciones diferenciales plomo/cobre/zinc. Se logran ahorros al recircular aguas de espesadores de concentrados para el circuito de separación Pb/Cu</p>
<p>PERMANGANATOS DE Na o K</p> <p>Usados para deprimir selectivamente la pirrotita y arsenopirita en presencia de pirita. Deprime: esfalerita, usado también en la separación cobre/molibdeno</p>
<p>SILICATO DE SODIO</p> <p>Es un reactivo complicado debido a su composición variable, se usa como depresante de sílice. También es usado en la coagulación de lamas y como un modificador en la flotación de partículas finas. Ayuda generalmente mantener los grados de concentrado por control de insolubles</p>
<p>HIDROXIDO DE SODIO</p> <p>Usado para deprimir stibnita. Ayuda en flotaciones de oro. Deprime fuertemente iones de sales solubles contenidas en las pulpas minerales.</p>
<p>FERROCIANURO de Na o K</p> <p>Usado en la depresión de sulfuros de cobre, en separaciones Cu/Moly y en la separación de algún sulfuro de cobre activado junto a la esfalerita provocando flotaciones indebidas en el circuito de cinc.</p>
<p>ACIDO SULFURICO</p> <p>Usado para la depresión de cuarzo. Reactiva la pirita deprimida con cal y en la flotación de oro limpia las sales de hierro que interfieren en una buena recuperación de oro. Modifica el pH para la flotación de piritas con oro</p>
<p>DIOXIDO DE AZUFRE</p> <p>Se usa generalmente conjuntamente con almidón, deprime galena de sulfuros de cobre</p>

Cuadro 2.3 Otros depresores inorgánicos usados en flotación.

2. DEPRESORES ORGANICOS

Los depresores orgánicos son moléculas de cadena muy larga, con masa molecular por encima de 10 000. El mecanismo de la acción depresante no es muy específico pero se estima que estos reactivos tienen un gran número de grupos polares hidratados.

Los productos naturales son generalmente polisacáridos, mientras que los sintéticos son éteres de polipropilenglicol y polifenoles. Un depresante curioso, poco investigado es un xantato preparado en base a reacción de azúcar, soda cáustica y disulfuro de carbono. Los depresantes naturales mas importantes son:

. QUEBRACHO

Los Quebrachos, que son polímeros orgánicos constituidos por una mezcla de ésteres del ácido digálico y glucosa, reportan actividad depresora selectiva en flotación de minerales sulfurados por adsorción diferencial de grupos hidrófilos sobre la superficie de los sulfuros. Esta adsorción se realiza sin virtualmente afectar la adsorción de colector ni los efectos de los reactivos modificadores empleados, razón por la que las propiedades originales son restituidas cambiando el pH a valores donde la adsorción es mínima.

Reportan también alta reactividad con sales solubles de Cu^{2+} y Fe^{3+} aumentando el consumo proporcionalmente. Cuando se tiene Cu^{2+} en la pulpa, se mantiene fuerte depresión solo hasta pH 6,0 pero no sobre este nivel. Esto concuerda con el hecho de que el Quebracho no forma complejos con el cobre en condiciones ácidas. A pH superiores a 6,0 los iones cúpricos, incluyendo los iones férricos, forman complejos de manera muy intensa con los anillos beta fenólicos del grupo OH , siendo el complejo de cobre relativamente soluble mientras que el complejo férrico es altamente insoluble.

Por lo tanto estos reactivos, además de flotación selectiva de no metálicos, tendrían aplicación en flotación selectiva de sulfuros minerales tales como Pb-Cu, Cinc y en sus separaciones. En el caso del cinc, la flotación selectiva de esfalerita podrá ser obtenida a pH menores a los comúnmente empleados, lo cual es particularmente importante para operaciones en las que se recircula el agua recuperada de relaves para flotación Pb-Cu, existiendo ventajas económicas que deberán ser precisadas para cada caso

En la separación Cu-Pb de concentrados bulk tratables con bicromato de Na o K, los quebrachos pueden ser utilizados como sustituto parcial de este, con la ventaja de tener menor efecto depresor sobre minerales de cinc mejorando la calidad del concentrado de plomo por reducción del cinc desplazado a este producto. Esto adquiere particular importancia cuando el concentrado bulk reporta contenido significativo de minerales de cinc desplazados.

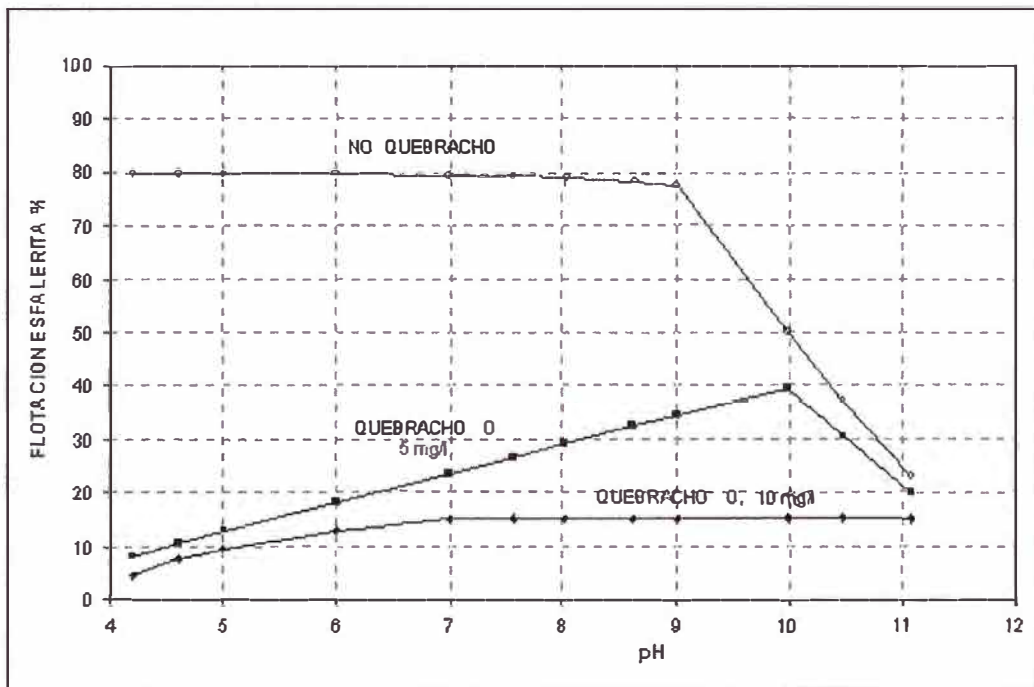
En limpieza de los concentrados de cinc, los quebrachos también encuentran aplicación dependiendo del pH y de las condiciones superficiales de los minerales tratados particularmente de la pirita en la que preferentemente la superficie requiere estar no oxidada para efectiva depresión.

. ALMIDON Y GOMA

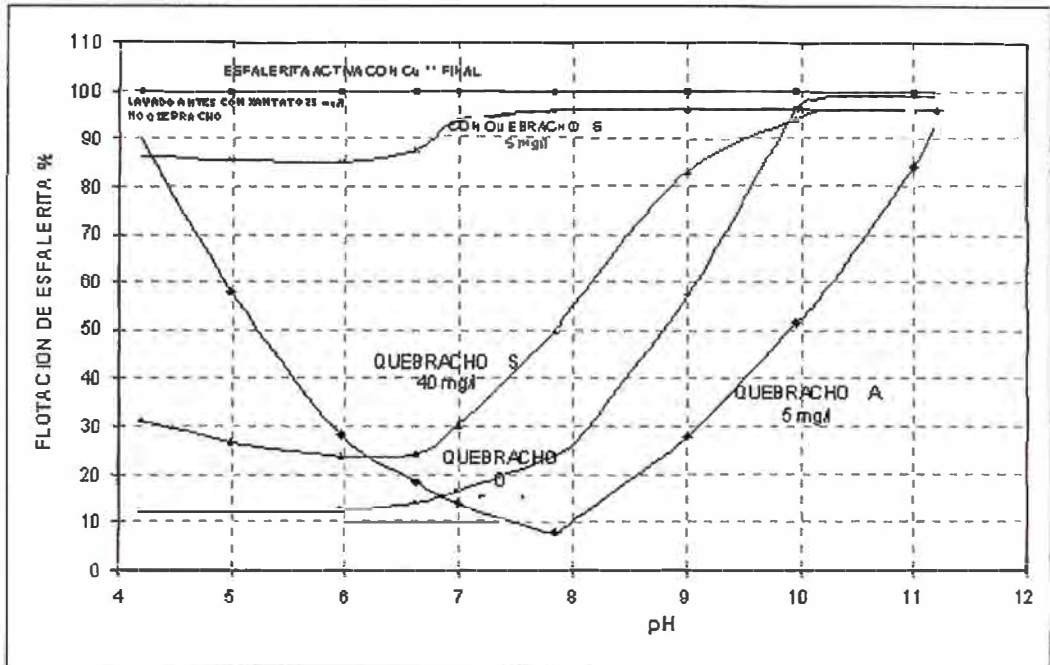
Extraídos del maíz, parcialmente hidrolizada para producir una dextrina mas soluble. Se usa para la depresión de mica, talco y azufre en flotaciones de sulfuros lo cual es importante porque la interacción galvánica de las piritas sobre la galena genera azufre que interfiere en la flotación de plomo

2.2.5 CAUDALES A TRABAJAR EN EL SISTEMA DE FLOTACION

Los flujos de reactivo necesarios se determinan en función de diversas pruebas que depende del tipo de mineral a tratar y tonelaje de procesamiento, las unidades de requerimiento de reactivos que se emplean son los centímetros cúbicos por minuto o los litros por minuto. En los gráficos 2.1 y 2.2 se muestran resultados de pruebas para determinar los flujos de dosificación de quebracho en flotación de esferita.



Gráfica 2.1 Depresión de Esfalerita con Quebracho, variando pH



Gráfica 2.2 Depresión de escalerita activada con Cu y flotada con Xantato usando Quebracho O, S y A, variando el pH

2.3 BOMBAS PARA DOSIFICACION DE REACTIVOS

Bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa energía hidráulica que le permite transportarse de un lugar a otro. Existen dos tipos de Bombas: Rotodinámicas y Desplazamiento Positivo.

Bombas Rotodinámicas son siempre rotativas, el elemento transmisor de energía se llama rodete. Se denominan rotodinámicas por que su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía, pertenecen a esta clasificación las Bombas centrifugas.

Bombas de desplazamiento positivo: a este grupo pertenecen no solo las bombas alternativas sino también las rotodinámicas llamadas rotoestáticas porque son rotativas, pero en ellas la dinámica de la corriente no juega un rol importante en la transmisión de energía, su funcionamiento se basa en el “principio de desplazamiento positivo”, las Bombas dosificadoras pertenecen a esta clasificación.

PRINCIPIO DEL DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. En una máquina de desplazamiento positivo el elemento intercambiador de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (embolo), sino que puede tener desplazamiento rotativo (rotor). Sin embargo en las máquinas de desplazamiento positivo tanto alternativas como rotativas, siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión de la bomba) y disminuye de volumen (impulsión). Por eso estas máquinas se llaman también máquinas volumétricas. Además si el órgano transmisor de energía tiene movimiento rotativo, la máquina se llama rotoestática para distinguirlas de las rotodinámicas. Una máquina rotoestática es una máquina de desplazamiento positivo rotativo.

El intercambio de energía de fluido se hace siempre en forma de presión, en contraposición a las Bombas rotodinámicas, en que los cambios en la dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido juegan un papel esencial.

Las curvas características o curva H-Q Bomba rotodinámica revela que esta solo puede alcanzar una altura (presión) máxima que depende de la forma del rodete o impulsor. En el caso de una Bomba de desplazamiento positivo el caudal no depende de la resistencia en la tubería de impulsión, que se refleja en un aumento de la presión que reine en el cilindro, ya que dada una velocidad de émbolo el desplazamiento será siempre el mismo, y el caudal también. Además si

las paredes del émbolo son suficientemente robustas, y el motor de accionamiento es suficientemente potente, la bomba proporcionará toda la presión que se le pide.

Teóricamente la curva H-Q de una bomba de desplazamiento positivo será una paralela al eje H.

2.3.1 CLASIFICACION DE BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO:

Existen dos grandes grupos: las Bombas alternativas o de émbolo y las rotativas, las de embolo más comunes son: de pistón y diafragma; las Bombas rotatorias más comunes de uso actual son las Bombas Peristálticas y las bombas de tornillo.

a) BOMBAS ROTATORIAS

Debe su nombre a un elemento rotativo llamado rodete que comunica la velocidad al líquido y genera presión. La carcaza exterior, el eje y el motor completan esta unidad de bombeo. La presión se genera por medio de engranajes o rotores muy ajustados que impulsan periféricamente al líquido dentro de la carcaza cerrada, el caudal es uniforme y no hay válvulas, estas bombas son ideales para líquidos muy viscosos.

b) BOMBAS ALTERNATIVAS

Corresponden a esta clasificación las Bombas de Pistón y las Bombas de diafragma tanto accionadas por motor o a través de solenoide estas son conocidas como bombas electrónicas.

El mecanismo de las Bombas alternativas o de émbolo consiste en que el movimiento del motor eléctrico se transmite por el mecanismo de biela-manivela

al vástago del émbolo. La bomba tiene dos válvulas, la válvula de aspiración que comunica con la tubería de aspiración y la válvula de impulsión que comunica con la tubería de descarga. Al retornar el émbolo a su posición original crea un vacío en la cámara, y la presión atmosférica que reina en el pozo de aspiración empuja el líquido por la tubería de aspiración al interior de la cámara. Al volver el émbolo hacia la cámara se cierra la válvula de aspiración, se abre la de impulsión y el líquido es impulsado por la tubería de salida. A cada revolución del motor corresponden dos carreras (ida y vuelta) del émbolo. El flujo en estas bombas se regula modificando la carrera del émbolo. En la figura 2.6 se muestran las fases de succión y descarga en una bomba de desplazamiento positivo de émbolo.

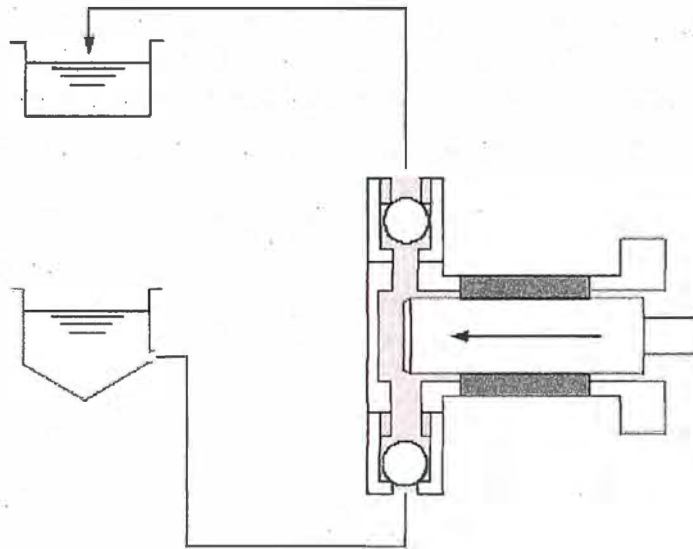


Figura 2.6 Fases de succión y descarga en una bomba de émbolo

CAUDAL TEORICO

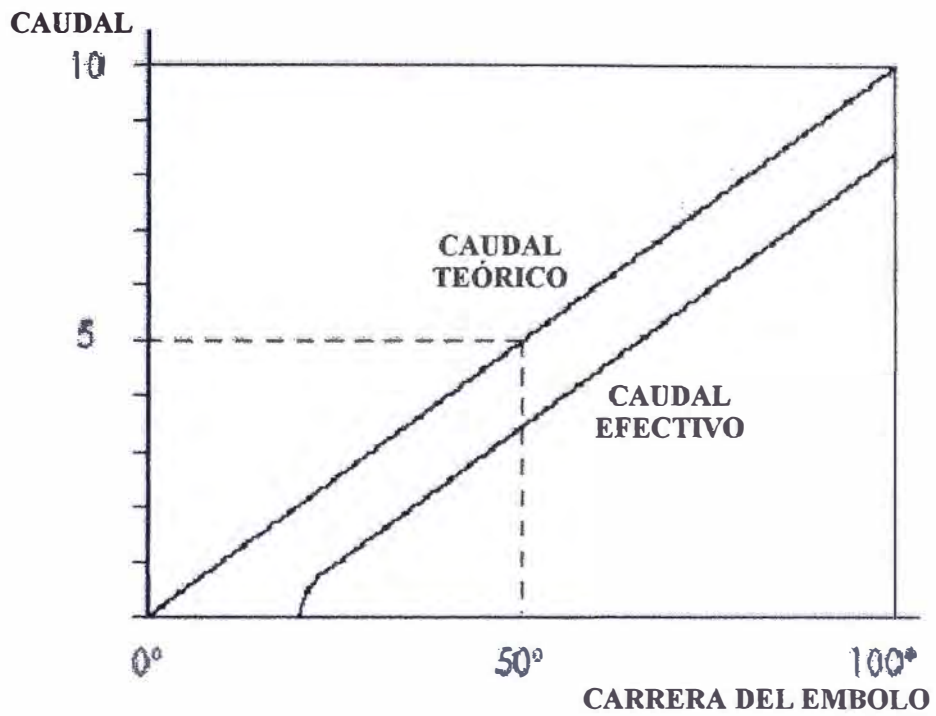
El caudal teórico corresponde exactamente al volumen determinado por el pistón o membrana (diafragma) con su movimiento. La representación gráfica será por lo tanto una función uniforme cuya progresión esta determinada por el incremento de la carrera del émbolo.

CAUDAL EFECTIVO

El caudal efectivo será necesariamente inferior al caudal teórico, a causa de las pérdidas debidas a las fugas internas del líquido a través de las válvulas, además de las pérdidas en los sellos por donde atraviesa el embolo, el aire mezclado con el fluido impulsado que se desprende a causa del vacío creado por la bomba y que penetra en el tubo de aspiración disminuye el caudal, en el caso de las bombas de diafragma una causa de pérdida es el volumen muerto que por naturaleza la membrana no ocupa totalmente la cámara de bombeo. La gráfica 2.3 muestra las relaciones entre caudal teórico y caudal efectivo.

RENDIMIENTO VOLUMETRICO

La relación entre los caudales teórico y efectivo determina el rendimiento volumétrico de la bomba, tal rendimiento varia dependiendo del tamaño de la bomba, el tipo de cabezal, el líquido a bombear, la viscosidad del líquido y la presión de trabajo.



Gráfica 2.3 Caudal teórico y caudal efectivo en una bomba de embolo.

El ciclo completo de una bomba simple de movimiento alternativo esta indicado en la figura 2.7

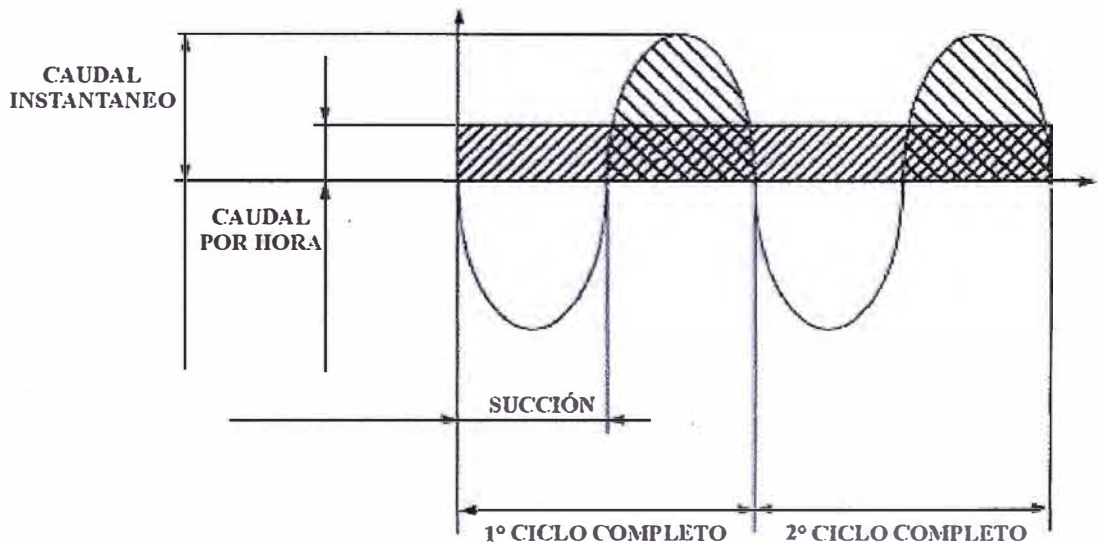


Figura 2.7 Ciclo completo de una bomba de movimiento alternativo

2.3.2 BOMBAS DE PISTON

Son bombas de embolo donde el elemento que origina el desplazamiento del fluido es un pistón. El motor transmite el movimiento por lo general a través de una excéntrica. El empuje de la excéntrica determina la fase de impulsión del pistón mientras el retorno, fase de aspiración, esta resuelto a través de un retorno a resorte o muelle, zona de carrera del pistón y excéntricas mantiene un nivel mínimo de aceite lubricante para evitar desgaste por fricción en las partes internas de la Bomba.

En la figura 2.8 se muestra un corte seccional de una bomba de pistón. Las bombas de pistón son bombas robustas ideales para la industria minera, tiene una alta relación de compresión, volumen muerto mínimo en comparación a las bombas de diafragma.

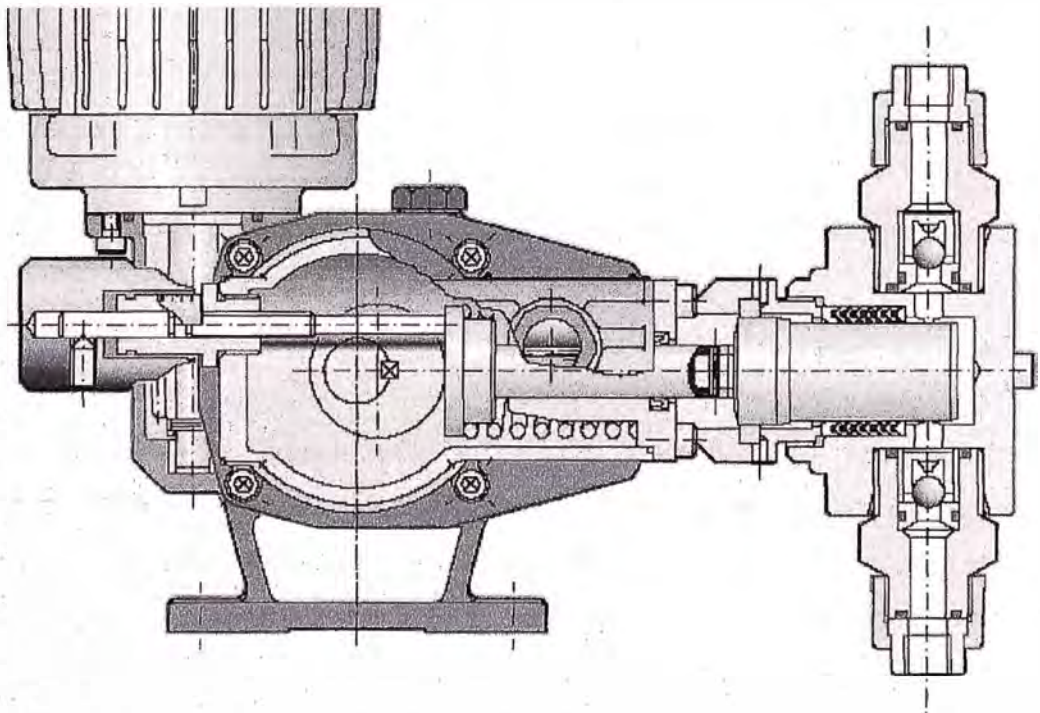
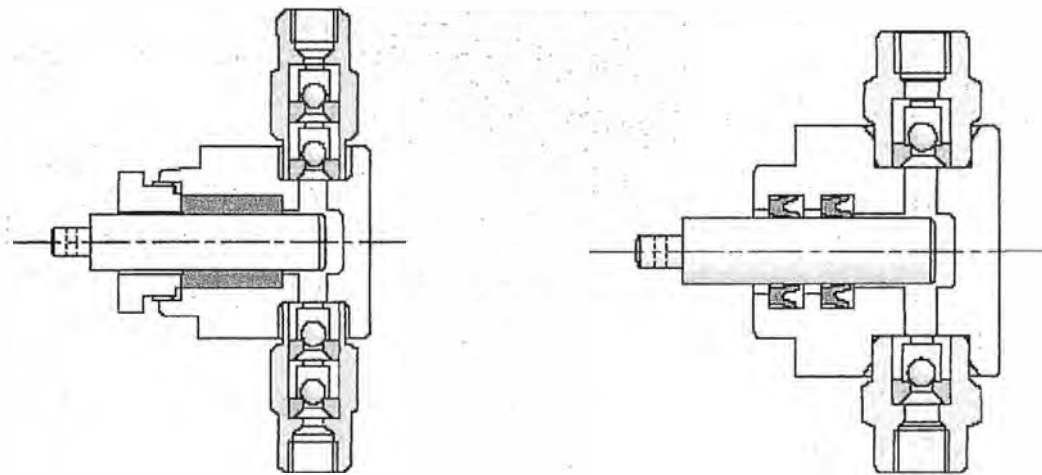


Figura 2.8 Corte seccional de una bomba de pistón

Estas Bombas llevan un sistema de sellaje para evitar que el fluido ingrese a las partes internas, hay sellos mecánicos y tipo prensa estopa, en la actualidad los materiales mas usados en la elaboración de estos sellos son el vitón y el teflón. En la figura 2.9 se muestra los tipos de sellaje de las bombas de pistón: a) prensa estopa de teflón y b) sello mecánico de vitón.



a) PRENSA ESTOPA DE TEFLON

b) SELLO MECANICO DE VITON

Figura 2.9 Cabezales dosificadores de bombas de pistón con a) sellos tipo prensa estopa de teflón y b) sello mecánico de vitón

El caudal se regula a través de la carrera de la carrera del pistón. Es decir son de cilindrada regulable. Es caudal se regula con la bomba parada y en marcha entre 0 y la capacidad máxima indicado en la placa de la Bomba, en caso que la regulación sea automática esta solo se puede realizar con bomba en marcha. A consecuencia del movimiento alternativo la Bomba genera un caudal pulsante. El caudal viene determinado por el movimiento alternativo del pistón y de la apertura

y cierre de las válvulas en aspiración e impulsión. En la figura 2.10 se muestra una perilla de control que regula la carrera del pistón de 0 al 100%.

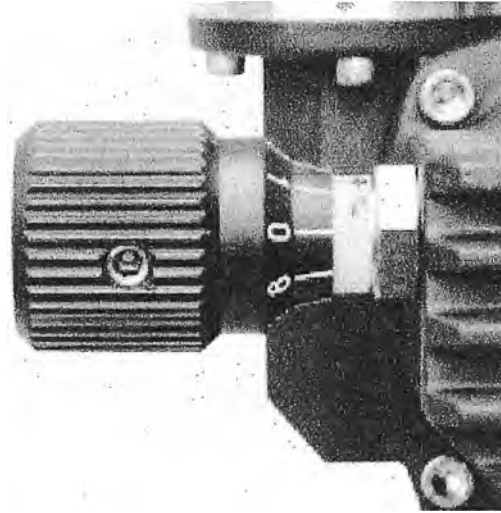


Figura 2.10 Perilla de control de bomba de pistón

CONTROL A DISTANCIA

El control a distancia se puede realizar de dos formas, mediante la instalación de un variador de velocidad que regula las revoluciones por minuto (RPM) del motor o a través de un actuador eléctrico que controla el flujo en función de una señal de 4-20 mA comandada a distancia. En la figura 2.11 se muestra Bomba de pistón con actuador eléctrico.

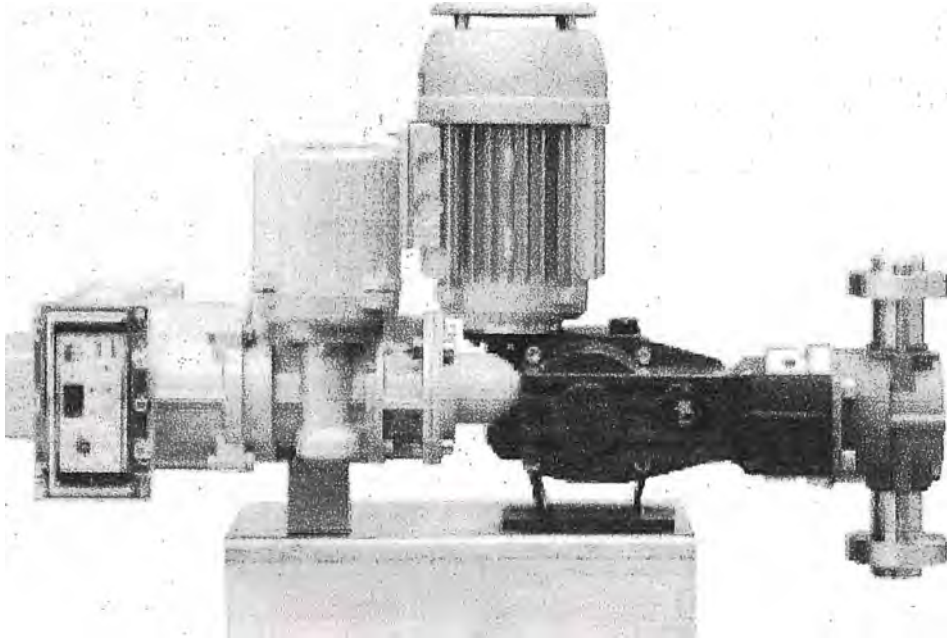


Figura 2.11 Bomba de pistón y actuador eléctrico para control a distancia

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UNA BOMBA DE PISTON

VENTAJAS

Mejor relación de compresión con respecto a las Bombas de Diafragma, al presentar menor volumen muerto

Son bombas adecuadas a las condiciones de la industria minera, de gran robustez y sencilla operación, el cambio de repuestos se realiza en periodos mayores a las Bombas electrónicas y peristálticas.

DESVENTAJAS

El costo es mayor a las Bombas electrónicas de diafragma, si se quiere realizar control a distancia se debe instalar adicionalmente un variador de

velocidad para regular las RPM del motor o un servomotor para controlar automáticamente la carrera del pistón.

2.3.3 BOMBAS DE DIAFRAGMA

Son bombas de alternativas de desplazamiento positivo, el principio de funcionamiento es similar a las bombas de Pistón.

BOMBAS DOSIFICADORAS DE DIAFRAGMA ELECTRONICAS

Son Bombas de diafragma llamadas electrónicas por no utilizar motor mecánico para su accionamiento, emplea una Bobina electromagnética o solenoide que es energizado con corriente continua, esta hace desplazar un eje que realiza el movimiento de un diafragma que esta en contacto con el fluido a transportar. Esquemas de estas bombas son mostradas en la figura 2.12.

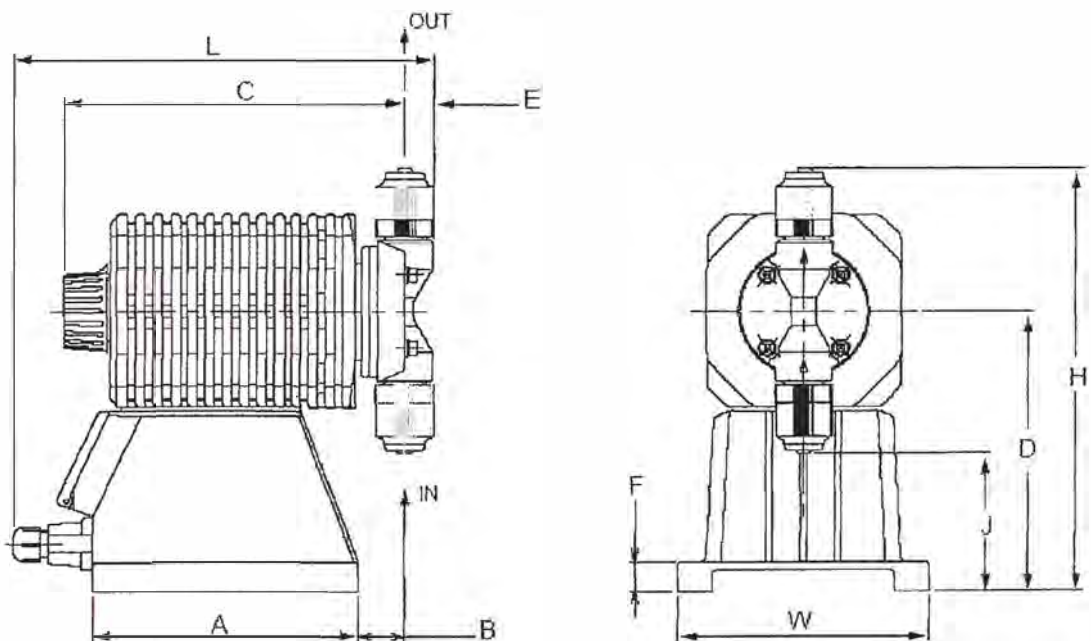


Figura 2.12 Bombas de diafragma electrónicas, vistas frontal y lateral.

En estas bombas el caudal se regula no solamente con la carrera del diafragma, sino principalmente con la velocidad en pulsaciones o llamado también golpes por minuto (strokes per minute), estas varían según el fabricante pueden ser de 100, 120, 180, 360 o 400 SPM (pulsaciones por minuto).

La velocidad de pulsaciones esta relacionada con la duración del diafragma, así:

Pulsaciones mas rápidas = Carrera mas corta

Diafragma mas pequeño = Menos fuerza requerida (Menor superficie

Resultado:

Carrera mas corta + Menor superficie = menos deformación del diafragma y vida prolongada

Esto permite una menor cantidad de pulsaciones durante la alimentación de productos químicos, es decir un caudal uniforme. Mayor cantidad de pulsaciones necesitan menos carrera para bombear el mismo volumen, por lo tanto menor cantidad de pulsaciones requieren que la carrera sea mas larga para lograr el volumen deseado. Esto trae como consecuencia una mayor tensión y desgaste en el diafragma

PARTES DE UNA BOMBA DE SOLENOIDE

Las bombas accionadas por solenoide son están compuestas de tres partes: cabezal dosificador, Bobina electromagnética (DRIVE) y módulo electrónico.

a) CABEZAL DOSIFICADOR

Es el elemento de bombeo y consta de las siguientes partes:

Diafragma y plato de retención.

Cuerpo del cabezal.

Válvula check de succión.

Válvula check de descarga.

Tuerca y adaptador de manguera de succión

Tuerca y adaptador de manguera de descarga

b) BOBINA ELECTROMAGNETICA (DRIVE)

Es el motor de accionamiento y lleva acoplado la perilla de regulación de carrera de diafragma. La perilla solo debe girarse cuando la bomba está en accionamiento, caso contrario, esta puede dañarse.

c) MODULO ELECTRÓNICO

Comanda el DRIVE y presenta un display digital con Botones de contacto de encendido y apagado, opción para programar en modo manual y automático digital o análogo.

Un aspecto importante en estas bombas es el “cebado” de las mismas, se debe primero retirar el aire que pudiera quedar atrapado en la línea de la bomba y dejar que la bomba trabaje a máxima capacidad hasta que este totalmente cebada la bomba.

AJUSTE DE LA DOSIFICACION

En modo manual

. AJUSTE DE CARRERA (%C)

Simplemente mover la perilla de 0 a 100% y la dosificación variará también proporcionalmente de 0 a 100% de valor máximo. Este movimiento solo se deberá realizar con la bomba en modo encendido. Estas bombas vienen con una botonera digital en donde se regulan los golpes por minuto o strokes/min. El caudal de dosificación (C.D.) se calcula de la siguiente manera:

$$C.D. = \frac{(\%C)(\text{caudal máximo})}{100}$$

. AJUSTE DE PULSACIONES POR MINUTO (SPM)

Regular las pulsaciones por minutos entre 0 a 360 SPM y la dosificación variará proporcionalmente a este valor según siguiente ecuación:

$$C.D. = \frac{(SPM)(\text{caudal máximo})}{360}$$

. AJUSTE CON REGULACIÓN SIMULTANEA:

$$C.D. = \frac{(\%C)(SPM)(\text{caudal máximo})}{3600}$$

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS ELECTRÓNICAS

VENTAJAS

El funcionamiento de la bomba tiene solamente una parte rotativa, el eje de la armadura, generalmente a menor numero de partes rotativas mas confiable es

la operación de la bomba. Estas bombas son muy económicas en comparación a las Bombas accionadas a motor.

DESVENTAJAS

Están limitadas a caudales bajos, por lo general se encuentran hasta 20 galones por hora (GPH), el cabezal de bombeo lleva muchos accesorios como válvulas check, asientos, etc., cuando no se dispone de un equipo especializado en el cuidado de estas bombas.

Son bombas que requieren de especial cuidado, ya que personal no capacitado puede causar serios daños en su manipulación.

Son muy sensibles al trabajo en seco, al utilizar en su construcción materiales termoplásticos estos sufren daño cuando no se tiene un adecuado control del nivel de reactivo en el tanque y la bomba trabaja en seco mucho tiempo.

2.3.4 BOMBAS PERISTALTICAS

El principio de funcionamiento de estas bombas se basa en el denominado movimiento peristáltico consistente en la contracción y sucesiva expansión de un músculo interno como una manguera que mueve el contenido, esto se da en el proceso de digestión. En el caso de estas bombas el principio peristáltico se refiere a la presión de rodillos impulsores que giran y aplastan progresivamente un elemento tubular. La alternancia entre la compresión y el aflojamiento del elemento tubular genera una depresión y por consiguiente una aspiración continua del fluido y un flujo constante durante la impulsión. El producto que se encuentra dentro del elemento tubular se traslada íntegro sin sufrir el mínimo daño

La manguera peristáltica es el único elemento en contacto con el fluido no existen empaquetaduras, válvulas check, pistones, diafragmas, retenes ni ninguna otra parte mecánica, esto asegura un bombeo libre de contaminaciones. Son ideales cuando se trabaja con materiales corrosivos o abrasivos que atacarían partes mecánicas de los otros tipos de bombas. La manguera es el corazón de la bomba un adecuado seguimiento es importante a fin de estimar el tiempo óptimo de renovación de la misma para evitar roturas indeseadas que originarían que el fluido ingrese a las partes internas de la Bomba pudiendo presentarse problemas de desgaste y corrosión en los conectores y accesorios internos. En la figura 2.13 se muestra una bomba peristáltica dosificando Xantatos.

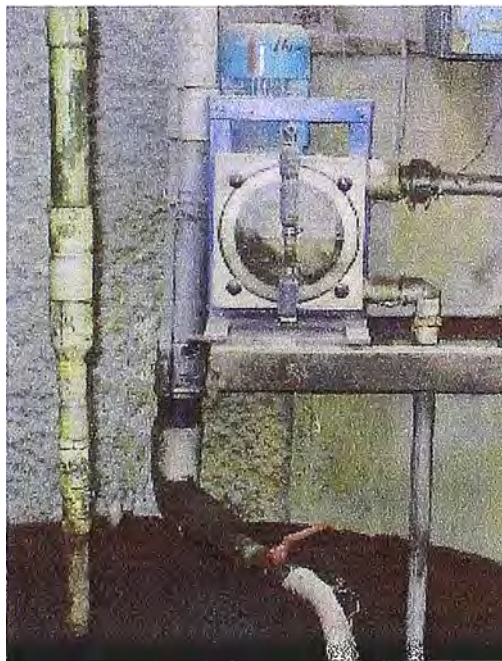
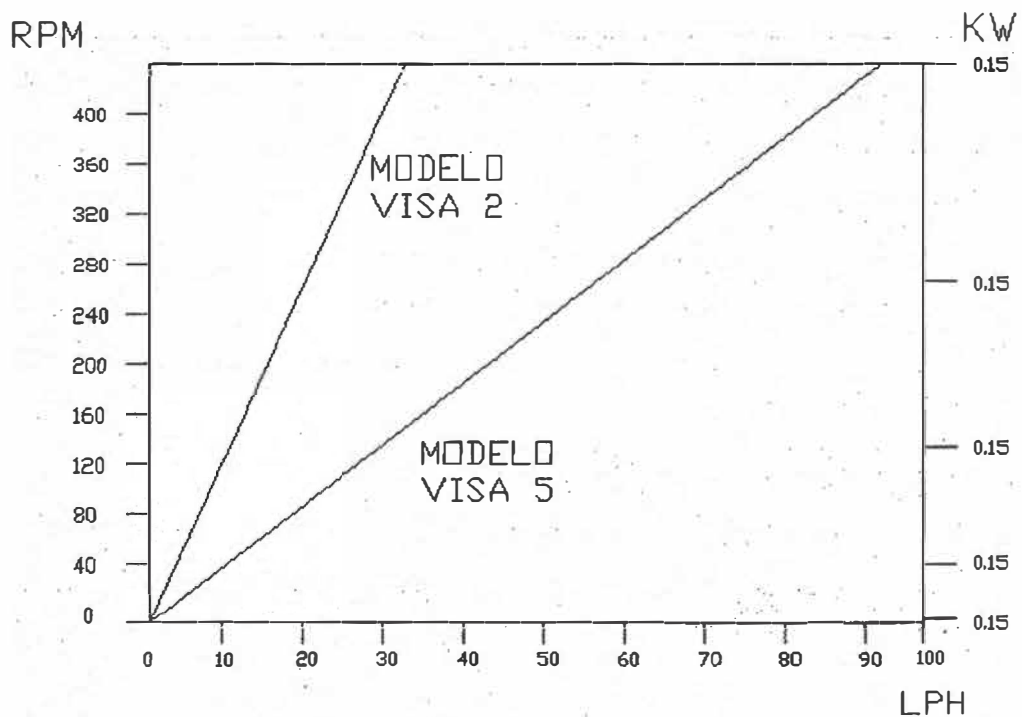


Figura 2.13 Bomba peristáltica en operación

Las Bombas peristálticas por el principio de confinamiento de fluido no requiere la instalación de accesorios como válvulas de tope para asegurar una linealidad en la dosificación, estas son bombas antisifón y autocebantes, un rodillo siempre está oprimiendo la tubería, el cual la mantiene cerrada evitando así un contraflujo.

Las Bombas peristálticas vienen con un motor que gira a determinadas revoluciones por minuto a la frecuencia de alimentación local que es 60 Hz por lo general, correspondiendo a esa velocidad de giro una flujo de dosificación determinado o nominal a 60 Hz, es así que los variadores de velocidad permiten modificar la frecuencia de alimentación del motor logrando modificar las revoluciones por minuto (RPM) del mismo lográndose variar un rango de dosificación importante, el volumen de flujo es directamente proporcional a la velocidad del rotor es decir a las RPM. En la gráfica 2.4 se presentan curvas características de bombas peristálticas.



Gráfica 2.4 Curva característica de bombas peristálticas, marca Pompe Calella

La frecuencia de alimentación que se entrega a los equipos es constante (60 Hz), la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método mas eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia o variador de velocidad. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios bastante razonables.

El variador de velocidad regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

El variador de frecuencia esta compuesto por cuatro partes: Etapa rectificadora que convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, etapa intermedia que es un filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos (se utilizan condensadores y bobinas por lo general para disminuir los armónicos y mejorar el factor de potencia), Inversor que convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos y la etapa de control que controla el inversor para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia y además controla los parámetros externos en general.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) deben estar galvánicamente aisladas para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

MANGUERA PERISTALTICA

En la figura 2.14 se muestra esquema de las mangueras peristáltica que son el corazón de las bombas peristálticas

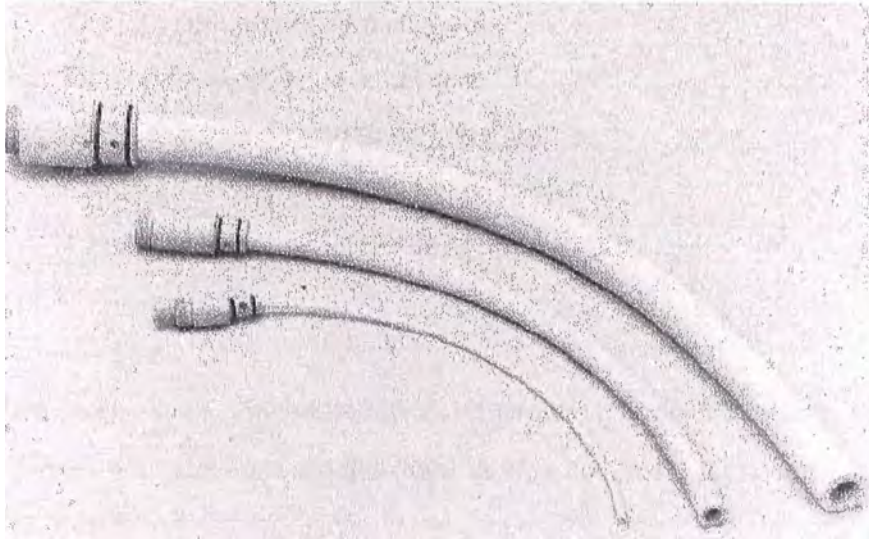


Figura 2.14 Mangueras Peristálticas, fabricante: Pompe Calella, serie VISA.

El periodo de la vida útil de la manguera es inversamente proporcional a la velocidad a la que opera la bomba, a menor velocidad mayor vida, es recomendable que trabaje a RPM menores de la capacidad nominal. Otros factores que afectan la vida útil son: presión, material de la manguera, grado de abrasividad del fluido, etc.

Existen algunas fórmulas empíricas para calcular la vida útil de las mangueras peristálticas, dependiendo del material, la marca POMPE ING. CALELLA para su serie VISA, manguera de elastómero propilénico y trabajo continuo, sugiere la siguiente fórmula:

$$\text{Nro. Días} = \frac{\# \text{ aplastamientos}}{(60)(24)(\text{RPM oper.})}$$

$$\text{RPM oper.} = \frac{(\text{RPM max})(Q \text{ oper.})}{Q_{\text{max}}}$$

Donde:

Nro. Días: Días de duración de la manguera
 RPM oper: RPM de operación de la bomba
 RPM max: RPM máximo de diseño de la bomba
 Q oper: Caudal promedio de operación de la bomba
 Qmax: Caudal máximo de diseño de la bomba

Para reactivos en procesamiento de minerales se tiene una estimación del número máximo de aplastamiento que soportaría la manguera peristáltica, esto se muestra en la tabla 2.1

PRODUCTO	# DE APLASTAMIENTOS
Lechada de Cal	8 000 000
CuSO ₄ , ZnSO ₄ , Xantatos	10 000 000
Espumantes, fosfatos	12 000 000
Peróxido, cianuros	14 000 000

Tabla 2.1 Numero de aplastamientos para reactivos de flotación de minerales

Si son dosificados por ejemplo, 3000 cc/min de Sulfato de Cobre con una bomba peristáltica que trabaja a un máximo de 112 RPM y capacidad máxima de 6000 cc/ min., el tiempo aproximado de duración de la manguera será de 124 días, es decir un poco mas de 4 meses.

En las siguientes figuras se presentan diferentes modelos de bombas peristálticas para uso continuo.

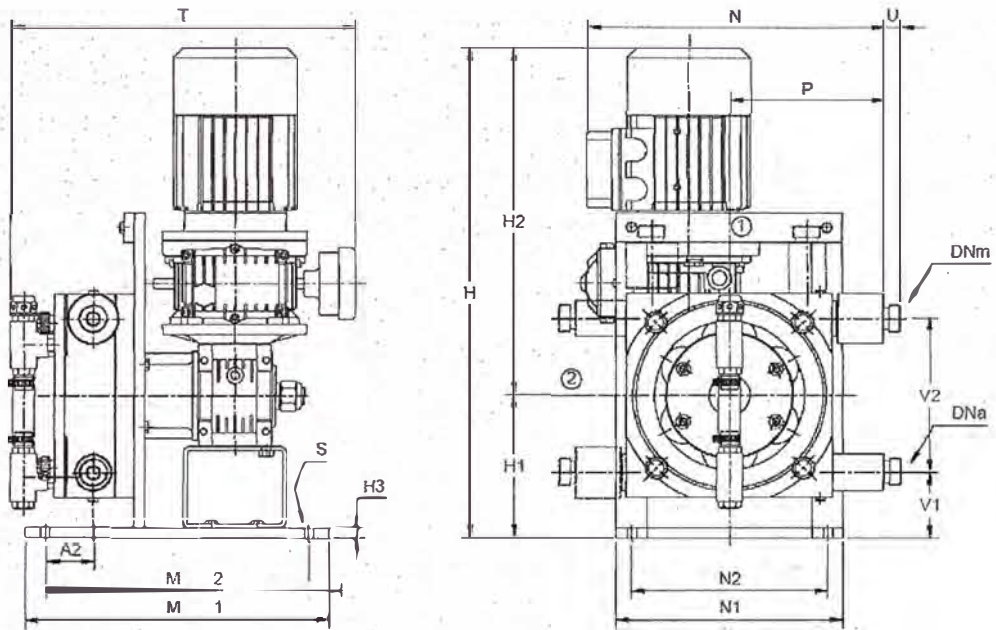


Figura 2.15 Bomba Peristáltica, marca Pompe Calella (Italia), modelo VISA 10

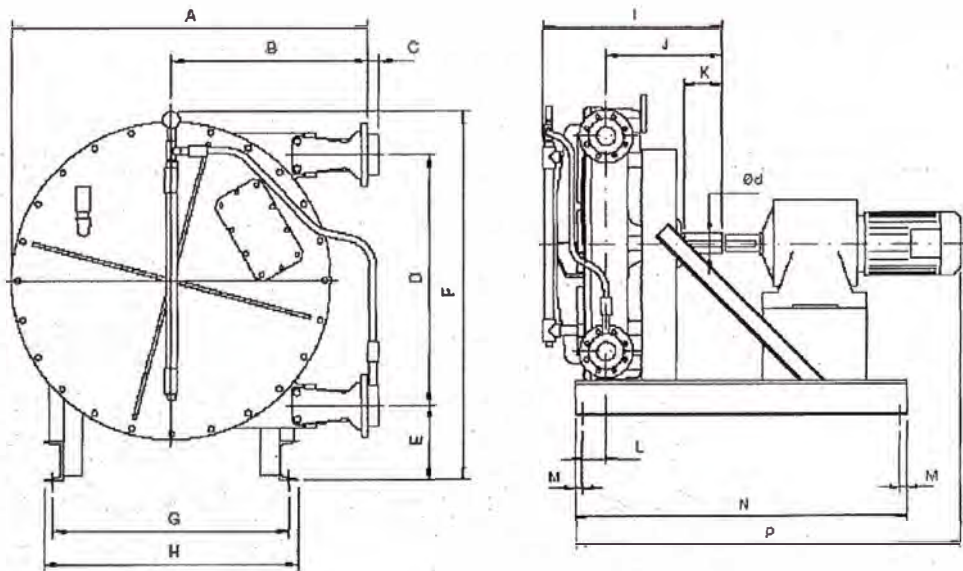


Figura 2.15 Bomba Peristáltica, marca Bredel (USA), modelo SP 15

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE BOMBAS PERISTÁLTICAS

a) VENTAJAS

La principal ventaja de estas bombas es su simplicidad no requiere mayores accesorio que un filtro para retener sólidos, mantiene exactitud y linealidad en la dosificación, baja vibración mecánica, flujo libre de pulsaciones y operaciones suaves, diseño sólido y compacto, fácil de instalar y mantenimiento sencillo no hay válvulas que se puedan tapar o desgastar y no hay sellos que puedan gotear.

Posibilidad de altas velocidades, permitiendo la libertad de seleccionar la unidad motriz. Alta tolerancia a la contaminación en compensación en que el único elemento en contacto con el fluido es la manguera peristáltica

b) DESVENTAJAS

Cuando no se tiene especial cuidado en el cambio oportuno de la manguera peristáltica, se produce rotura e ingresa fluido a las partes internas de la bomba perjudicando esto la eficiencia, además del cambio de rotor, rodillos, conectores.

El costo de estos equipos es mayor que las otras opciones, ya que se deben reemplazar de dos a tres mangueras por año.

2.4 ACCESORIOS EN EL SISTEMA DE DOSIFICACION

Con la finalidad de asegurar una adecuada vida útil de los equipos de dosificación y un óptimo funcionamiento de los mismos, se recomienda invertir en válvulas de contrapresión, válvulas de alivio, probetas de calibración y amortiguadores de pulsaciones.

2.4.1 VALVULAS DE TOPE

Estas válvulas son diseñadas para mejorar el rendimiento y la segura operación de las Bombas usadas para dosificación. Existe una gama importante de materiales de construcción dependiendo de los requerimientos de la aplicación y el tipo de fluido que será transferido, existen de dos tipos: válvula de contrapresión y válvula de alivio.

Las válvulas son generalmente fijadas en una presión de trabajo de determinada, por lo general 50 PSI de un rango ajustable de 0-150 PSIG.

Los materiales de construcción mas comunes son: policloruro de vinilo (PVC), Polipropileno, Polifluoruro de vinilo (PVDF), Teflón (PTFE), acero inoxidable 304 o 316, Etilen propilendieno monomero (EPDM), etc.

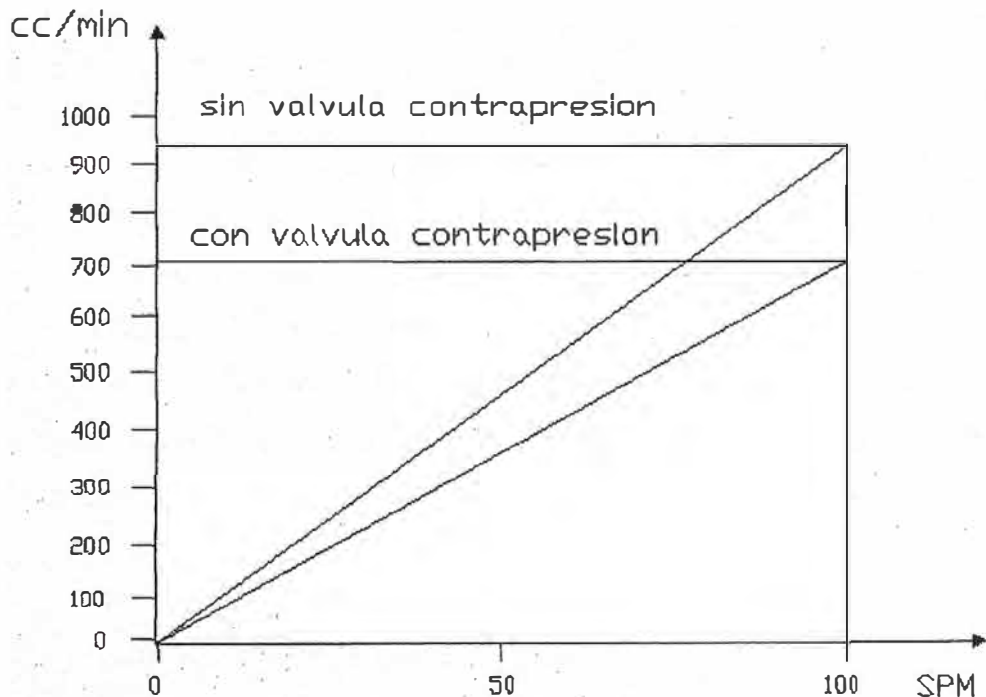
a) VALVULAS DE CONTRAPRESION

Estas válvulas llevan un diafragma que tiene dos principales funciones: La primera es proveer una presión de descarga constante lo cual mejora tremendamente la operación de la Bomba además de la eficiencia y la consistencia del volumen descargado. La segunda es que la válvula realiza un mecanismo antisifon contra positivas o negativas presiones en la línea de succión. Estas válvulas son diseñadas para permitir la ventilación de la línea de descarga.

Muchas aplicaciones de Bombas dosificadoras descargan en condiciones atmosféricas o en procesos con menos de 20 PSI de presión, y mas comúnmente, en un proceso con sistema de presión errática. Estas aplicaciones requieren contrapresión para asegurar una presión constante para que la unidad de control de descarga en la Bomba dosificadora funcione correctamente. Al trabajar con una

bomba dosificadora del tipo alternativo la presión en la descarga debe ser por lo menos 15 PSIG más alta que la presión en el lado de la succión de la bomba.

Es crucial que se instale una válvula contrapresión como válvula de Tope en la tubería de descarga de la Bomba, para asegurar una presión constante bajo la cual trabaje la unidad de control de descarga. Esto permite la repetibilidad de una descarga constante de fluido por carrera, y la precisión deseada. Además las válvulas de contrapresión brindan protección anti-sifón automáticamente. De no instalarse puede suceder sifoneo del líquido dosificado ó habrá un aumento anormal en el caudal de dosificación. En la gráfica 2.5 se muestra el efecto de una válvula de contrapresión.



Gráfica 2.5 Efecto de la válvula de contrapresión

b) VALVULAS DE ALIVIO

Esas están diseñadas para aliviar líneas de presión que pudieran exceder la presión regulada de la válvula. Esto protege el sistema de tuberías de sobrepresiones que podrían resultar en peligrosas fugas de fluido y/o daños a la Bomba y otros componentes del sistema.

La válvula de alivio de presión se debe ajustar dentro del rango sin exceder la máxima presión de operación de la bomba, se recomienda regular normalmente estas válvulas entre 5-10 PSIG bajo de la presión de operación del sistema. Si la presión máxima de operación de la bomba es 50 PSIG, la válvula de alivio se debe ajustar a 45 PSIG o menos con el fin de garantizar una correcta operación de la bomba, las condiciones de sobrepresión son la principal razón de fallo de las bombas

Cuando se utilicen Bombas a motor ó de solenoide capaces de obtener presiones mayores que para las que fue diseñada su línea, debe instalarse una válvula aliviadora de presión en línea como las válvulas de tope para proteger a la línea de sobrepresiones y posibles grietas que puedan causar el derrame incontrolable de los productos químicos peligrosos en el área. Se recomienda instalar esta válvula lo más cercana a la descarga de la bomba y asegúrese de que no haya válvulas de aislación ni otros componentes que puedan cerrar la descarga de la línea antes de la válvula aliviadora.

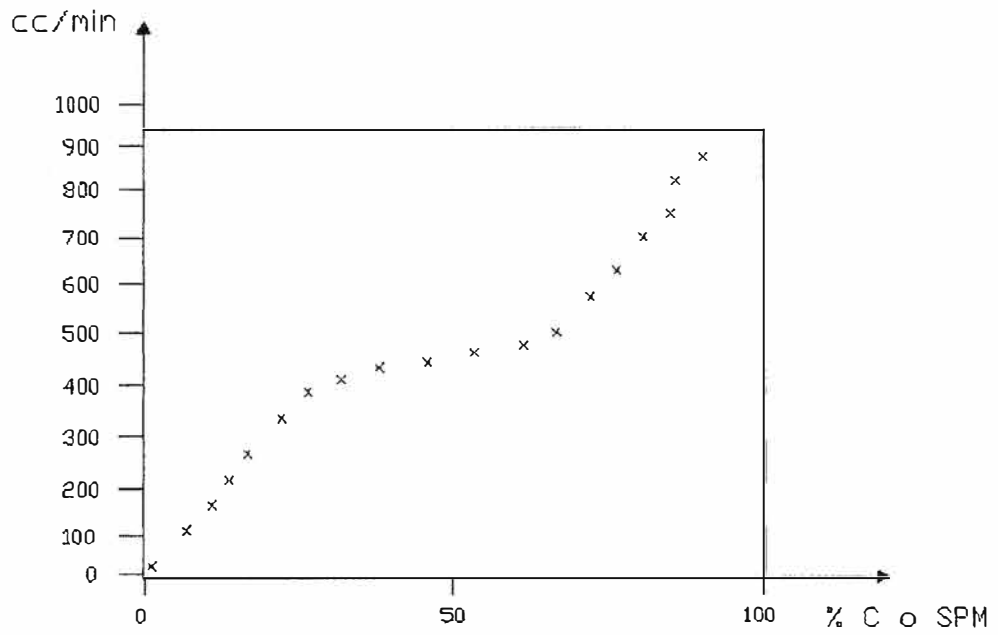
2.4.2 AMORTIGUADORES DE PULSACION

La pulsación es un problema típico de muchas bombas dosificadoras y en algunos casos, la aplicación no la tolera. Estas válvulas vienen en distintos tamaños y se construye en distintos materiales debido a estas situaciones, y ayudan a solucionar un alto grado de pulsación e impulsos en la línea. Solo

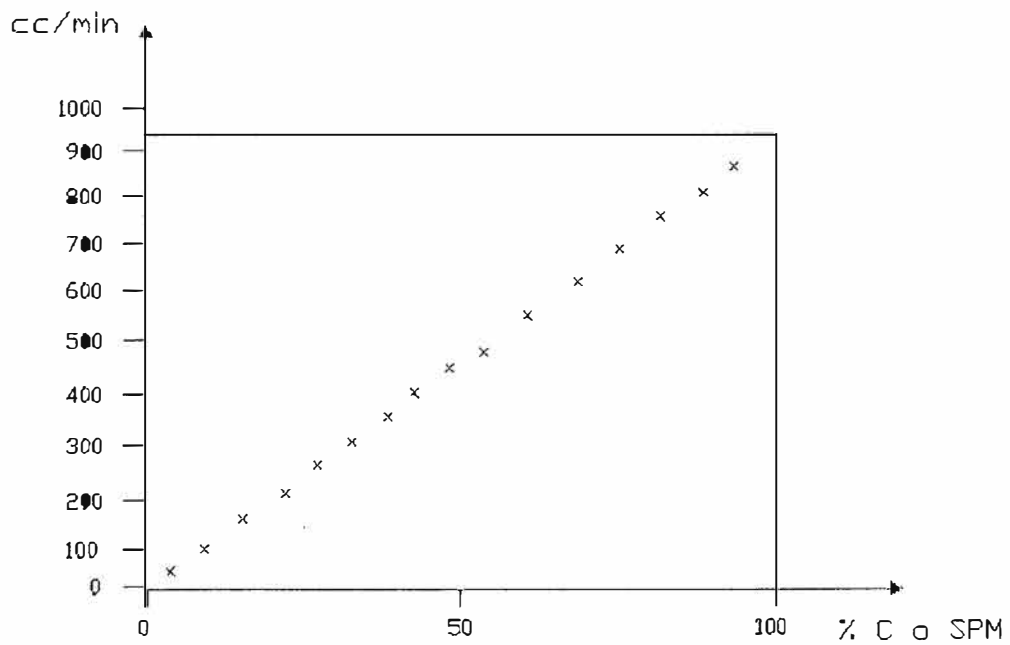
funcionan si son instalados correctamente, en el orden correcto, y con el correcto depósito de presión para compensar la pulsación entrante. Es importante que se cumplan las indicaciones que da el fabricante con respecto a las recomendaciones sobre el ajuste de la presión y ubicación de estos accesorios. Un amortiguador de pulsaciones seleccionado correctamente reduce las pulsaciones alrededor de un 90% o más y genera un flujo casi laminar. Así mismo reduce las pérdidas de presión por aceleración y desaceleración en la línea de dosificación.

Los amortiguadores se seleccionan especificando el volumen mínimo necesario, un regla práctica para esto es multiplicar el volumen desplazado por cada pulsación de la bomba por 26 para determinar el volumen mínimo del amortiguador de pulsaciones para reducir las pulsaciones en un 90%, otro punto importante es la presión máxima que soporta el amortiguador de pulsaciones.

El amortiguador de pulsaciones es importante para la vida útil de la bomba que se refleja en una mayor duración del DRIVE en las bombas electrónicas y cabezal dosificador, además de una mejora sensible en la linealidad de la dosificación, sobre todo cuando los tramos de descarga son relativamente largos y/o hay cambios de dirección. La gráfica 2.6 muestra la curva de performance de una bomba de diafragma sin amortiguador de pulsaciones y la gráfica 2.7 muestra la curva de performance de una bomba de diafragma con amortiguador de pulsaciones.



Gráfica 2.6 Curva de performance de bomba de diafragma sin amortiguador de pulsaciones



Gráfica 2.8 Curva de performance de bomba de diafragma con amortiguador de pulsaciones

2.4.3 FILTROS

La colocación de un filtro en la línea de alimentación de succión es un punto que por lo general se pasa por alto, sin embargo contribuye a un mejor funcionamiento, duración y precisión de los componentes en las últimas fases. Pequeños desechos pueden entrar en los tanques de provisión y obstruir la función de las unidades de control, introducirse en el diafragma o llegar hasta el pistón y causar fallas prematuras en la bomba. Si la bomba permite que estos desechos sigan hacia las siguientes fases, podrá comprobarse una falla en las válvulas de contrapresión o en los amortiguadores de pulsación o más comúnmente la válvula de inyección se obstruirá y fallara. Siempre se debe controlar periódicamente, y limpiar el filtro. Esto dará una gran recompensa asegurando el servicio ininterrumpido, y la mayor duración de los componentes vitales y más caros de las fases finales.

Es importante una correcta instalación y seleccionar adecuadamente las dimensiones del filtro, un filtro de pequeñas dimensiones empeorará las prestaciones de dosificación de la bomba, por lo que se recomienda siempre utilizar filtros con dimensiones superiores o iguales al diámetro del tubo de aspiración.

2.4.4 VALVULA DE PIE

Es un accesorio importante que debe considerarse en todo sistema de dosificación cuando se use un impulso de succión en la Bomba o una instalación con succión negativa, se debe instalar siempre una válvula de pie al final de la línea de succión a un mínimo de 3 a 6 pulgadas desde el fondo del tanque de provisión de reactivos. Esto reducirá las posibilidades de que algún sólido en el tanque obstruya el sistema. La válvula de pie esta conformada por lo general por un peso que ayuda a sostenerla en posición vertical en el tanque de producto

químico y por una válvula check que mantiene la dirección del flujo ascendente. Esta válvula también mejora la reproducibilidad y facilita el cebado de la bomba y tiene una malla para evitar que las partículas sólidas ingresen a la línea de succión.

2.4.5 VALVULA DE INYECCION

Se utiliza una válvula de inyección normalmente con resorte para separar la línea de descarga de productos químicos de la línea de proceso. La mayoría de los fabricantes de Bombas incluyen una válvula de inyección estándar. Las válvulas de inyección se emplean para conectar la línea de descarga de la bomba al punto de la inyección, no se deben usar como dispositivos de aislamiento o para protección antisifón, estas válvulas generan una contrapresión de 7 PSIG en aplicaciones de dosificación convencionales. Existen diferentes tipos de válvulas de inyección que se ajustan a los diferentes tipos de requerimientos de inyección, dependiendo del tamaño y volumen de la tubería de la línea de proceso. La figura 2.17 representa la forma de instalación de una válvula de inyección.

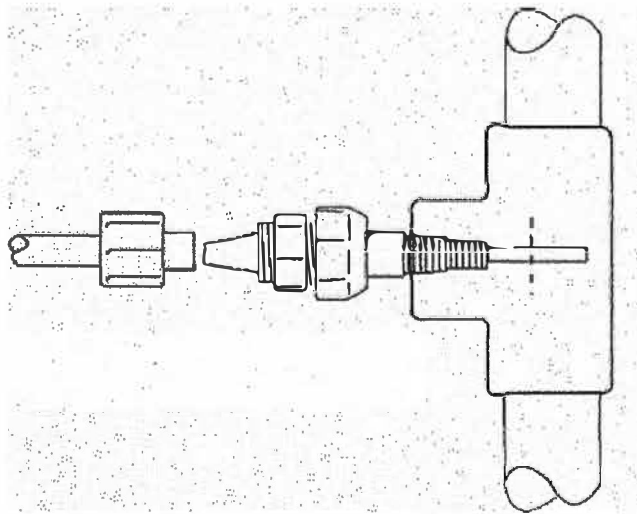


Figura 2.17 Instalación de una válvula de inyección

2.4.6 PROBETAS DE CALIBRACION

Por lo general las Bombas dosificadoras se usan sin una adecuada calibración. El fabricante provee una curva de funcionamiento que detalla las capacidades de descarga de la Bomba. Normalmente, estas curvas se logran en condiciones controladas, utilizando agua como fluido de prueba. Debido a la gran variedad de productos de diferente viscosidad y peso específico y a las grandes diferencias en cuanto a las condiciones de succión de la Bomba y la tubería de descarga, es totalmente razonable que cada aplicación necesite ser calibrada e en forma individual. La calibración debe realizarse con cierta frecuencia debido al desgaste y vibración del sistema.

Estas probetas se fabrican en PVC, Polipropileno o vidrio, en tamaños estándar desde 100 a 10000 mL. Brindan una excelente forma de controlar periódicamente el funcionamiento y la precisión de las Bombas Dosificadoras.

3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE DOSIFICACION EN LA EMPRESA VOLCAN COMPAÑÍA MINERA

3.1 UNIDAD MINERA DE ANIMON

Como ejemplo práctico de aplicación se presenta la selección de equipos de dosificación en la Unidad Minera de Animon perteneciente a la empresa Volcán Compañía Minera S.A.A. La figura 3.1 muestra la unidad minera de Animon, zona de flotación.

La unidad se encuentra ubicada en El Distrito de Huayllay, Provincia de Pasco, Departamento de Cerro de Pasco a una altitud de 4600 m.s.n.m. La figura 3.2 muestra el flow sheet del área de flotación de la planta concentradora.



Figura 3.1 Unidad minera de Animon, zona de flotacion.

3.1.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Capacidad de tratamiento: 2000 TMD (proyección a 2500 TMD)

Mineral de Cinc: Escalerita, Zn S

Mineral de Plomo: Galena, Pb S


Mineral de Cobre: Calcopirita, composición: CuFeS_2

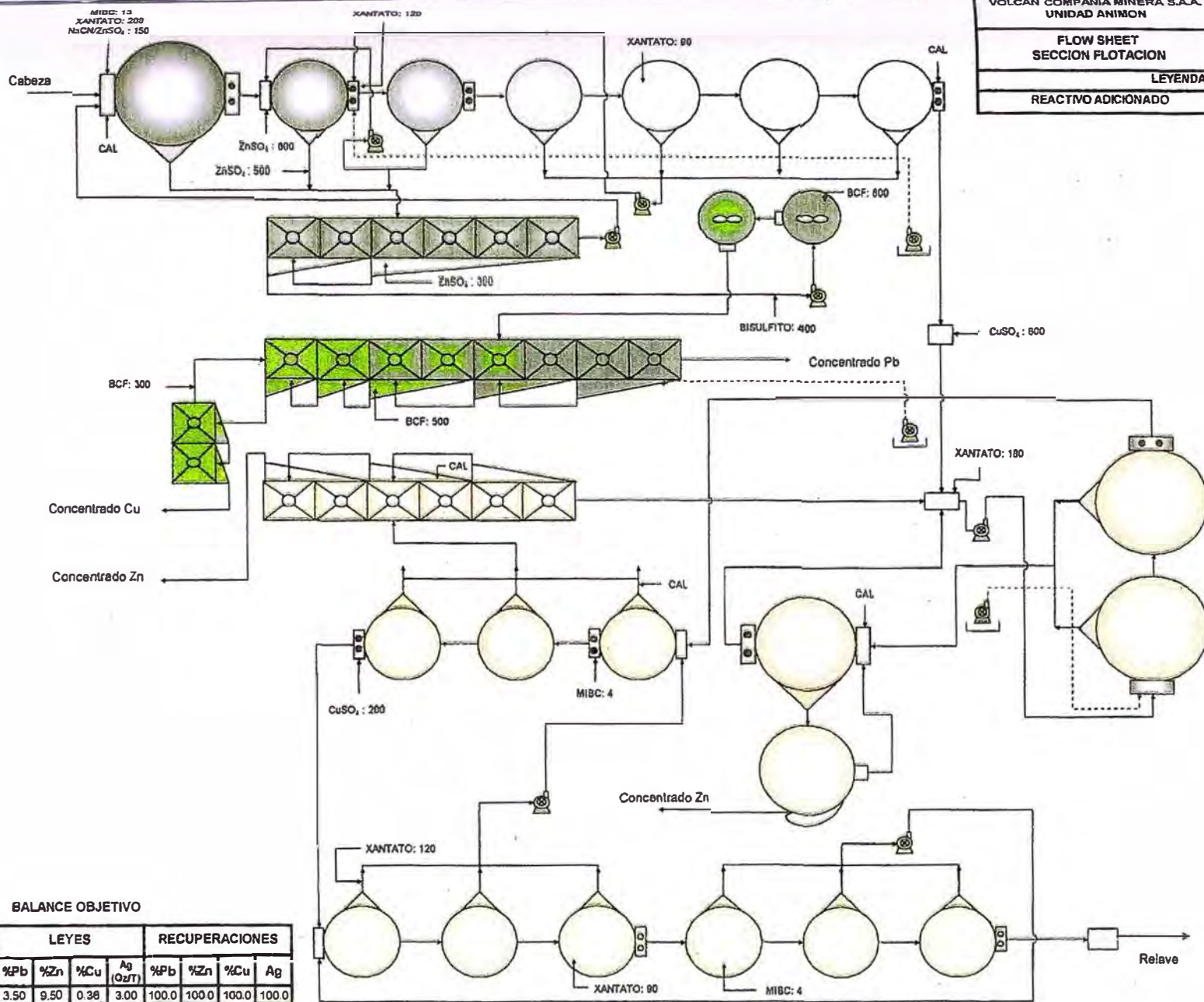
Ley de cabeza : Pb: 3.5 % , Zn. 9.5 % , Cu: 0.36% , Ag: 3.00 Oz/TN

La figura 3.3 muestra el actual sistema de dosificación en la unidad minera Animon, se aprecia que se usa dosificadores de copas.



Figura 3.3 Sistema actual de dosificación en Animon con dosificadores de copas.

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. UNIDAD ANIMON	
FLOW SHEET SECCION FLOTACION	DIBUJO: RODDY A. VALLE PECHÉ 30/08/2004
LEYENDA	
REACTIVO ADICIONADO	cm ³ /ml.n.



BALANCE OBJETIVO

PRODUCTOS	T.M.S	LEYES				RECUPERACIONES			
		%Pb	%Zn	%Cu	Ag (Oz/T)	%Pb	%Zn	%Cu	Ag
Cabeza	730.0	3.50	9.50	0.38	3.00	100.0	100.0	100.0	100.0
Conc. Cu	4.6	8.00	5.00	26.00	50.47	1.45	0.33	45.38	26.86
Conc. Pb	33.2	8.00	1.10	24.95	38.33	2.87	13.89	47.85	
Conc. Zn	110.3	1.10	59.00	0.80	2.31	4.75	95.86	33.58	14.73
Relave	581.9	0.24	0.35	0.03	0.32	5.47	2.94	8.64	10.76

Figura 3.2 Flow sheet, unidad minera Animon. sección de flotación

La sala de reactivos a implementarse estará ubicado en la zona alta de la Planta concentradora, siendo la longitud final de descarga de aproximadamente: 30 metros y una diferencia de cotas con los puntos de dosificación de 6 metros en promedio, las bombas deben tener salida de 4-20 mA para control a distancia.

3.1.2 CONSUMO DE REACTIVOS:

La tabla 3.1 muestra el tipo de reactivos que se utilizán en el proceso de dosificación y la tabla 3.2 muestra un resumen del consumo actual de reactivos.

REACTIVO	FUNCION PRINCIPAL
COLECTOR: Xantato amílico de potasio, Z6	Reactivo colector
ESPUMANTE: Metil isobutil carbinol (MIBC)	Dar estabilidad a la espuma
MODIFICADORES NaCN/ ZnSO ₄ / CaO (Complejo) ZnSO ₄ Na ₂ Cr ₂ O ₇ / Na ₂ SO ₄ (BCF) NaHSO ₃ CuSO ₄ CaO	Depresor de hierro y cinc Depresor de cinc Depresor de Plomo Depresor de cinc Activador de cinc Regulador de pH

Tabla 3.1 Reactivos de flotación en la unidad minera de Animon

	CONCENTRACION (%)	CONSUMO ACTUAL (cc/min)	RANGO DE VARIACION (cc/min)
MIBC	100	13	0 - 20
XANTATO	10	200	0 - 250
XANTATO	10	120	0 - 150
XANTATO	10	90	0 - 120
COMPLEJO	8	150	50 - 200
ZnSO ₄	5	600	400 - 800
ZnSO ₄	5	500	300 - 750
ZnSO ₄	5	300	200 - 500
NaHSO ₃	15	400	0-500
BCF	8	600	400 - 800
BCF	8	300	200 - 500
BCF	8	500	350- 700
CaO	5	2600	1500 - 3500
CaO	5	1800	900 - 2500

Tabla 3.2 a) Consumo de reactivos en el circuito Pb-Cu

	CONCENTRACION (%)	CONSUMO ACTUAL (cc/min)	RANGO DE VARIACION (cc/min)
CuSO ₄	5	800	400 - 1000
CuSO ₄	5	200	100 - 450
XANTATO	10	180	0 - 250
XANTATO	10	120	0 -200
XANTATO	10	90	0 - 150
MIBC	100	4	0 - 4
MIBC	100	4	0 - 4
CaO	5	2800	1500 - 3500
CaO	5	1600	1200 - 2300
CaO	5	900	500 - 1400

Tabla 3.2 b) Consumo de reactivos en el circuito de Zn

3.3 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS

3.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS

Dentro de los principales criterios que se puede seguir para seleccionar una Bomba Dosificadora se pueden mencionar los siguientes:

a) CAUDAL Y PRESION

El caudal y la presión cuyo producto tiene la dimensión de una potencia condicionan directamente la elección del tamaño de la bomba dosificadora, existe una relación inversa entre caudal y presión, para aplicaciones de alta presión las Bombas de Pistón tienen una amplia gamma de trabajo.

Para la presente aplicación en dosificación a celdas de flotación la Presión no es un factor importante debido a la diferencia de niveles, la descarga esta ubicada 6 metros debajo de la succión, por el contrario es importante la contrapresión para evitar problemas de sifoneo que nos daría un caudal erróneo.

Según el caudal requerido se procede a seleccionar la Bomba de acuerdo a las tablas de selección existentes para cada equipo.

b) NATURALEZA DEL FLUIDO A DOSIFICAR

De acuerdo a la naturaleza del fluido hay varios parámetros a considerar:

. Viscosidad, gravedad específica

Cuando la viscosidad es superior a 50 cps, la viscosidad del producto a bombear es a veces un factor que limita la elección de una bomba dosificadora. Una alta

viscosidad impone una cadencia reducida de bombeo y puede ser necesario adoptar válvulas asistidas o especiales.

Las Bombas peristálticas pueden manejar fluidos de viscosidad alta sin mayores problemas por su principio de funcionamiento solo la manguera peristáltica esta en contacto con el fluido.

Para la presente aplicación los reactivos de flotación tienen viscosidades moderadas, menos de 50 cps, no hay mayores problemas con las bombas de diafragma y pistón.

. Contenido de sólidos

Un fluido cargado y especialmente si la carga es abrasiva, condiciona la elección de la bomba de dosificación, puede originar abrasiones en el pistón de una bomba por lo que es mas recomendable una Bomba de Diafragma, si el contenido de sólidos es importante como en las soluciones de cal es mejor optar por las Bombas peristálticas. De todas maneras se recomienda el empleo de filtros en la succión.

. Compatibilidad química

Se debe poner especial énfasis a la compatibilidad química de los materiales a seleccionar en los elementos en contacto con el fluido, cabezal dosificador en las Bombas de pistón y diafragma, y manguera peristáltica, es importante seguir las recomendaciones de las tablas de compatibilidad química de cada tipo de Bomba.

c) OTROS ASPECTOS

Aspectos como la facilidad de mantenimiento y operación son tambien importantes y que deben tenerse en cuenta para la selección. Lo mismo el aspecto económico, para esta aplicación las Bombas ha usarse para la selección son de

algunas marcas conocidas, como las Bombas de diafragma de la marca IWAKI WALCHEM, de pistón de la marca OBL y peristáltica de POMPE ING. CALELLA.

La comparación del costo para un mismo tipo de caudal la el siguiente orden

PERISTALTICA > PISTON > ELECTRONICA DE DIAFRAGMA

3.4 SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS PARA LA UNIDAD DE ANIMON

3.4.1 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA PARA METIL ISOBUTIL CARBINOL (MIBC)

Rango de dosificación: 0-15 cc/min.

El metil isobutil carbinol es un espumante compuesto por una mezcla de alcoholes de cadena C6 a C8, produce espumaciones de fina textura y no da problemas de estabilidad, ligeramente soluble en agua, se utilizan en pequeñas cantidades sin diluir, gravedad específica: 0,808, viscosidad: 5 cps.

Por sus propiedades físicas puede ser dosificado sin problemas cualquier tipo de Bombas pero debido a que los flujos son bastante pequeños es recomendable trabajar con Bombas de diafragma electrónicas debido a que estas tienen mayor precisión para caudales pequeños el cual se regularía con bajas pulsaciones por minutos.

Se opta por seleccionar una Bomba Electrónica

Modelo: EWB10

Capacidad Máxima: 38 cc/min.

Regulación de 0 a 360 SPM

En la actual dosificación de 13 cc/min. esta bomba operará a 123 golpes por minuto (SPM) manteniendo la carrera al 100%

El cabezal adecuado para esta aplicación es PE polipropileno reforzado con fibra de vidrio y accesorios internos de etilen propilendieno monómero (EPDM)

3.4.2 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA PARA XANTATO AMILICO DE POTASIO, Z6

Rango de dosificación: 0-250 cc/min.

Los xantatos son sales de ácido xantogénicos, el xantato amílico de potasio es muy fuerte y tiene un gran grado de poder colector ideal para flotación de sulfuros como este caso.

En solución al 10% tiene una gravedad específica de 1,037 y un porcentaje de perdida diaria de 0,8 % a 20 °C, viscosidad 10 cps.

El contenido de sólidos es mínimo, para un rango de variación desde 0 a 250 cc/min., las Bombas de diafragma electrónicas o peristálticas con ventilación forzada trabajan sin problemas, las de Pistón pierden precisión cuando se dosifica a menos del 10% de su máxima capacidad. Se opta por la selección de las Bombas de diafragma electrónicas debido a que son las más convenientes para flujos menores por cuestiones económicas.

Se opta por seleccionar una Bomba Electrónica

Modelo: EHE30E2 PC

Capacidad Máxima: 340 cc/min.

Regulación de 0 a 360 SPM

En la actual dosificación de 200 cc/min. esta bomba operara a 211 golpes por minuto (SPM) manteniendo la carrera al 100%

El cabezal adecuado para esta aplicación de tipo PC polipropileno reforzado con fibra de vidrio y accesorios internos de vitón.

Para los otros puntos de dosificación de Xantato se hará una selección similar.

3.4.3 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA PARA NaCN/ ZnSO₄ / CaO (COMPLEJO)

Rango de dosificación: 50-200 cc/min.

Este reactivo es una mezcla de cianuro de sodio, sulfato de cinc y cal al 8%, la gravedad específica del reactivo es 1,1. Por tener un importante contenido de sólidos, las Bombas de pistón y diafragma presentaran posibles problemas de obstrucción en las partes internas del cabezal, para esta aplicación es recomendable emplear una Bomba peristáltica.

Se debe una Bomba peristáltica que emplee manguera peristáltica de elastómero propilénico resistente a productos químicos agresivos.

Modelo: VISA 5 1750/56

Capacidad nominal a 60 Hz: 270 cc/min., girando a 56 RPM

Este equipo trabajará con un variador de velocidad que permitirá modificar la frecuencia del motor, para que trabaje en la amplitud de rango deseada será necesario instalar un sistema de ventilación forzada al motor.

En la dosificación requerida actualmente de 150 cc/min. se debe regular el variador de frecuencia a 33 Hz con una velocidad de giro de 31 RPM.

3.4.4 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA PARA SULFATO DE CINC, $ZnSO_4$

Rango de dosificación: 400-800 cc/min.

Preparando este reactivo en una solución al 5%, asegura una depresión eficaz de la escalerita de cinc, tiene un mínimo contenido de sólidos.

Los rangos que se deben manejar son adecuados para una Bomba de Pistón o una Bomba peristáltica. Las ventajas de las Bombas de Pistón para esta aplicación es su robustez y mínimo desgaste de accesorios, el material recomendado para esta aplicación es cabezal y accesorios internos de acero inoxidable 316 y pistón de cerámica, se controla el flujo de la bomba regulando la carrera del embolo de 0 a 100%.

Se opta por seleccionar una bomba de pistón:

Modelo: RBB 30 AC 84

Capacidad máxima: 800 cc/min. trabajando a 84 SPM fijos

Para la dosificación actual de 600 cc/min. se debe regular la carrera del pistón al 75%.

Para los otros puntos de dosificación de Sulfato de cinc se hará similar selección.

3.4.5 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA BISULFITO DE SODIO, NaHSO₃

Rango de dosificación: 0-500 cc/min.

Empleado al 15% para controlar efectivamente la activación del cinc en el circuito de Plomo-Cobre, a esta concentración tiene una gravedad específica de 1,1.

El contenido de sólidos es mínimo, para el rango de variación requerido, las Bombas de diafragma electrónicas o peristálticas con ventilación forzada trabajan sin problemas, las de Pistón pierden precisión cuando se dosifica a menos del 10% de su máxima capacidad. Para esta selección se opta por las Bombas de diafragma electrónicas, son bastante económicas y adecuadas para todo el rango de operación

Se ha seleccionado una Bomba Electrónica

Modelo: EHE35E2 PC

Capacidad Máxima: 520 cc/min.

Regulación de 0 a 360 SPM

En la actual dosificación de 400 cc/min. esta bomba operara a 276 golpes por minuto (SPM) manteniendo la carrera al 100%

El cabezal adecuado para esta aplicación es de tipo PC polipropileno reforzado con fibra de vidrio y accesorios internos de vitón.

3.4.6 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA PARA Na₂Cr₂O₇ / Na₂SO₄ (BCF)

Rango de dosificación: 400-800 cc/min.

Es complejo depresor de galena de plomo de la calcopirita, mezcla de Bicromato de sodio, Carboxil metil celulosa y sulfato monosódico. Se prepara en solución al 8%, tiene un mínimo contenido de sólidos.

Los rangos que se deben manejar son adecuados para una Bomba de Pistón o una Bomba peristáltica, Las ventajas de las Bomba de Pistón para esta aplicación es su robustez y mínimo desgaste de accesorios, el material recomendado para esta aplicación es cabezal y accesorios internos de acero inoxidable 316 y pistón de cerámico, se controla el flujo de la bomba regulando la carrera del diafragma de 0 a 100%.

Se ha seleccionado una bomba de pistón:

Modelo: RBB 30 AC 84

Capacidad máxima: 800 cc/min. trabajando a 84 SPM fijos

Para la dosificación actual de 600 cc/min. se debe regular la carrera del embolo al 75%

Para los otros puntos de dosificación de BCF se hará de manera similar la selección.

3.4.7 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA PARA OXIDO DE CALCIO (CaO)

Rango de dosificación: 1500-3500

Preparada al 5% con agua empleada para regular el pH en las diferente etapas del circuito de flotación, gravedad específica 1,05; tiene un importante contenido de sólidos debido a una deficiente preparación de la lechada de cal y a la presencia de impurezas en la cal. Las Bombas de pistón y diafragma presentaran posiblemente

problemas de obstrucción en las partes internas del cabezal, para esta aplicación es recomendable emplear una Bomba peristáltica.

Se ha seleccionado una bomba peristáltica.

Modelo: VISA 10 1750/134

Capacidad nominal a 60 Hz: 4033 cc/min., girando a 134 RPM

Este equipo trabajara con un variador de velocidad que permitirá modificar la frecuencia del motor, para trabajar en una amplitud de rango mayor será necesario instalar un sistema de ventilación forzada al motor.

Para la dosificación requerida actualmente de 2 600 cc/min se debe regular el variador de frecuencia a 38 Hz con una velocidad de giro de 86 RPM.

Para los otros puntos de dosificación de óxido de calcio, se hará una similar selección.

3.4.8 SELECCIÓN DE BOMBA DOSIFICADORA PARA SULFATO DE COBRE ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Rango de dosificación: 400-1000 cc/min

El modo de preparación es una solución al 5% de sulfato de cobre gran activador de la escalerita, es bastante corrosivo con una gravedad específica 1,06.

Los rangos que se deben manejar son adecuados para una Bomba de Pistón o una Bomba peristáltica. Las ventajas de las Bombas de Pistón para esta aplicación es su robustez y mínimo desgaste de accesorios, el material recomendado para esta aplicación es cabezal y accesorios internos de Polipropileno PP32 o acero inoxidable 316 y pistón de cerámico AC, se opta por el tipo AC a fin de

estandarizar con las otras bombas de pistón y uniformizar los repuestos en stock, se controla el flujo de la bomba regulando la carrera del pistón de 0 a 100%.

Se opta por seleccionar una bomba de pistón:

Modelo: RBB 30 AC 118

Capacidad máxima: 1083 cc/min. trabajando a 118 SPM golpes por minuto (SPM).

Para la dosificación actual de 800 cc/min. se debe regular la carrera del diafragma al 73%.

3.5 CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS

CIRCUITO PLOMO-COBRE

REACTIVO	cc/min.	TIPO DE BOMBA SELECCIONADA	MODELO	CAPACIDAD MAX. DE BOMBA	MATERIALES EN CONTACTO CON EL FLUIDO
MIBC	13	ELECTRONICA	EWB10Y2 PE	38	POLIPROPILENO/VITON
XANTATO	200	ELECTRONICA	EHE30E2 PC	340	POLIPROPILENO/EPDM
XANTATO	120	ELECTRONICA	EHE30E2 PC	340	POLIPROPILENO/EPDM
XANTATO	90	ELECTRONICA	EHE30E2 PC	340	POLIPROPILENO/EPDM
COMPLEJO	150	PERISTALTICA	VISA5 1750/56	270	ELASTOMERO POLIPROPILENICO
ZnSO4	600	PISTON	RBB30AC 84	800	ACERO INOXIDABLE 316L
ZnSO4	500	PISTON	RBB30AC 84	800	ACERO INOXIDABLE 316L
ZnSO4	300	PISTON	RBB25AC 84	550	ACERO INOXIDABLE 316L
NaHSO3	400	ELECTRONICA	EHE35E2 PC	520	POLIPROPILENO/EPDM
BCF	600	PISTON	RBB30AC 84	800	ACERO INOXIDABLE 316L
BCF	300	PISTON	RBB30AC 85	800	ACERO INOXIDABLE 316L
BCF	500	PISTON	RBB30AC 86	800	ACERO INOXIDABLE 316L
CAL	2600	PERISTALTICA	VISA10 1750/134	4033	ELASTOMERO POLIPROPILENICO
CAL	1800	PERISTALTICA	VISA10 1750/84	2516	ELASTOMERO POLIPROPILENICO

3.6 CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DOSIFICADORAS

CIRCUITO DE CINC

REACTIVO	cc/min.	TIPO DE BOMBA SELECCIONADA	MODELO	CAPACIDAD MAX. DE BOMBA	MATERIALES EN CONTACTO CON EL FLUIDO
CuSO4	800	PISTON	RBB30AC 118	1083	ACERO INOXIDABLE 316L
CuSO4	200	PISTON	RBB25AC 84	550	ACERO INOXIDABLE 316L
XANTATO	180	ELECTRONICA	EHE30E2 PC	340	POLIPROPILENO/EPDM
XANTATO	120	ELECTRONICA	EHE30E2 PC	340	POLIPROPILENO/EPDM
XANTATO	90	ELECTRONICA	EHE30E2 PC	340	POLIPROPILENO/EPDM
MIBC	4	ELECTRONICA	EWB10Y2 PE	38	POLIPROPILENO/VITON
MIBC	4	ELECTRONICA	EWB10Y2 PE	38	POLIPROPILENO/VITON
CAL	2800	PERISTALTICA	VISA10 1750/134	4033	ELASTOMERO POLIPROPILENICO
CAL	1600	PERISTALTICA	VISA10 1750/84	2516	ELASTOMERO POLIPROPILENICO
CAL	900	PERISTALTICA	VISA10 1750/56	1700	ELASTOMERO POLIPROPILENICO

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. Cada aplicación es un caso particular como se ha visto en los cuadros de selección, cada punto de dosificación puede trabajar de manera exitosa seleccionando el equipo de dosificación mas óptimo para cada uno de ellos, se recomienda seguir los criterios descritos en 3.3.1 como son caudal y presión de operación, naturaleza del fluido a dosificar es decir propiedades como viscosidad y gravedad específica asi mismo contenido de sólidos, compatibilidad química referente a materiales de construcción, facilidad de mantenimiento y operación, costos entre otros.

b. Las Bombas de diafragma electrónicas son las mas convenientes desde el punto de vista económico, por representar un costo menor de inversión, pero están limitadas a operaciones con flujos hasta de 1 200 cc/min como máximo, para caudales mayores debe considerarse las bombas accionadas con motor, de pistón o peristálticas.

c. En la dosificación a celdas de flotación la línea de descarga de la bomba dosificadora debe recorrer un tramo importante y existen diferencias de alturas del orden de los 6 a 8 metros entre el punto de succión y descarga, la instalación de accesorios como válvulas de tope, y de inyección son obligatorias para las bombas de pistón y diafragma.

d. Las Bombas Peristálticas por su diseño no requieren mayores accesorios de protección, estas bombas tienen la ventaja de tener un mínimo de partes a y accesorios a remplazar, se debe tener bastante cuidado al seleccionar una determinada marca o tipo de material de la manguera peristáltica, para la aplicación de reactivos de flotación debe considerarse que se trabajara de manera continua por ello el Buna Nitrilo, o Elastómero propilénico son los mas recomendados.

e. El tiempo de vida de la manguera peristáltica es importante a considerarse, en promedio para trabajo continuo con reactivos de flotación la duración esta entre los 3 y 6 meses, se debe llevar un control de los tiempos de trabajo y realizar los reemplazos oportunamente para evitar roturas en las que el fluido ingresaría a las partes internas de la bomba acelerando el desgaste del rotor y rodillos perjudicando de esta manera la eficiencia de la bomba.

f. Al usar Bombas peristálticas es mas efectivo sobre-dimensionar la Bomba para poder trabajar con valore menores de RPM, esto permitirá mayor duración de la manguera peristáltica.

g. Un aspecto muy importante que muchas veces se descuida es realizar una adecuada instalación del sistema de dosificación y definir la forma de succión de la bomba dosificadora, succión negativa o succión inundada, esto asegura el correcto performance del equipo y reduce la cantidad de accesorios de protección necesarios. Para las bombas de pistón y diafragma se recomienda succión negativa usando válvula de pie, y para las bombas peristálticas es mas conveniente succión inundada lo que mantendría permanentemente cebada la bomba, evitándose el riesgo de que la bomba trabaje en seco lo cual perjudica la vida útil de la manguera peristáltica.

h. La dosificación de oxido de calcio tiene como objetivo regular el pH en las celdas de flotación, este valor es variable por lo que se debe enlazar la bomba peristáltica seleccionada con un controlador de pH a fin de dosificar lo necesario para mantener este parámetro en un rango determinado.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Departamental de Lima, Capitulo Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Resumen de Seminario: Avances en Reactivos de Flotación de Minerales, Lima-Perú, 2004.
2. Currie, Jhon M.: Operaciones Unitarias en procesamiento de minerales Editorial Fondo Educativo Interamericano, U.S.A, 1977.
3. Dana, S. y Williams, E.: Tratado de mineralogía , Editorial CECSA, México, 1969.
4. Manzaneda Cabala José: Procesamiento de Minerales, Editorial Cáceres, Lima-Perú, año 2 000
- 5.. Porras Carrillo, David L.: Manual de Operaciones en Procesamiento de minerales, Universidad Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco-Perú, 1 998.
6. Quiroz Nuñez, Iván: Ingeniería Metalúrgica, Manual de curso de Operaciones Unitarias en procesamiento de minerales, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 1 986.
5. Samamé Boggie, Mario: Gran Geografía del Perú Volumen VII La minería, Editorial Manfer-Juan Mejia Baca, Lima-Perú, 1 984.

APENDICES

1. COMPATIBILIDAD QUIMICA DE MATERIALES BOMBA DE PISTON
2. COMPATIBILIDAD QUIMICA DE MATERIALES BOMBA DE DIAFRAGMA ELETRONICA
3. SELECCIÓN DE CABEZALES DE BOMBAS ELECTRONICAS
4. ESQUEMA DE SISTEMA TIPICO DE INSTALACION DE BOMBA DOSIFICADORA Y ACCESORIOS
5. ESQUEMA DE INSTALACION DE BOMBAS DOSIFICADORAS
6. EJEMPLOS DE INSTALACION DE FILTROS
7. DESPIECE DE CABEZAL DE BOMBA DE PISTON
8. BOMBA DE DIAFRAGMA ACCIONADAS A MOTOR
9. CABEZAL DE UNA BOMBA DE DIAFRAGMA
10. CORTE SECCIONAL DE DIAFRAGMA
11. CABEZAL DE UNA BOMBA ELECTRONICA
12. VALVULA DE TOPE CONTRAPRESION
13. AMORTIGUADOR DE PULSACIONES
14. VALVULA DE ALIVIO
15. VALVULA DE CONTRAPRESION
16. CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DE PISTON
17. CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DE DIAFRAGMA
18. CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBA PERISTALTICA
18. SELECCIÓN DE CABEZALES BOMBAS DE DIAFRAGMA ELECTRONICAS

1. COMPATIBILIDAD QUIMICA DE MATERIALES BOMBA DE PISTON

CABEZAL

FLUIDO	A	P	P11	ATL	AC
ACIDO CLORHIDRICO - HCL	0	8	0	0	0
HIPOCLORITO DE SODIO - NaOCl	0	8	0	0	0
CLORURO FERRICO - FeCl3	0	8	0	0	1
POLIELECTROLITOS	9	6	0	/	9
ACIDO SULFURICO - H2SO4 98%	2	6	5	2	6
ACIDO SULFURICO - H2SO4 40%	0	8	0	0	1
SULFATO DE ALUMINIO Al2SO4	6	7	6	6	7
SODA CAUSTICA NaOH	6	6	7	6	7
CAL CaOH2	/	/	/	/	/
SULFATO FERROSO	5	6	5	5	7
SULFATO FERRICO	5	6	5	5	7
ALCOHOL	8	2	3	10	8
SULFATO DE COBRE	6	6	6	6	7
DIOXIDO DE AZUFRE	6	6	6	6	7
SOLVENTES	7	0	0	7	7
SULFITO DE SODIO Na2S	6	8	7	6	7
CLORURO DE ALUMINIO	2	7	/	2	5
ACIDO NITRICO HNO3	7	6	6	7	8
BISULFITO DE SODIO NaHSO3	6	6.5	7	6	8
ACIDO FOSFORICO H3PO4	3	8	3	3	5

DETALLE	A	P	P11	ATL	AC
CABEZAL	AISI-316L	PVC	PVC	AISI-316L	AISI-316L
PISTON	AISI-316L	CERAMICA	CERAMICA	AISI-316L	CERAMICA
EMPAQUE DEL PISTON	PTFE	PTFE	PTFE	PTFE	PTFE
ASIENTOS DE VALVULA	AISI-316L	CERAM/PVC	AISI-316L	AISI-316L	AISI-316L
VALVULAS CHECK	AISI-316L	CERAM/PIREX	AISI-316L	AISI-316L	AISI-316L
SELLOS DE VALVULA	FPM	FPM	FPM	FPM	FPM

2. COMPATIBILIDAD QUIMICA DE BOMBAS DE DIAFRAGMA ELECTRONICAS

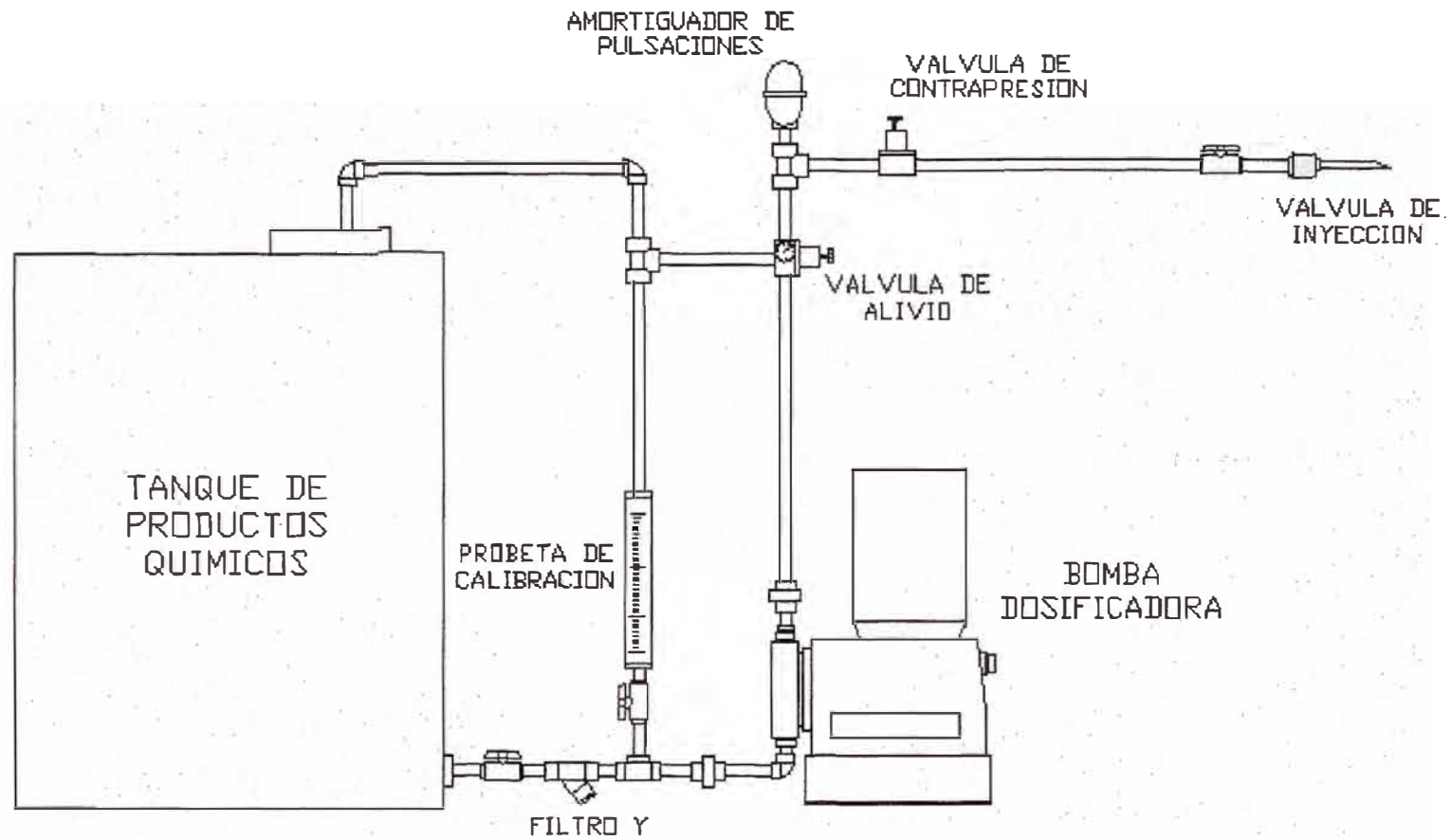
	RECOMENDADO	ALTERNATIVO		RECOMENDADO	ALTERNATIVO
ACIDO ACETICO	FC	SH	GLUTARALDEHIDO	FC	
ALCOHOL ISOPROPILICO	PE	VE	ACIDO CLORHIDRICO	VC	TC,VE
ALCOHOL METILICO	PE	VE	PEROXIDO DE HIDROGENO 50%	PC	PE
SULFATO DE ALUMINIO	PC,PE	VC,VE	ISOTHIOZOLINA	PC	TC
CLORURO DE ALUMINIO	PC,PE	VC,VE	ACIDO NITRICO 68%	TC	FC
AMINAS	PE	FC,SH	ACIDO FOSFORICO 50%	VC	PC
AMONIACO	PE	VE	HIDROXIDO DE POTASIO	PE	FC,TC
CARBONATO DE CALCIO	PC,PE	VC,VE	PERMANGANATO DE POTASIO	VC	FC
CLORURO DE CALCIO	PC,PE	VC,VE	CARBONATO DE SODIO	PC,VC	VE
HIDROXIDO DE CALCIO	PE	VE	BICARBONATO DE SODIO	PC	VC
HIPOCLORITO DE CALCIO	VC	VE	BISULFITO DE SODIO	PC	VC
ACIDO CROMICO 50%	TC	FC	HIDROXIDO DE SODIO	VE	FC
ETILENGLICOL	PE		HIPOCLORITO DE SODIO	VC	TC
SULFATO FERRICO	PC	VC	SILICATO DE SODIO	PC	
FORMALDEHIDO	FC	SH	ACIDO SULFURICO	FC,TC	VM

3. SELECCIÓN DE CABEZALES BOMBAS DE DIAFRAGMA ELECTRONICAS

MATERIAL	CABEZAL Y CONEXIONES	DIAFRAGMA	VALVULAS CHECK	ASIENTO DE VALVULAS	ALOJAMIENTO DE VALVULAS	JUNTAS
PC	GFRPP	PTFE REVESTIDO CON EPDM	CE	FKM	FKM	PTFE
PE	GFRPP		CE	EPDM	EPDM	
VC	PVC		CE	FKM	FKM	
VE	PVC		CE	EPDM	EPDM	
VF	PVC		PTFE	EPDM	EPDM	
VM	M PVC		CE	FKM	FKM	
FC	PVDF		CE	PCTFE	PTFE	
TC	PVDF		CE	FKM	FKM	
HV	PVC		CE	PCTFE	FKM	
SH	SS		HC	SS	PTFE	
VS	PVC		HC/SS	304SS	EPDM	
VH	PVC		HC	PVC	EPDM	
S6	316SS		HC	316SS		

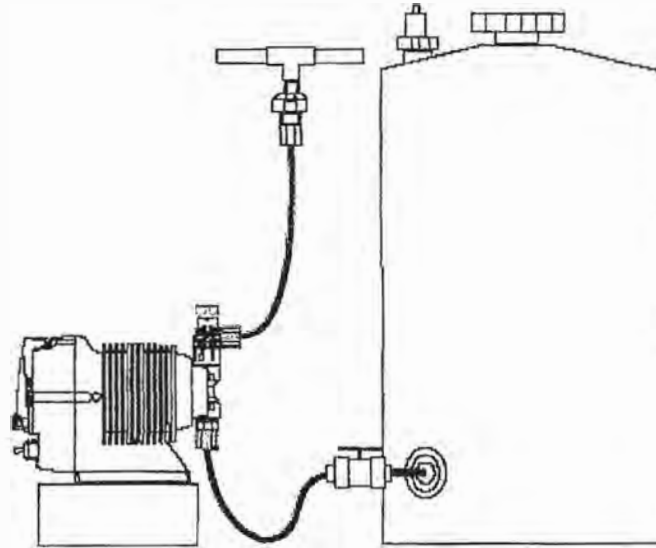
MATERIALES DE CONSTRUCCION

CE	ALUMINA CERAMICA	PVC:	POLICLORURO DE VINILO
EPDM:	ETILEN PROPILEN DIENO MONOMERO	PVDF:	POLIFLUORURO DIEN DE VINILO
FKM:	FLUOROELASTOMERO	SS:	ACERO INOXIDABLE 316
GFRPP:	POLIPROPILENO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO	PCTFE	POLIFLUORURO DE CLORO ETILENO
PTFE	POLITETRAFLUOROETILENO (TEFLON)	HC	HASTELLOY

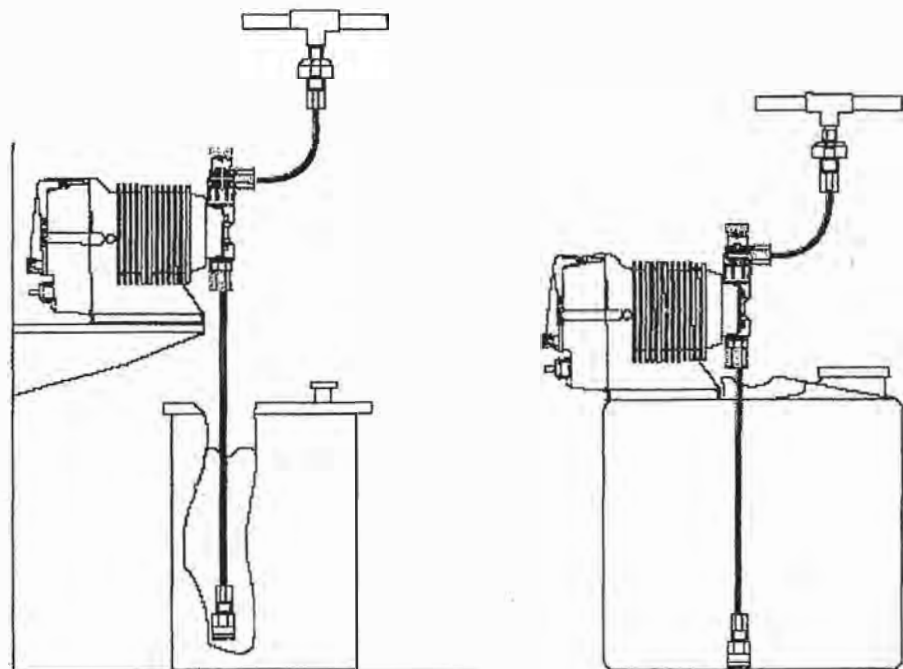


4. SISTEMA TIPICO DE INSTALACION DE BOMBA DOSIFICADORA Y ACCESORIOS

5. ESQUEMA DE INSTALACION DE BOMBAS DOSIFICADORAS
SUCCION INUNDADA O POSITIVA

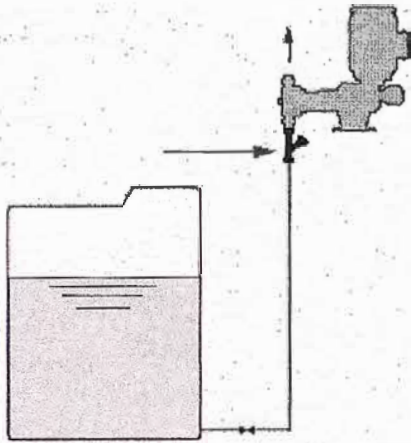


SUCCION NEGATIVA CON VALVULA DE PIE

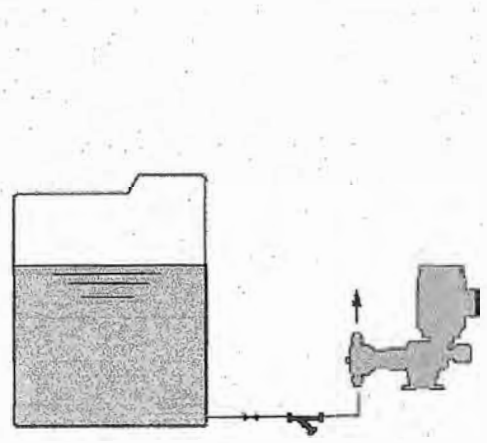


6. EJEMPLOS DE INSTALACION DE FILTROS

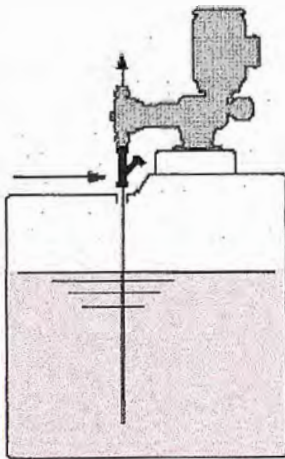
ERRONEO



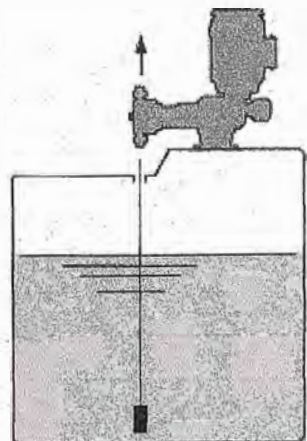
CORRECTO



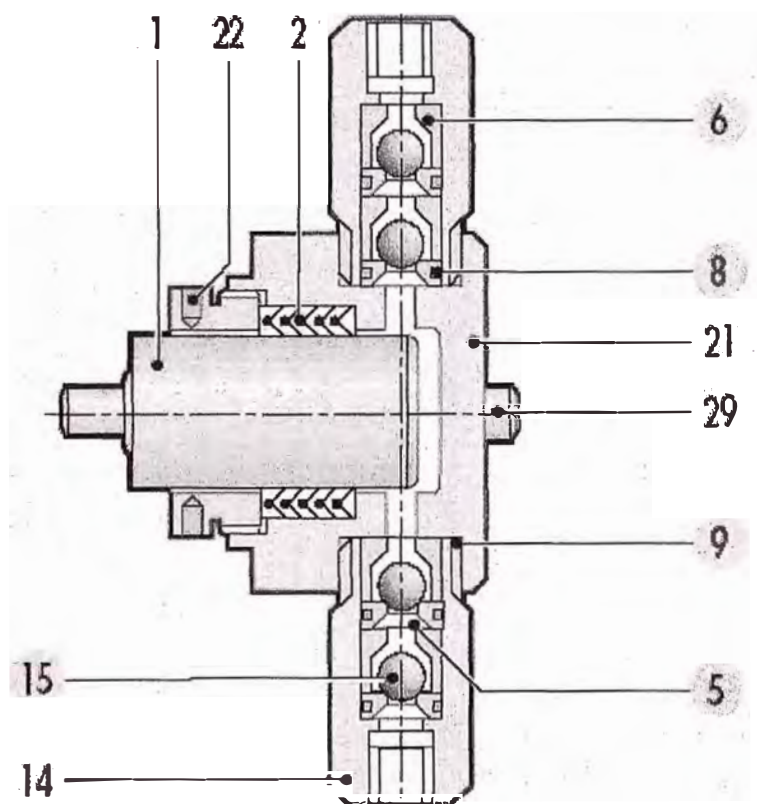
ERRONEO



CORRECTO



7. DESPIECE DE CABEZAL DE BOMBA DE PISTON

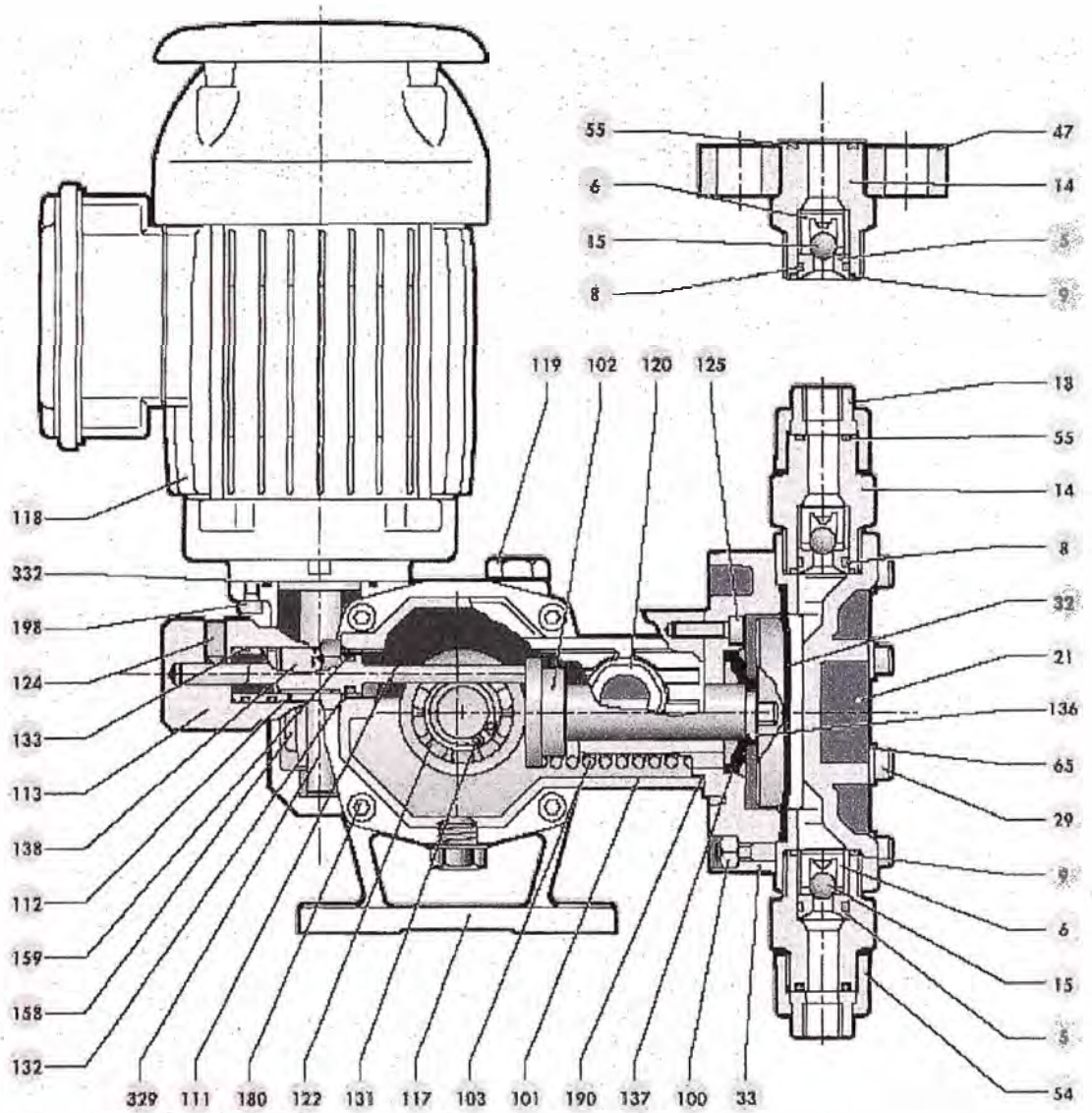


NRO. DE PARTE

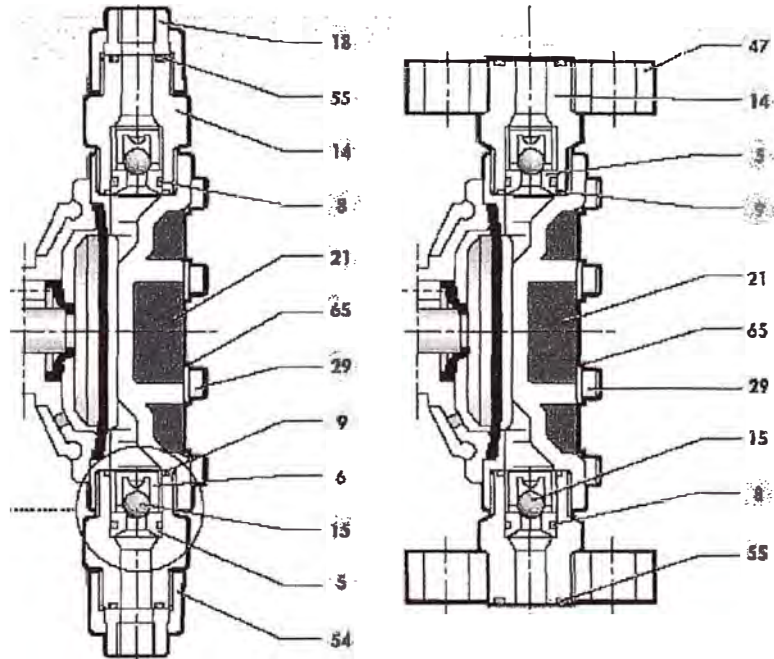
DENOMINACION

1	PISTON
2	EMPAQUE DE PISTON
5	ASIEN TO DE VALVULA
8	JUNTA DE ASIEN TO
9	JUNTA DE CAJA DE VALVULA
14	CAJA DE VALVULAS
15	VALVULA CHECK
21	CABEZAL
22	MEMBRANA DE SOPORTE
29	TORNILLO

8. BOMBA DE DIAFRAGMA ACCIONADAS A MOTOR

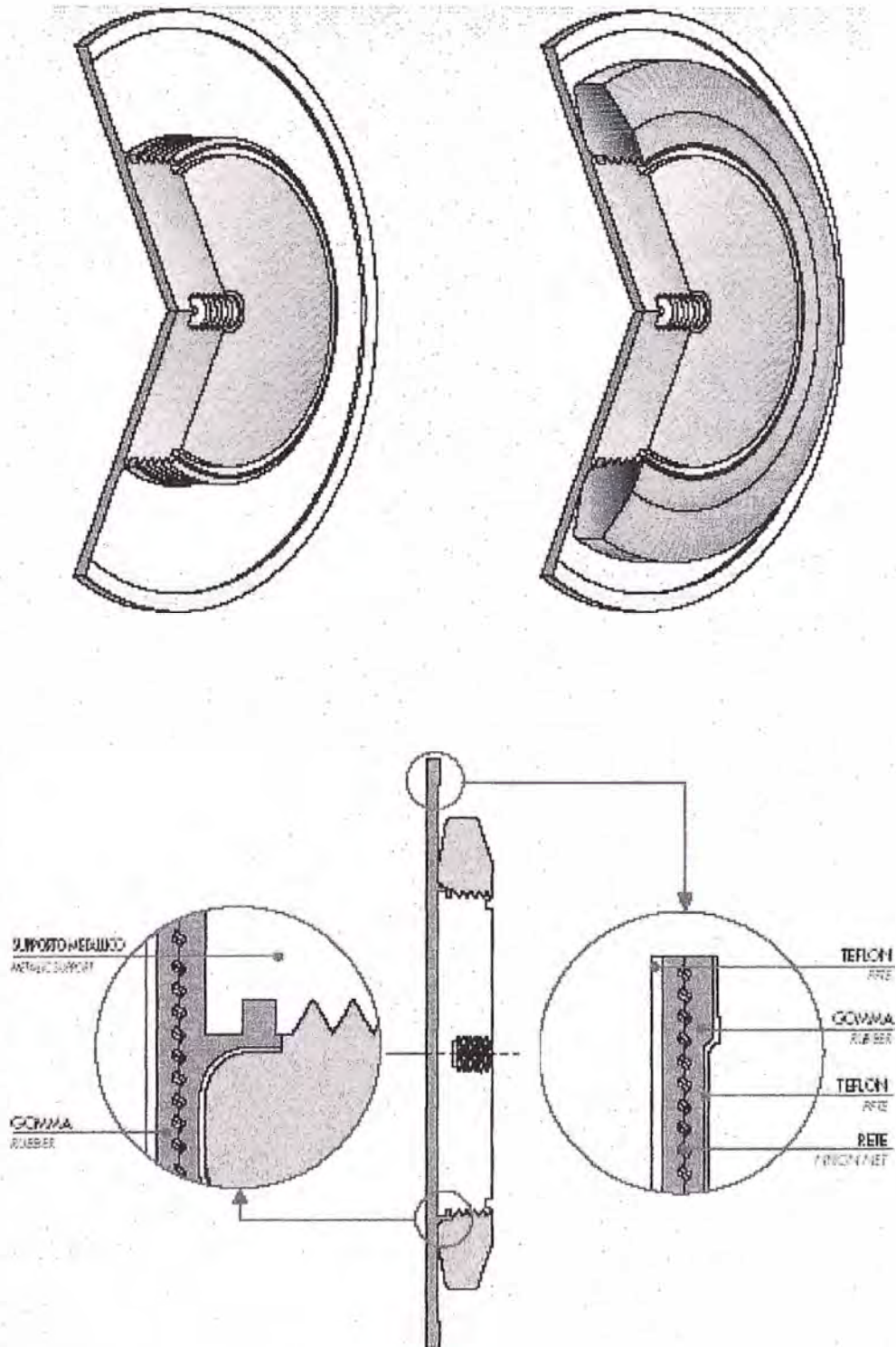


9. CABEZAL DE UNA BOMBA DE DIAFRAGMA



5	ASIENTO VÁLVULA	119	TAPÓN CARGA ACEITE
6	GUIA DE VALVULA	120	NIVEL ACEITE
8	ANILLOS	121	TAPON DESCARGA ACEITE
9	ANILLOS	122	RODAMIENTO
14	CONTENEDOR VALVULA	124	TORNILLO ALLEN
15	VÁLVULA CHECK	125	TORNILLO
18	COLLAR ADAPTADOR	131	ANILLO ELASTICO
21	CUERPO CABEZA	132	ANILLOS
29	TORNILLO	133	ANILLOS
32	MEMBRANA	136	ANILLOS
33	CAMARA MEMBRANA	137	EMPAQUETADURA
47	BRIDA	138	NONIO ADESIVO
54	TUERCA COLLARIN	158	TORNILLO S.F
55	ANILLOS	159	ANILLOS
65	ARANDELA	162	CORONA
100	TUERCA	172	RODAMIENTO
101	CUERPO BOMBA	173	RODAMIENTO
102	CORREDERO	174	CHAVETA
103	MUELLE O RESORTE	180	TORNILLO
105	ARBOL EXCENTRICO	190	ANILLOS
111	VARILLA DE REGULACIÓN	198	TORNILLO
112	GUIA VOLANTE	219	ANILLOS
113	POMO	329	ESPIGA
117	MECANISMO REDUCTOR	332	ANILLOS
118	MOTOR		

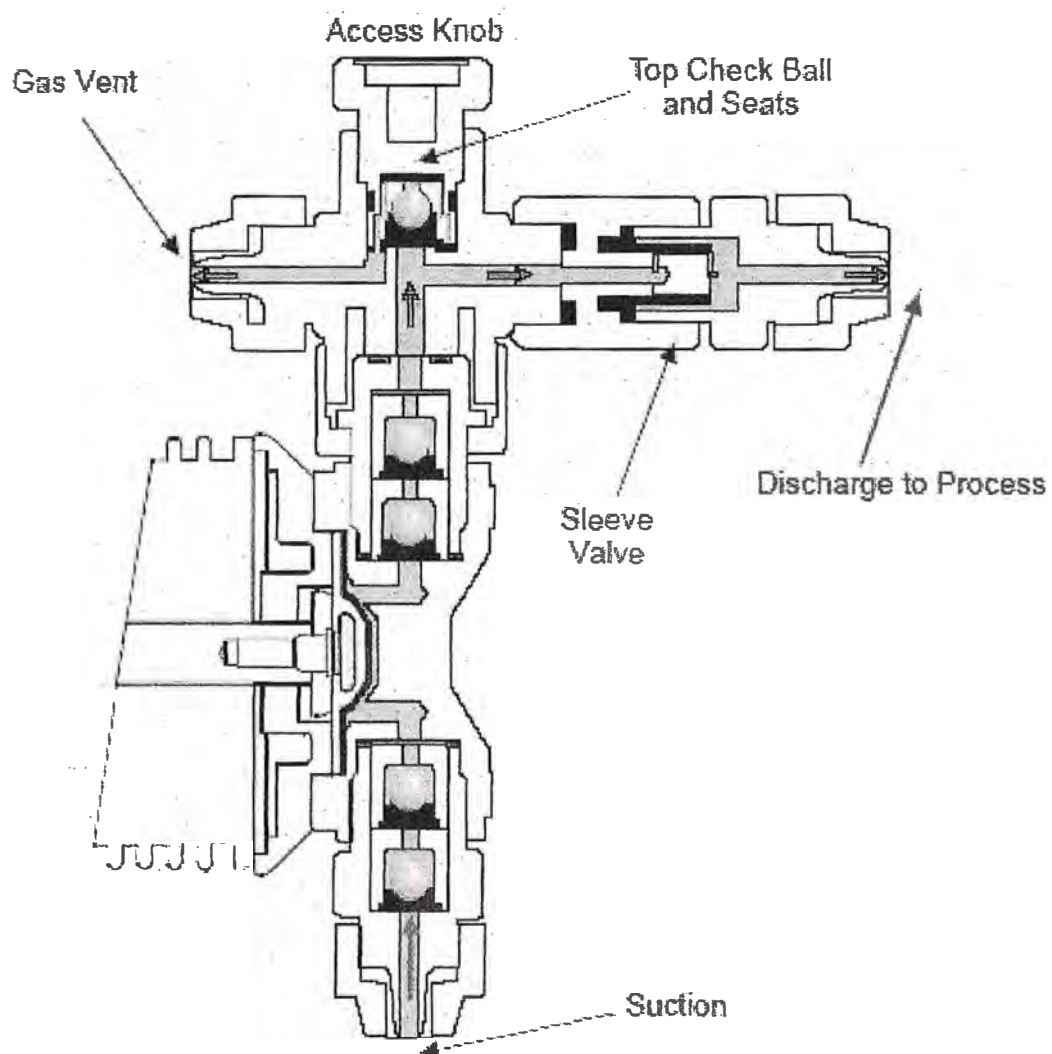
10. CORTE SECCIONAL DE DIAFRAGMA



11. CABEZAL DE UNA BOMBA ELECTRONICA

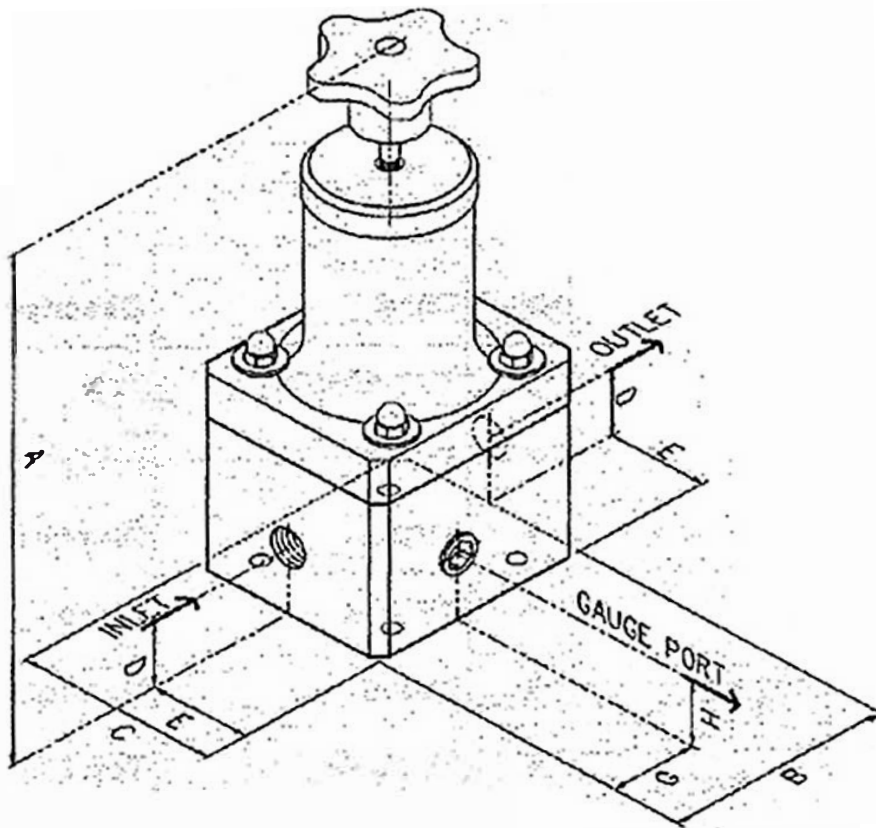
Modelo: EWB

Fabricante : IWAKI WALCHEM (USA)



12. VALVULA DE TOPE CONTRAPRESION

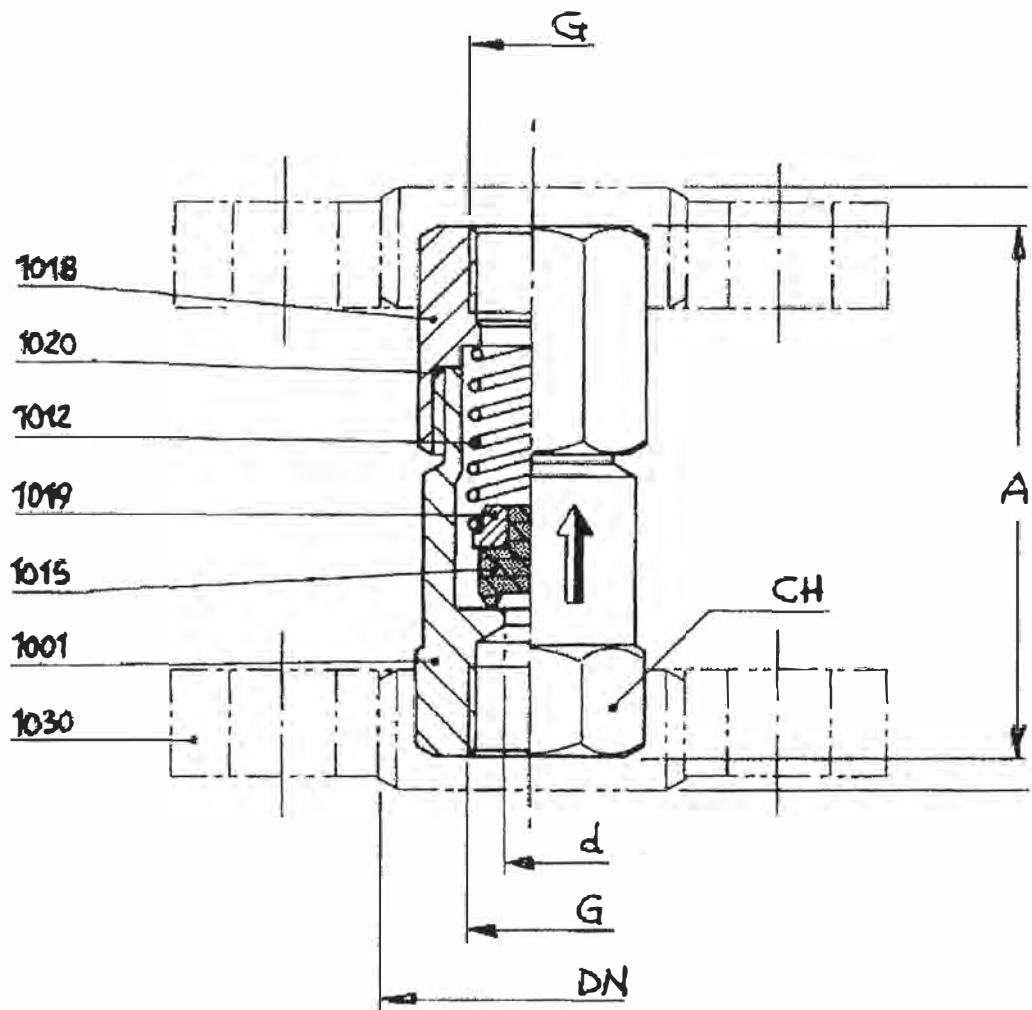
Fabricante: PRYMARY FLUID SYSTEMS (USA)



DIMENSIONS (INCHES)

SIZE	OVERALL			INLET/OUTLET		GAGE PORT	
	A*	B	C	D	E	G	H
1/4"	5.75	2.50	2.25	0.65	1.125	0.95	0.65
1/2"	6.50	3.50	2.75	0.90	1.375	1.22	0.90
3/4"	6.50	3.50	2.75	0.90	1.375	1.22	0.90
1"	7.00	4.00	3.00	1.30	1.50	1.53	1.30
1.5"	7.75	4.125	3.25	1.687	1.625	1.469	1.687
2"	8.25	4.125	3.75	1.948	1.875	1.469	1.948

14. VALVULA DE ALIVIO

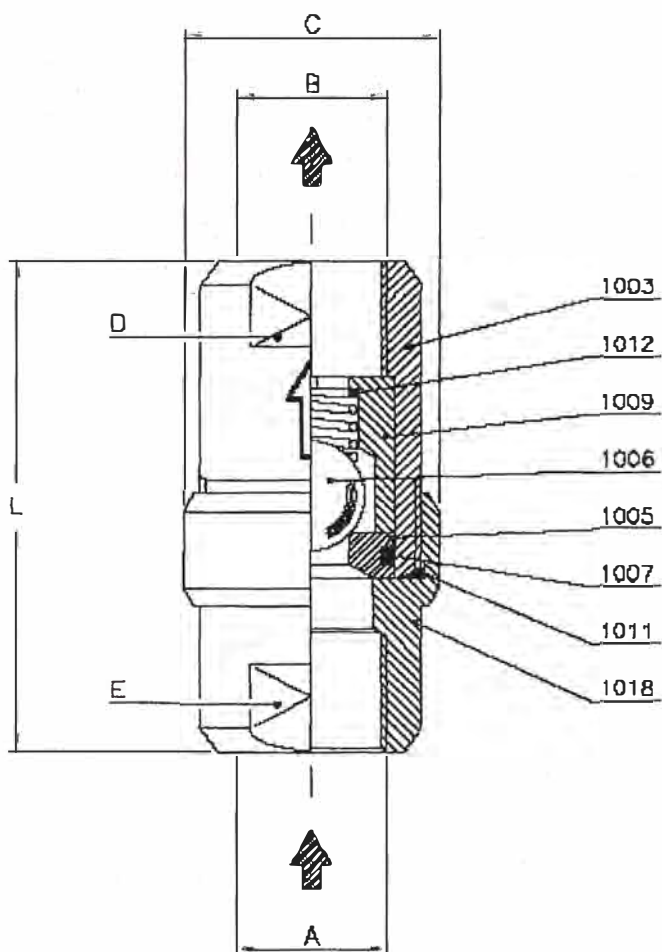


Modelo : V200

Fabricante: OBL (ITALIA)

1001	CUERPO : AISI 316L
1012	RESORTE
1015	CONTRAVENTANA : VITON
1018	CONEXION
1019	ASIENTO DE RESORTE
1020	ANILLO
1030	BRIDA

15. VALVULA DE CONTRAPRESION



VERSION : AISI 316L

RANGO DE PRESION : 1.5-2 BAR

1003	CONTENEDOR
1005	ASIENTO DE VALVULA
1006	ESFERA
1007	ANILLO
1009	GUIA DE VALVULA
1011	ANILLO
1012	RESORTE
1018	CONECCION

16. CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DE PISTON

Modelo: RBB

Fabricante: OBL (ITALIA)

TIPO TYPE	COLPI AL I STROKES /	PORTATA Max in MAX FLOW RATE / l /	PRESS. MAX BAR MAX PRESSURE			MOTORE kW Motor kW		ATTACCHI FILETTATI CON GHIERA THREADED CONNECTIONS	
			A	ATL	P	3PH	1PH	A-ATL	P
RBB6	43	0,7	-	40	10	0.20	0.24	1/4" g.f. - BSPP	
RBB6	60	1	-	40	10	0.20	0.24	1/4" g.f. - BSPP	
RBB6	84	1,5	-	40	10	0.20	0.24	1/4" g.f. - BSPP	
RBB6	118	2,2	-	40	10	0.20	0.24	1/4" g.f. - BSPP	
RBB10	30	1,5	10	40	10	0.20	0.24	1/4" g.f. - BSPP	
RBB10	43	2,5	10	40	10	0.20	0.24	1/4" g.f. - BSPP	
RBB10	60	3,4	10	40	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	1/4" g.f. - BSPP
RBB10	84	4,8	10	40	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	1/4" g.f. - BSPP
RBB10	118	7	10	40	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	1/4" g.f. - BSPP
RBB16	43	6	10	40	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB16	60	9,5	10	40	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB16	84	13	10	40	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB16	118	18	10	40	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB25	43	16	10	30	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB25	60	24	10	30	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB25	84	33	10	27	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB25	118	45	10	20	10	0.20	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB30	43	24	10	30	10	0.30	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB30	60	34	10	30	10	0.30	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB30	84	48	10	25	10	0.30	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB30	118	65	10	20	10	0.30	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB43	43	50	10	12	10	0.30	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB43	60	78	10	12	10	0.30	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB43	84	100	10	12	10	0.30	0.24	3/8" g.f. - BSPP	
RBB43	118	150	10	-	10	0.30	0.24	1/2" g.f. - BSPP	
RBB50	43	70	10	-	10	0.30	0.24	1/2" g.f. - BSPP	
RBB50	60	102	10	-	10	0.30	0.24	1/2" g.f. - BSPP	
RBB50	84	140	9	-	9	0.30	0.24	1/2" g.f. - BSPP	
RBB50	118	200	7	-	7	0.30	0.24	1/2" g.f. - BSPP	
RBB62	43	105	7	-	7	0.30	-	3/4" g.f. - BSPP	1/2" g.f. - BSPP
RBB62	60	152	6	-	6	0.30	-	3/4" g.f. - BSPP	1/2" g.f. - BSPP
RBB62	84	205	5	-	5	0.30	-	3/4" g.f. - BSPP	1/2" g.f. - BSPP
RBB62	118	300	4	-	4	0.30	-	3/4" g.f. - BSPP	1/2" g.f. - BSPP

17. CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBAS DE DIAFRAGMA

Marca: IWAKI WALCHEM (USA)

BOMBAS DE BAJO CAUDAL SERIE EW

Size	Max. Output Capacity		Max. Output per Stroke	Max. Pressure ¹		Connection Size (in) Tubing O.D.
	GPH	ml/min	ml	PSI	MPa	
B10	0.6	38	0.11	150	1.0	3/8
B15	1.0	65	0.18	105	0.7	3/8
B20	1.8	115	0.26	60	0.4	3/8
B30	3.3	210	0.56	30	0.2	1/2
C15	1.3	80	0.22	150	1.0	3/8
C20	2.3	145	0.36	105	0.7	3/8
C30	4.3	270	0.75	50	0.35	1/2
C35 ²	6.7	420	1.17	30	0.2	1/2

BOMBAS DE MAYOR CAUDAL SERIE EHE

Size	Output Capacity				Output per Stroke		Maximum Pressure		Connection Size (in) Tubing O.D.
	GPH		ml/min		ml		PSI	MPa	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.			
E30	0.0031	5.5	0.189	340	0.18	0.94	150	1.0	1/2
E35	0.0047	8.5	0.289	520	0.289	1.44	105	0.7	1/2
E45	0.0067	12.0	0.417	750	0.417	2.08	60	0.4	1/2
E55	0.0111	20.0	0.694	1250	0.694	3.47	30	0.2	1/2

18. CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBA PERISTALTICA

Pompe Ing. Calella s.r.l.

VISA
SELEZIONE

POMPA	kW DI TARGA	MOTORE			RIDUTTORE - VARIATORE				TIPO	I	F.S.
		TIPO	kW	POLI	50 Hz		60 Hz				
					GIRI/1'	l/h	GIRI/1'	l/h			
5 0,004 l/giro	0,22 ASSORBITI R=0,075 V=0,15	63 B4	0,18	4	47	11	56	14	NMRV 030 F	30	0,8
					56	13	67	16		25	1
					70	17	84	20		20	1
					93	22	112	27		15	1,3
					112	27	134	32		15	1,4
		63 B4	4	140	34	168	40	10		1,8	
				187	45	224	54	7,5		2,3	
				280	67	336	81	5		3,4	
		63 A2	2	373	90	448	107	7,5		3,2	
				11 - 59	3 - 14	13 - 71	3 - 17	15		-	
		63 C4	0,22	4	17 - 88	4 - 21	20 - 106	5 - 25		10	-
					22 - 117	5 - 28	26 - 140	6 - 34		7,5	-
					34 - 176	8 - 42	41 - 211	10 - 51		5	-
63 C2	0,37	2	45 - 235	11 - 56	54 - 282	13 - 68	7,5	-			
R-1 10 0,03 l/giro	0,37 ASSORBITI -L, V=0,3	71 B4	0,37	4	47	85	56	102	NMRV 040 FL	30	0,8
					56	101	67	121		25	0,8
					70	126	84	151		20	1
					93	167	112	201		15	1,3
					112	202	134	242		25	1,1
		71 A2	4	140	252	168	302	10		1,9	
				187	337	224	404	7,5		2,4	
				280	504	336	605	5		3	
		71 B4	0,37	4	11 - 67	20 - 121	13 - 80	24 - 145		15	-
					17 - 100	31 - 180	20 - 120	37 - 216		10	-
					22 - 133	40 - 239	26 - 160	48 - 287		7,5	-
					34 - 200	61 - 360	41 - 240	73 - 432		5	-
											NMRV 040 FL
								+ TXF 005/071			

CUADRO DE SELECCIÓN DE BOMBA PERISTALTICA

Pompe Ing. Calella s.r.l.

VISA

SELEZIONE

POMPA	kW DI TARGA	MOTORE			RIDUTTORE - VARIATORE				TIPO	I	F.S.			
		TIPO	kW	POLI	50 Hz		60 Hz							
					GIRI/1'	l/h	GIRI/1'	l/h						
15 0,085 l/giro	0,55 ASSORBITI R=0,22 V=0,37	80 A4	0,55	4	47	240	56	288	NMRV 050 FL	30	1			
					56	286	67	343		25	1			
					70	357	84	428		20	1,2			
					93	474	112	569		15	1,6			
					112	571	134	685		25	1,4			
					140	714	168	857		10	2,2			
		80 A4	0,55	4	187	954	224	1.144		7,5	2,9			
					280	1.428	336	1.714		5	3,7			
					80 A4	0,55	4	8,5 - 50		43 - 255	10 - 60	52 - 306	20	-
								11 - 67		56 - 342	13 - 80	67 - 410	15	-
								17 - 100		87 - 510	20 - 120	104 - 612	10	-
								22 - 133		112 - 678	26 - 160	135 - 814	7,5	-
		80 B2	0,55	2	34 - 200	173 - 1020	41 - 240	208 - 1224		TXF 010/080	10	-		
		25 0,4 l/giro	1,1 ASSORBITI R=0,75 V=0,95	80 B4	0,75	4	70	1.680		84	2.016		20	0,9
80 C4	0,92			4	93	2.232	112	2.678		15	1			
80 A2	0,75			2	112	2.688	134	3.226	NMRV 050 FL	25	1			
80 C4	0,92			4	140	3.360	168	4.032	10	1,3				
					187	4.488	224	5.386	7,5	1,7				
					90 S4	1,1	4	13 - 48	312 - 1152	16 - 58	374 - 1382	20	-	
18 - 63	432 - 1512			22 - 76				518 - 1814	15	-				
27 - 95	648 - 2280			32 - 114				778 - 2736	10	-				
36 - 127	864 - 3048			43 - 152				1037 - 3658	7,5	-				
90 S2	1,1			2	54 - 190	1296 - 4560	65 - 228	1555 - 5472	TXF 010/080	10	-			