

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
3.1	Identificación de las pruebas ensayadas, 3 posición	33
3.2	Identificación de las cotas y longitudes de las 3 posiciones	34
3.3	Identificación de las pruebas ensayadas, 3 posición	35
3.4	Identificación de la prueba ensayada, 2 posición	36
3.5	Identificación de la prueba ensayada, 1 posición	37
4.1	Longitud mayor (C), con carga máxima (Z) para la válvula No. 1, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	39
4.2	Longitud mayor (C), con carga media (Y) para la válvula No. 1, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	40
4.3	Longitud mayor, con carga mínima para la válvula No. 1, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	40

4.4	Longitud mayor (C), con carga máxima, para la válvula No.2, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	41
4.5	Longitud mayor, con carga media, para la válvula No. 2, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	41
4.6	Longitud mayor (C), con carga mínima (X) para la válvula No. 2, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	42
4.7	Longitud mayor (C), con carga máxima (Z) para la válvula No. 3, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	43
4.8	Longitud mayor (C), con carga media (Y) para la válvula No. 3, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	43
4.9	Longitud mayor (C), con carga mínima (X) para la válvula No. 3, en la posición numero 3 del ariete hidráulico	44

- 4.10 Válvula No. 3 con carga máxima de $h= 8.348$ 44
m. Y longitud de 112.75 m (C), en la
posición numero 3 del ariete hidráulico
- 4.11 Válvula No. 3 con carga media de $h= 6.948$ 45
m. Y longitud de 77.35 m (B), en la
posición numero 2 del ariete hidráulico
- 4.12 Válvula No. 3 con carga mínima de $h= 4.388$ 45
m. Y longitud de 31.85 m (A), en la
posición numero 1 del ariete hidráulico
- 4.13 Válvula No. 4 con carga máxima de $h= 8.348$ 46
m. Y longitud de 112.75 m (C), en la
posición numero 3 del ariete hidráulico
- 4.14 Válvula No. 5 con carga máxima de $h= 8.348$ 46
m. Y longitud de 112.75 m (C), en la
posición numero 3 del ariete hidráulico

4.15	Válvula No. 6 con carga máxima de $h = 8.348$ m. Y longitud de 112.75 m (C), en la posición numero 3 del ariete hidráulico	47
------	--	----

INDICE DE FIGURAS

CUADRO		Página
2.1	Partes que constituyen un ariete hidráulico	12
3.1	Deposito de suministro	23
3.2	Válvula de gasto 1	27

3.3	Válvula de gasto 2	28
3.4	Válvula de gasto 3	29
3.5	Válvula de gasto 4	30
3.6	Válvula de gasto 5	31
3.7	Válvula de gasto 6	32
5.1	Curva característica de la válvula No1, y longitud 112.75 m (C)	48
5.2	Curva característica de la válvula No2, y longitud 112.75 m (C)	49
5.3	Curva característica de la válvula No3, y longitud 112.75 m (C)	50
5.4	Curvas características de las válvulas No3, 4, 5, 6 con carga (Z) y longitud (C)	51
5.5	Curvas características de la válvula No3, en tres diferentes posiciones	52

I. INTRODUCCIÓN

Debido a los altos costos y a la problemática que existe para el abastecimiento de agua se ha orillado al hombre a realizar estudios concernientes a la solución de este problema. Una propuesta son las bombas de ariete hidráulico que son maquinas sencillas que permiten elevar un caudal de agua aprovechando las grandes presiones del fenómeno conocido como golpe de ariete hidráulico, generado mediante el cierre violento de una válvula.

El ariete hidráulico ha sido usado desde el siglo XVII para bombear agua sin el uso de energía exterior, este puede ser instalado y aplicado en un lugar donde haya una fuente permanente de agua y así podrá bombear agua suficiente para regar una huerta familiar, suministrar constantemente agua fresca al ganado, accionar molinos, abastecer plantas y satisfacer el uso domestico, etc.

En varios sitios de la República mexicana, existen sitios donde su aplicación resolvería esta problemática, principalmente en las comunidades rurales que económicamente no puedan solventar otro tipo de bomba que consuma energía con precios altos.

1.1, Antecedentes Históricos

A través de la historia el pensamiento de una maquina perpetua del movimiento ha atormentado a la humanidad por el hecho de que se guardaría la forma de moverse sin usar ninguna forma de energía exterior, sin embargo hay un dispositivo que funciona sin ayuda del exterior. La única energía que utiliza es la del agua que se esta moviendo y mediante la energía cinética que esta posee, cae y la cambia en energía mecánica la cual hace funcionar dos válvulas. El sistema completo puede ser ensamblado y desensamblado fácilmente para su movilidad, inclusive se puede esperar que este libre de mantenimiento por varios años después de que se haya hecho operacional.

El sistema aparenta tener potencial en muchos países tercermundistas, principalmente si el material que lo constituye es barato y fácil de conseguir.

En 1772 en Inglaterra, John Whitehurst es acreditado con el invento de una bomba que no actuaba por si misma. En 1796 un Francés, Joseph Michael Montgolfier, adiciono una válvula que hizo que el aparato funcionara por si mismo haciendo que el ariete hidráulico fuera casi una maquina de movimiento perpetuo.

En 1809, la primera patente americana se dio a J. Cerneau y S.S.Hallet en Nueva York. Pero no fue hasta 1832 que informo acerca de una “simple bomba que empuja el agua colina arriba usando solamente energía de agua en movimiento” , y comenzó a extenderse a través de los Estados del Este.

Antes de 1840, la mayoría de las bombas en ese país fueron importadas desde Europa. Entonces, en 1843, H.H. Strawbridge de Louisiana reporto que el fue el primero en poner un modelo en uso hecho en América. Su primer ariete, constituido completamente de madera, explotó haciendo que se creará un modelo posterior que llevaba tornillos y anillos de acero. Un ariete de puro acero lo siguió enseguida.

Sedientos de agua, los Americanos rurales se intrigarón por esas bombas.

El ariete de agua patentado de Benson podía bombear agua desde la fuente y enviarla por una colina, o podía usar ese poder para empujar otras reservas de agua.

Poco después artículos en revistas como el Gabinete del Granjero y El Granjero Americano trajeron reconocimiento y explicaciones del ariete y sus posibilidades.

En 1879, la enciclopedia de la Gente incluía el ariete hidráulico entre los 55 inventos más importantes en la historia de la humanidad. Definía el ariete como “un mecanismo simple y convenientemente aplicado por el cual el peso de agua cayendo puede hacerse disponible para llevar una porción de sí misma a alturas considerables”.

El ariete de Benson se dijo que podía “levantar el doble de agua que cualquier bomba de poder podría, con el mismo poder de agua”. Se describió como “muy simple y fácil de mantener en orden”.

Las patentes de los arietes abundaron en los 1840s. y 1850s., pero después de 1858 ninguno fue asegurado, hasta 1870, cuando otra explosión vio cuatro patentes otorgadas en tres años.

A pesar de que mucha gente utilizaba los arietes para granjas y casas individuales, un anuncio en 1852 para el ariete hidráulico mejorado y patentado de Birkinbine proclamó que el ariete había bombeado 20, 000 galones de agua por día al pueblo de Naples, N.Y.

El anuncio invito a individuos a ordenar un “ariete y una tubería apropiados que les sean enviados con instrucciones de armado”.

Los arietes de Birkinbine fueron “garantizados en cualquier aspecto”. Uno de los arietes grandes mejor conocidos fue el motor hidráulico Rife, que podía bombear 50, 000 galones por día y 200 pies verticalmente.

El bajo costo fue un factor mayor en el crecimiento del uso del ariete. No solo fueron las máquinas baratas en su compra, también eran simples de instalar y además eran casi libres de mantenimiento.

En 1844 John Latrobe importo un ariete desde Inglaterra por el costo de \$100 dls. Incluyendo 500 pies de tubería.

En 1847 A. J. Downing pago solamente \$ 60.60 dls. Por un ariete hecho en América y varios cientos de pies de tubería.

El propio ariete le costó a Downing solamente \$12 dls. , modelos mas grandes costaban máximo \$ 30 dls. Los costos de reparación variaban desde tan alto como \$ 5 dls. Por cada 5 años por remplazar válvulas en modelos ingleses hasta de reparaciones de no mas de \$.25 centavos de dólar por año de los modelos de Birkinbine.

Los arietes fueron los mayores transportadores de agua a granjas, casas, industrias, vías férreas y pueblos por mas de 100 años. Sin embargo, con la llegada de bombas eléctricas el interés en arietes hidráulicos se fue adormeciendo. Luego en años recientes, el ariete regreso. Faltas de combustible, alto costos de partes para bombas eléctricas, y el impacto de las preocupaciones ambientales trajo de regreso la necesidad de una bomba que sea barata, requiera casi nada de reparaciones o mantenimiento, actúe por si misma y pueda levantar agua a alturas considerables. Es así como los arietes hidráulicos comenzaron a florecer una vez mas. Continúan siendo eficientes y los modelos grandes pueden bombear agua cientos de pies verticalmente.

Sin embargo el público comenzó a buscar un ariete que puedan rápidamente costear, levantar fácilmente, y mover si es necesario. Y así en 1980 Richard Fleming desarrollo y comenzó a distribuir el ariete hidráulico Fleming. Construido principalmente con partes Off-The-Shelf, es ligero altamente eficiente y diseñado para proveer muchos años de servicio.

1.2 Importancia del Estudio

Las bombas de ariete hidráulico son maquinas sencillas que permiten elevar un caudal de agua, hasta una altura mayor que la altura de caída que constituye la fuente de alimentación de la bomba. Su funcionamiento aprovecha las grandes presiones del fenómeno conocido como golpe de ariete hidráulico generado mediante el cierre violento de una válvula. Para ello tiene que ingresar un caudal mayor a la bomba que el que se pretende coleccionar en la tubería de elevación y este se derrama, activando las válvulas que la bomba tiene para este fin.

En la actualidad existen países como el nuestro (México), que pasan por crisis económicas las cuales dificultan la obtención de recursos y es por ello que se requiere de tecnología de vanguardia,

pero sobre todo que sea económicamente alcanzable, simple de operar y que no exceda en los costos de operación, ni en mantenimiento, es por ello que creemos que las investigaciones sobre el ariete hidráulico deben continuar como lo señala en las conclusiones de la tesis presentado como requisito para obtener el título de maestro en ciencias el Ing. Ricardo F. Rodríguez Flores. Las cuales recomienda continuar en los siguientes puntos.

Realizar investigaciones experimentando con diferentes longitudes de tubería de suministro.

Así como realizar una investigación específicamente en la válvula de desperdicio, para determinar con mayor exactitud la influencia del área de derrame de agua, así como la variación de la resistencia al cierre en la intensidad del golpe de ariete, cuantificando la presión.

1.3 Hipótesis

* Puede mantenerse constante la cámara de presión y variar las áreas de desfogue en la válvula, obteniendo resultados satisfactorios.

* Con la variación del tamaño de la válvula y con carga constante, se puede alcanzar mayor rendimiento del ariete hidráulico.

* Se puede elevar agua a alturas mayores que la longitud de la tubería de suministro variando la válvula de desfogue.

1.4 Objetivos

* Disminuir el costo de ariete hidráulico, variando las dimensiones de la válvula de desfogue.

* Que la población de escasos recursos económicos en las comunidades rurales puedan tener acceso a la tecnología para la solución al problema del abastecimiento de agua.

* Continuar con la investigación del ariete, ya que hasta ahora no hay un trabajo que contenga toda la información referente al ariete hidráulico.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 ¿ Que Es Un Ariete Hidráulico ?

Chávez (1992) menciona que las bombas de ariete hidráulico son máquinas sencillas que permiten elevar un caudal de agua q , hasta una altura h mayor que la altura o caída H que constituye la fuente de alimentación de la bomba.

Chamberlain (1981) menciona que los arietes hidráulicos son bombas sin motor que aprovechan la fuerza de una corriente para bombear agua continuamente. Y que proporcionan miles de litros de agua sin usar electricidad, gasolina ni otra fuente externa de energía.

Behr (1954) menciona que es una maquina elevadora de agua y que la denominación de ariete se debe a la semejanza del golpe que produce el agua de esta máquina con el de la antigua máquina militar, para batir las murallas fortificadas, que los romanos denominaron arietis.

Salvat et al (1969) menciona que el ariete hidráulico es una máquina para elevar agua utilizando el movimiento oscilatorio producido por una columna del mismo líquido.

D. Jennings (1996) menciona que una bomba de ariete hidráulico (o RAM del agua), es un dispositivo simple que se utiliza para el bombeo de agua en caudales bajos.

De Parres (1977) Menciona que el ariete hidráulico es un dispositivo sencillo e interesante que permite aprovechar la presión dinámica del agua que escurre bajo una pequeña carga, para elevar una porción de esta misma agua a una altura mayor.

2.2 Partes Que Constituyen Un Ariete Hidráulico

De Parres (1977) menciona que consiste de una tubería de alimentación o tubería de conducción L, conectada en su extremo superior, al depósito alimentador A, y en su extremo inferior, a una caja de válvulas E; la caja de válvulas tiene dos válvulas automáticas, una de desfogue o “impulso” C, que abre hacia abajo y otra de descarga G que abre hacia arriba; sobre la válvula de descarga está una cámara de aire o cámara de presión F, en el pie de

la cual la tubería de descarga D está conectada y esta a su vez la va conectada a un deposito almacenador B aguas arriba. Las cargas que se representan son: h = carga disponible; h_d = altura de descarga; h_r = carga retardatriz o sea la altura que se vence con la energía que se dispone, como se observa en la Figura 2.1.

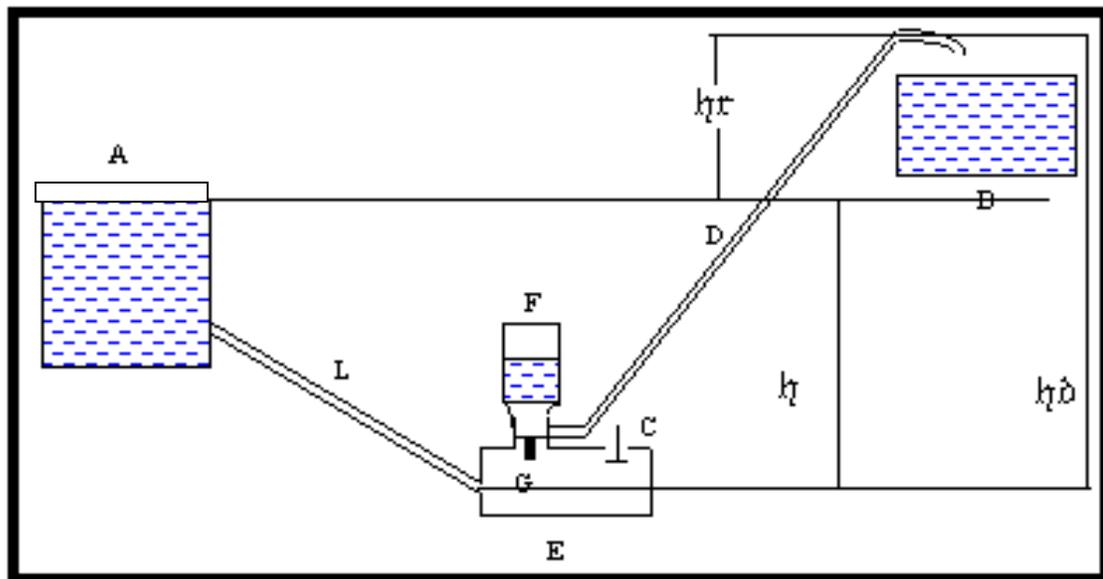


FIGURA 2.1 Partes que constituyen un ariete hidráulico.

2.2.1. Deposito alimentador

Es aquel que contiene el líquido (agua), el cual alimenta al ariete hidráulico mediante la tubería de conducción. El tamaño dependerá del caudal que se tenga que tratar.

2.2.2. Tubería de conducción

Rojas (1991) menciona mediante un manual de cierta fabrica que la tubería de conducción es una parte importante, ya que además de conducir líquido del deposito al ariete, soporta la presión original en el golpe de ariete.

La longitud de la tubería es muy importante, pues es la que permite la transmisión de las presiones ondulatorias del agua provocadas en cada golpe de ariete, y que no se interrumpa el movimiento cíclico de la bomba. Se selecciona aproximadamente usando una longitud igual a 500 veces el diámetro de ella misma, o longitud a 2.5 veces la carga de alimentación , el ariete trabaja perfectamente si la tubería tiene cualquiera de las longitudes anteriores.

Chamberlain (1981) menciona que debe ser metálica, generalmente de acero galvanizado, a menos que esté revestida

exteriormente de concreto. Debe ser tan recta como sea posible, sin codos y normalmente del mismo diámetro que la admisión de la bomba. Tiene que ser hermética y estar firmemente anclada (generalmente enterrada en el suelo) y con un tamiz en la entrada para evitar la admisión de desechos al ariete.

Chávez (1992) menciona que existen tamaños que varían entre 2" (50.8 mm) hasta 20" (508 mm) en el modelo mas grande.

2.2.3. Caja de válvulas

Se le denomina comúnmente caja de válvulas por el hecho de que contiene o se sitúan en el las dos válvulas (desfogue o impulso y descarga o unidireccional). De fierro para soportar altas presiones.

2.2.4. Válvula de desfogue o impulso

Behr (1954) menciona que el órgano fundamental para la marcha del ariete es la válvula de derrame o salida, cerrada normalmente por la presión del agua dentro del tubo. Para el funcionamiento del ariete se necesita una pequeña caída de agua a fin de que ésta pueda adquirir cierta velocidad dentro de la tubería. La válvula de derrame o salida posee un pequeño contrapeso cuyo objeto es el de normalizar la salida del agua, graduando su presión.

Al querer iniciar la acción del ariete, debe abrirse, presionando sobre el contrapeso, la válvula, a fin de que, al derramar cierto volumen de agua, ésta adquiera cierta velocidad; cerrando nuevamente y de golpe esta válvula el agua choca contra ella, retrocede rápidamente y se introduce así en la cámara de presión.

2.2.5. Válvula de descarga o unidireccional

Es aquella que permite la entrada de agua a la cámara de presión cuando se genera la interrupción del flujo, y no permite el retroceso del agua estando dentro de la cámara de presión.

2.2.6. Cámara de aire o cámara de presión

Es aquella que contiene la presión ocasionada por el golpe de ariete. De fierro para soportar altas presiones.

2.2.7. Tubería de descarga

Chamberlain (1981) la tubería de descarga debe ser de la dimensión recomendada por el fabricante. Evitar ángulos rectos para reducir la pérdida por fricción.

Si la línea de la descarga sube por un declive y luego baja por una depresión del terreno, es aconsejable instalar una pequeña válvula de alivio en el punto más alto de su trayectoria, para eliminar las acumulaciones de aire.

Rojas (1991) menciona mediante un manual de cierta fabrica que ha diferencia de la tubería de conducción, ésta puede ser de cualquier material siempre que resista la presión del agua. Por último se recomienda la conveniencia de instalar en esta tubería y cerca del ariete una válvula check, y entre esta y la bomba una válvula de compuerta, la primera para evitar el retroceso del agua y la segunda para facilitar el inicio de la operación.

2.2.8. Deposito almacenador

Es aquel que almacenara el agua derivada de la tubería de descarga. Las dimensiones serán de acuerdo a las necesidades del usuario.

2.3 ¿ Como Funciona Un Ariete Hidráulico ?

Chávez (1992) hace mención que para el funcionamiento, este aprovecha las grandes presiones del fenómeno conocido como golpe de ariete hidráulico generado mediante el cierre violento de una válvula, para ello un caudal Q (mayor que q) ingresa a la bomba y se derrama, activando las válvulas que la bomba tiene para este fin.

Chamberlain (1981) menciona que el funcionamiento de un ariete hidráulico es muy simple. El agua baja por la tubería de impulsión hasta el ariete, desarrollando potencia debido a su peso y velocidad; pasa por la válvula externa hasta que alcanza cierta velocidad, que hace que la válvula se cierre súbitamente. Esa interrupción del flujo de agua produce un efecto de “ariete o golpe de agua”. Este efecto es una presión instantánea de gran empuje, que fuerza el agua dentro del domo. Cuando la presión de aire en el domo aumenta hasta ser igual o mayor que la fuerza impulsora,

ocurre el retroceso de agua. Esta operación se repite de 25 a 100 veces por minuto, aumentando la presión del aire en el domo, que a su vez fuerza el agua por la tubería de descarga hasta donde se desee.

Kitani (1984) menciona que cuando se abre la válvula de gasto ocurre un flujo a través de la tubería de alimentación y toda el agua escapa por la válvula de gasto, hasta que el flujo acelera a cierta velocidad, tiempo en el cual, la fuerza hidráulica del flujo cierra repentinamente la válvula, esto provoca el golpe de ariete generando una brusca elevación de la presión. Durante un ciclo de operación al cerrarse la válvula de gasto y elevarse la presión en la caja de válvulas, por el efecto del golpe de ariete, se abre la válvula de distribución (válvula de flujo unidireccional) permitiendo el paso de agua a la cámara de aire comprimiendo a este y consiguiendo con esto obtener presión para elevar el agua por la tubería de distribución. Cuando cesa el efecto del golpe y baja la presión en la cámara, la válvula de distribución se cierra nuevamente, la válvula de gasto se abre por efecto de su mecanismo de apertura, repitiéndose automáticamente el ciclo con una frecuencia que depende del ajuste en el mecanismo de apertura y cierre. La apertura

de la válvula de gasto es posible solo cuando la presión en la caja de válvulas llega a ser menor que el ajuste de cierre de la válvula, esta baja presión en la caja de válvulas es inducida por las ondas de agua que viajan desde el ariete hasta la cámara de oscilación, después de que ocurre el golpe de ariete.

2.4 Aplicaciones Del Ariete Hidráulico

Chávez (1992) menciona que se adapta fácilmente para el bombeo de agua de las partes bajas de los valles hacia las partes altas. Es ideal para bombear agua donde pueden obtenerse caídas de agua (mayores de 1 m), ya sea desde un manantial, canal, acequia, arroyo, o desde un río.

Chamberlain (1981) menciona que los arietes hidráulicos pueden bombear agua suficiente para regar una huerta familiar o un huerto de 97 hectáreas, suministrar constantemente agua fresca al ganado, satisfacer el uso doméstico, etc.. Este se puede ser conectado a una fuente superficial de agua como un arroyo o un riachuelo que tenga un caudal mínimo entre 5.7 y 22 litros por minuto, dependiendo del tipo de ariete usado.

2.5 Selección del Tamaño De Un ariete Hidráulico

Chavéz (1992) menciona que el tamaño adecuado para una necesidad se selecciona en función a la relación de las alturas h/H (altura de caída y altura de descarga respectivamente) y al caudal que se desea elevar. Deben considerarse los siguientes datos:

Q = Disponibilidad de agua (m^3/s)

h = Altura de caída máxima (m)

H = Altura de bombeo (m)

q = Cantidad de agua a elevar (m^3/s)

I = Distancia de bombeo (m)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del Área de Trabajo.

El presente trabajo se realizó durante los meses de enero de 1997 a noviembre de 1998 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ubicadas en Buenavista, Saltillo, Coah. México, a siete kilómetros al sur de esta ciudad, por la carretera federal 54, cuyas coordenadas geográficas son: 25° 22’ latitud norte y 101° 00’ longitud oeste, se encuentra a una altitud de 1742 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Sitio De Instalación

Se ubico en un sitio, que presentara las características necesarias para el buen funcionamiento del ariete hidráulico, como es el desnivel topográfico, al mismo tiempo que estuviera cercano a una fuente de agua.

El sitio fue en el “Bajío” aguas abajo del Jardín Hidráulico. El ariete se instaló al lado de una acequia de riego para aprovechar el caudal ocasionado por la válvula de desfogue.

La fuente de abastecimiento fue un depósito permanente el cual se usa como almacenador y derivador de agua por la acequia para la irrigación de cultivos aguas abajo del depósito.

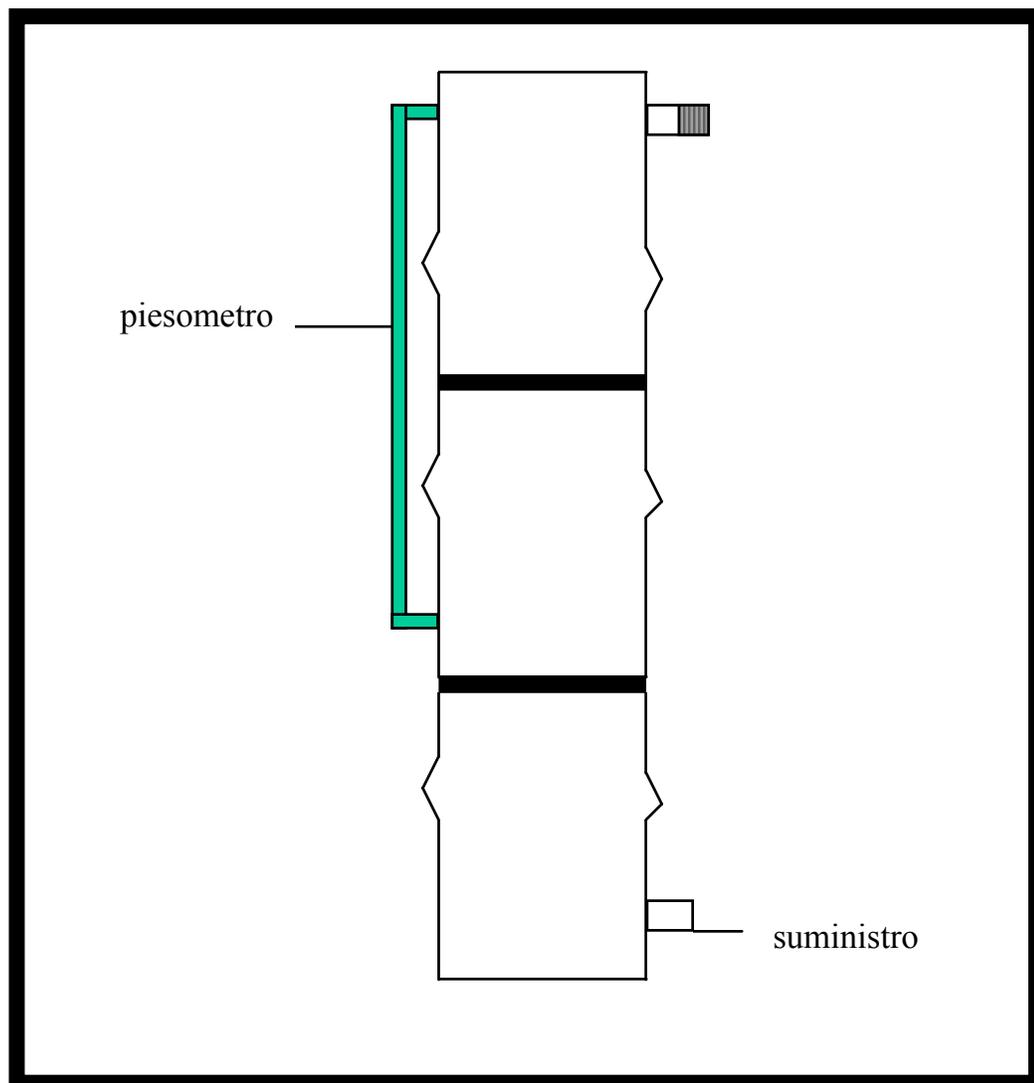
3.3 Materiales

3.3.1 Instalación hidráulica

Las partes que constituyeron la instalación hidráulica fueron: depósito metálico, tubería de suministro, ariete hidráulico con sus elementos (válvulas, manómetros y línea de descarga).

Para guiar el caudal de abastecimiento hacia el depósito, se utilizó poliducto de dos pulgadas, por medio de un sifón, con una válvula de paso en su extremo final para su control. El depósito metálico fueron tres tanques de 220 litros de capacidad cada uno. Los tres tanques se soldaron verticalmente, acoplándole un niple en

la parte superior para coleccionar el gasto de desperdicio y un cople en la parte inferior para el suministro de agua, así mismo se le colocó un piesometro al lado del tanque, como se muestra en la Figura 3.1, este depósito sirvió tanto como cámara de oscilación, como para elevar o disminuir la carga de suministro.



FUGURA 3.1 Depósito de Suministro.

La tubería de suministro que une al depósito con el ariete, tenía una longitud total de 112.75 metros, la cual en la primera posición del ariete fue de 31.85 metros, en la segunda posición fue de 45.50 metros y de 35.40 metros en la tercera posición, su diámetro de dos pulgadas y material de fierro galvanizado. El ariete estuvo constituido por una caja de válvulas que es donde se conecta la tubería de suministro y una cámara de presión de fierro galvanizado unidas las dos por una válvula de flujo inidireccional check. Las diferentes válvulas de desfogue fueron de fierro galvanizado, similares en su estructura, solo que cada una de ellas tenía un área de derrame diferente. Los manómetros utilizados fueron de tipo bourdon, graduados en kg/cm^2 .

3.3.2 Descripción de las válvulas utilizadas.

El estudio hidráulico se realizó sin variar la cámara de válvulas, ni la cámara de presión para todas las pruebas, y se concentró para las primeras nueve pruebas, en la tercera posición del ariete, con una longitud de la tubería de conducción de 112.75 m., y con una cargas de 8.348 m., 6.948 m., y 4.388m. para las válvulas 1, 2 y 3.

Válvula 1. Con áreas de derrame o gasto formada por ocho orificios de 6 mm de diámetro, resultando un área de derrame de 2.26 cm² (Figura 3.2).

Válvula 2. Area de derrame de un solo orificio de 5.38 cm² de diámetro, área de derrame de 22.73 cm² (Figura 3.3).

Válvula 3. Area de derrame de un solo orificio de 7.22 cm de diámetro, área de derrame de 40.94 cm² (Figura 3.4).

En las pruebas 10, 11, 12 y 13 se evaluaron las válvulas de derrame 3, 4, 5 y 6., con una longitud de tubería de suministro de 112.75 m y carga de 8.348 únicamente.

Válvula 4. Area de derrame de un solo orificio de 11.58 cm de diámetro, área de derrame de 105.31 cm² (Figura 3.5).

Válvula 5. Area de derrame de un solo orificio de 19.76 cm de diámetro, área de derrame de 306.66 cm² (Figura 3.6).

Válvula 6. Area de derrame de un solo orificio de 23.88 cm de diámetro, área de 477.87 cm² (Figura 3.7).

Para la prueba 14 se realizo en la segunda posición del ariete, con una longitud de la tubería de conducción de 77.35 m, y con una sola carga de 8.348 m. se evaluó la válvula 3, tomándola como referencia para el buen entendimiento de los resultados.

Para la prueba 15 se realizo en la primera posición del ariete, con una longitud de la tubería de conducción de 31.85 m, y con una sola carga de 8.348 m. se evaluó la válvula 3, tomándola como referencia para el buen entendimiento de los resultados.

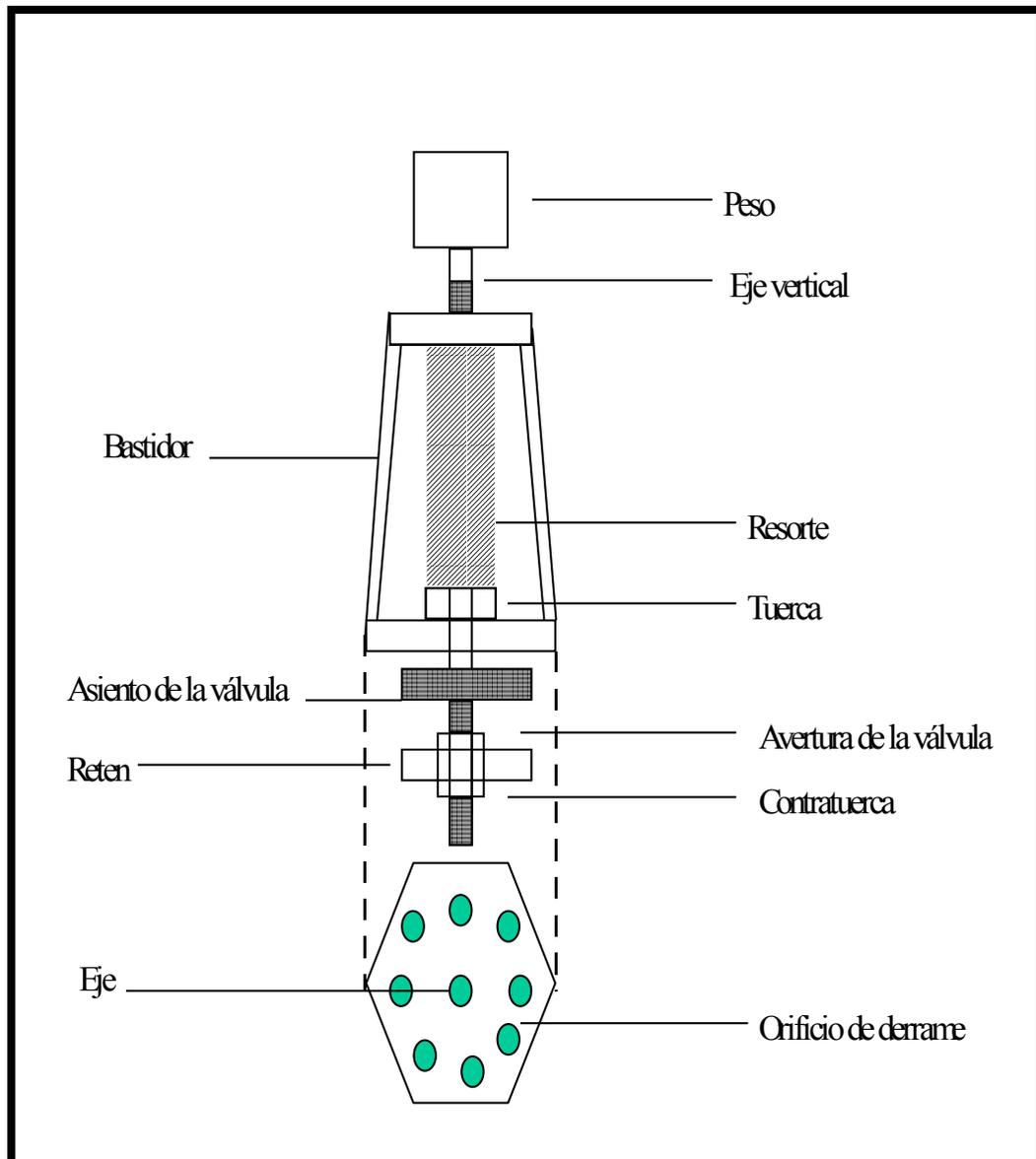


FIGURA 3.2. Válvula de Gasto "1"

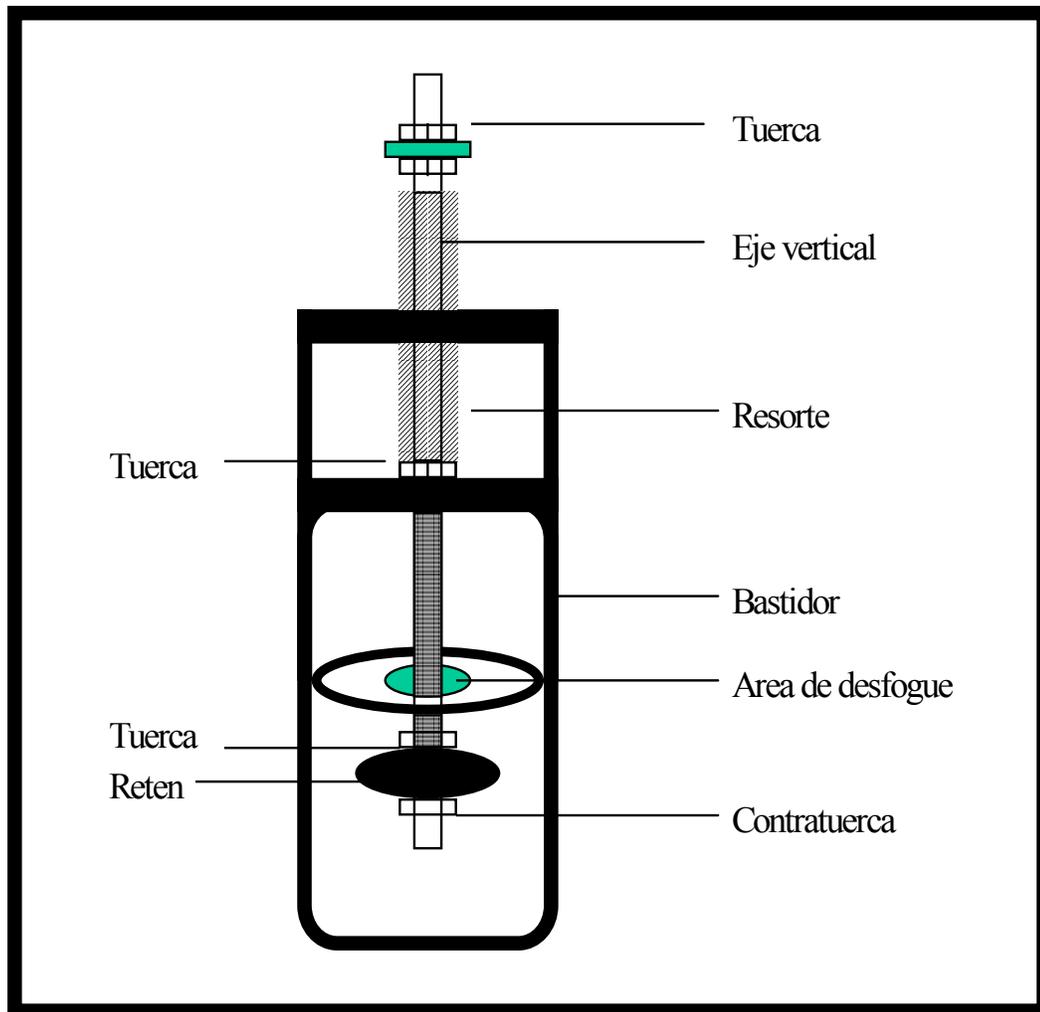


FIGURA 3.3. Válvula de Gasto "2"

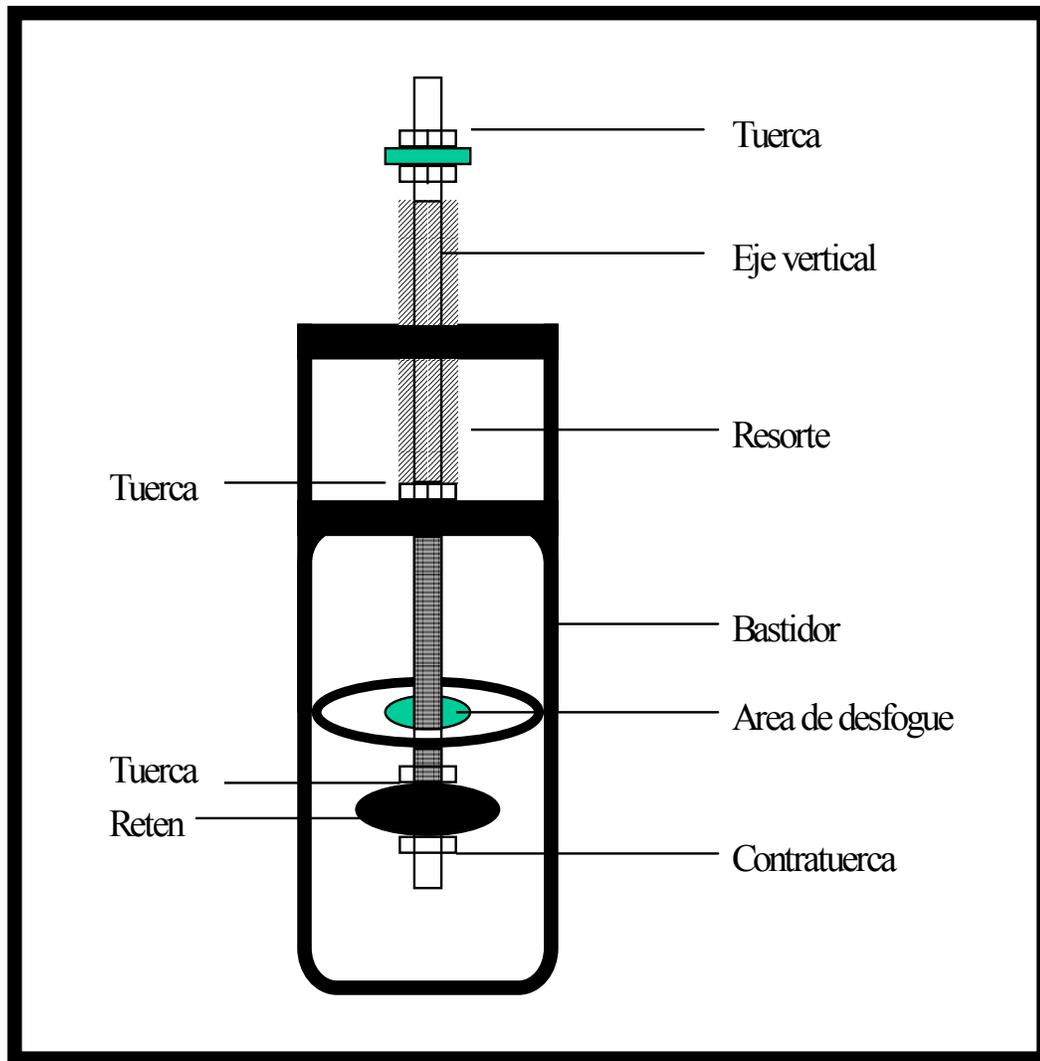


FIGURA 3.4 Válvula de Gasto "3"

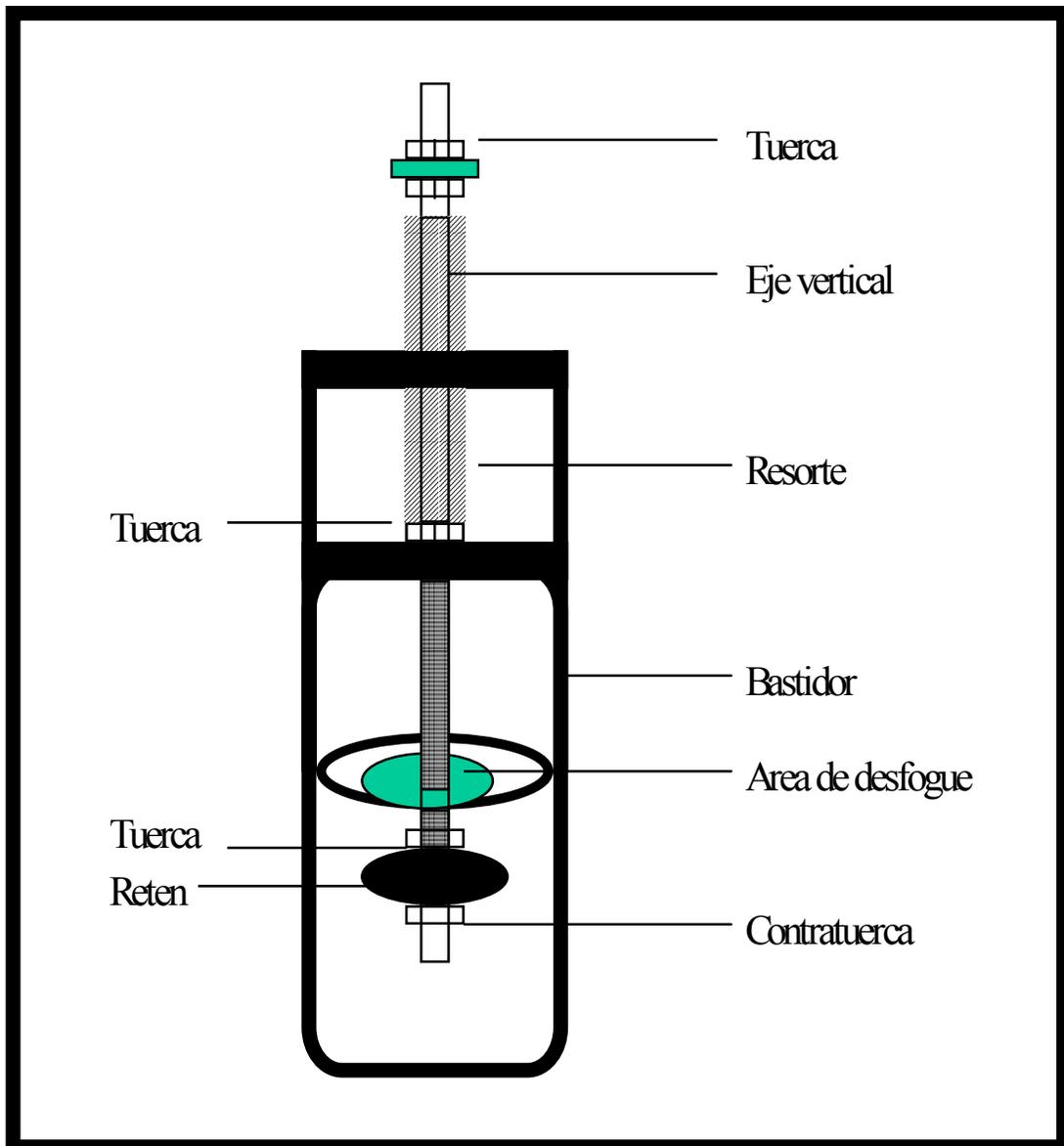


FIGURA 3.5 Válvula de Gasto "4"

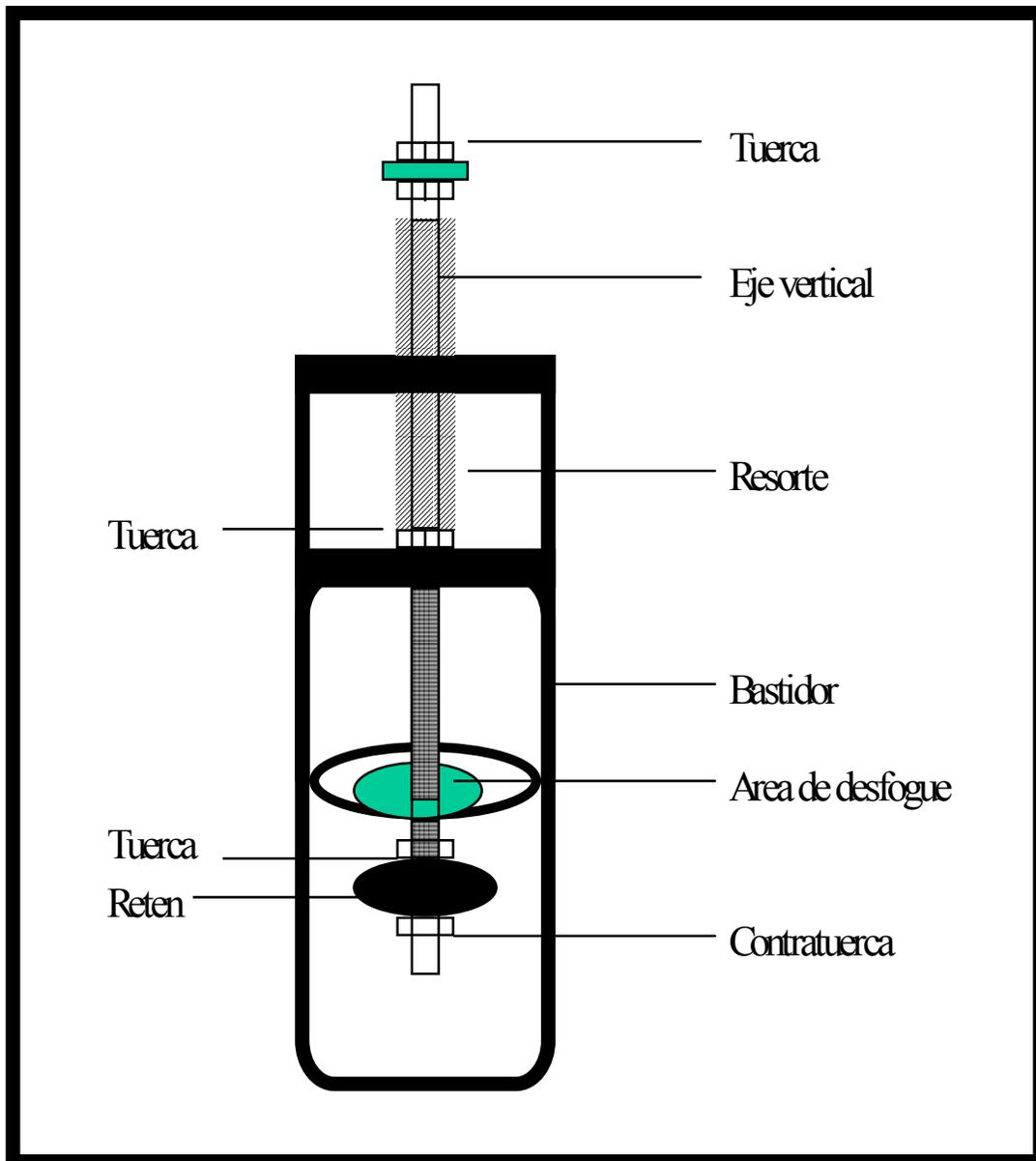


FIGURA 3.6 Válvula de Gasto "5"

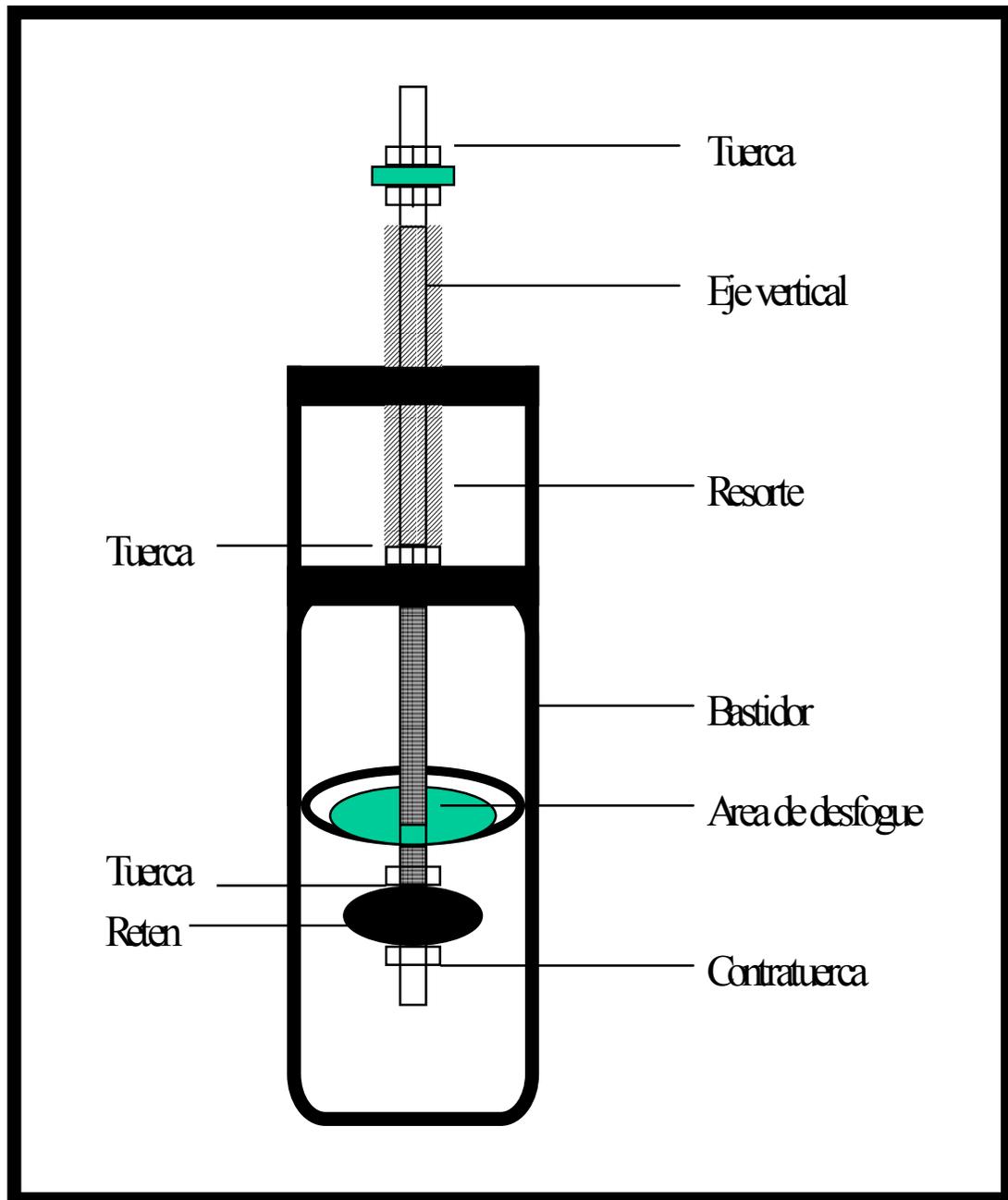


FIGURA 3.7 Válvula de Gasto "6"

3.4 Métodos

Para la posición 3 se evaluaron las válvulas (1, 2 y 3), con tres diferentes cargas y nueve combinaciones (Cuadro 3.1).

CUADRO 3.1 Identificación de las Pruebas Ensayadas.

3a, Posición

PRUEBA	VALVULA	COTA	LONGITUD	COMBINACION
1	1	Z	C	1 Z C
2	1	Y	C	1 Y C
3	1	X	C	1 X C
4	2	Z	C	2 Z C
5	2	Y	C	2 Y C
6	2	X	C	2 X C
7	3	Z	C	3 Z C
8	3	Y	C	3 Y C
9	3	X	C	3 X C

Ahora se podrá identificar a cada prueba por su número o combinación.

Con equipo topográfico nivel, estadal y cinta métrica se determino en primer termino el desnivel y la longitud existente entre en deposito de suministro y el ariete hidráulico para la primera, la segunda y tercera posición que fueron los sitios seleccionados para realizar las diferentes pruebas. A continuación se mencionan las cotas, incluyendo la carga o altura del deposito de alimentación con sus respectivas longitudes de tubería para las tres posiciones. (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Identificación de las cotas y longitudes de las tres posiciones.

COTA	POSICION	LIONGITUD (m)	h (m)
X	1 ^a	31.85 (A)	4.388
Y	2 ^a	77.35 (B)	6.948
Z	3 ^a	112.75 (C)	8.348

Para la tercera posición se evaluaron las primeras nueve pruebas, se tomaron lecturas de presión en kg/cm^2 , numero de golpes por minuto y la carrera en metros.

Se utilizo poliducto de 2" de diámetro con válvula de paso para pcv, para controlar el flujo de la fuente de abastecimiento al deposito de suministro para todas las pruebas.

Para la posición 3 se evaluaron también las válvulas (3, 4, 5 y 6), con una sola carga y se realizaron cuatro combinaciones (Cuadro 3.3).

CUADRO 3.3 Identificación de las Pruebas Ensayadas.

3a, Posición

PRUEBA	VALVULA	COTA	LONGITUD	COMBINACION
10	3	Z	C	3 Z C
11	4	Z	C	4 Z C
12	5	Z	C	5 Z C
13	6	Z	C	6 Z C

Ahora se podrá identificar a cada prueba por su número o combinación.

Para las pruebas 10, 11, 12 y 13 se tomaron datos de presión en kg/cm^2 , numero de golpes por minuto, carrera en metros y además de ello se cuantificaron los gastos, estos fueron medidos mediante la ayuda de un niple colocado en la parte superior del deposito de suministro. También se medio el gasto que se derramaba del

deposito cuando el ariete estaba trabajando ya que el volumen que entraba al deposito era mayor que el que se derramaba por la válvula de desfogue, este gasto fue medido volumétricamente. La carga para la entrega se medio directamente con la ayuda de un manómetro, convirtiéndola después en metros de columna de agua.

Para la posición 2 se evaluó la válvula 3, con una sola carga y se realizo una combinación (Cuadro 3.4).

CUADRO 3.4 Identificación de la Prueba Ensayada.

2a, Posición

PRUEBA	VALVULA	COTA	LONGITUD	COMBINACION
14	3	Y	B	3 Y B

Ahora se podrá identificar a esta prueba por su número o combinación.

Para la posición 1 se evaluó la válvula 3, con una sola carga y se realizo una combinación (Cuadro 3.5).

CUADRO 3.5 Identificación de la Prueba Ensayada.

1a, Posición

PRUEBA	VALVULA	COTA	LONGITUD	COMBINACION
15	3	X	A	3 X A

Ahora se podrá identificar a esta prueba por su número o combinación.

En las pruebas 14 y 15 se tomaron los mismos datos de las pruebas 10, 11, 12 y 13.

La metodología para las primeras nueve pruebas fue la sig:

Se procedía a instalar primeramente el manómetro, como segundo termino se instalaba la válvula de desfogue previamente calibrada. Se le daba cierta abertura o carrera a la válvula de desfogue y se abría la llave de paso que estaba instalada a la entrada del ariete. previo a todo esto se mantenía una carga constante en el deposito de suministro y se tomaban las diferentes lecturas para cada carga.

La metodología para las pruebas restantes era similar solo que en estas ultimas se media el gasto, para cada una de las pruebas.

En las válvulas de mayor área de derrame (4, 5 y 6), se le colocaba una llave de paso debajo de ellas debido a que la presión de agua que se ejercía sobre ella era demasiada y no se podía abrir

con facilidad, pero el desalojo de cierto caudal por la llave propiciaba el golpe.

Para las pruebas 14 y 15 se cambio de lugar el ariete colocándolo en los sitios previamente determinados, y se procedía a tomar las lecturas correspondientes.

IV RESULTADOS

Las primeras nueve pruebas, produjeron los siguientes resultados. Cuadro 4.1

CUADRO 4.1 Longitud mayor (C), con carga máxima (Z) para la válvula numero 1, en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

PARA LA CARGA MAXIMA DE h= 8.348 m				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA DE DESFOGUE	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M ²	DESCARGA (hr)
13	110	0.002525	1.0129E-06	4.652
31	79	0.003200	1.2837E-06	22.652
47	52	0.004125	1.6547E-06	38.652
62	39	0.005200	2.086E-06	53.652
79	30	0.006225	2.4972E-06	70.652
96	22	0.007600	3.0487E-06	87.652
102	18	0.008050	3.2293E-06	93.652

CUADRO 4.2 Longitud mayor (C), con carga media (Y) para la válvula numero 1, en la posición numero 3 del ariete hidráulico..

PARA LA CARGA MEDIA DE h = 6.94 8				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M²	DESCARGA (hr)
11	83	0.002525	1.0129E-06	4.052
28	74	0.003200	1.2837E-06	21.052
44	46	0.004125	1.6547E-06	37.052
62	34	0.005200	2.086E-06	55.052
77	27	0.006225	2.4972E-06	70.052
94	19	0.007600	3.0487E-06	87.052
94.5	15	0.008050	3.2293E-06	87.552

CUADRO 4.3 Longitud mayor, con carga mínima para la válvula numero 1, en la posición numero 3 del ariete hidráulico

PARA LA CARGA MINIMA DE h= 4.388 m				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M2	DESCARGA (hr)
6.25	68	0.002525	1.0129E-06	1.862
22	75	0.003200	1.2837E-06	17.612
35	49	0.004125	1.6547E-06	30.612
51	35	0.005200	2.086E-06	46.612
66	27	0.006225	2.4972E-06	61.612
81	20	0.007600	3.0487E-06	76.612
84	18	0.008050	3.2293E-06	79.612

CUADRO 4.1 Longitud mayor (C), con carga máxima para la válvula numero 2, en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

PARA LA CARGA MAXIMA DE h= 8.348				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M2	DESCARGA (hr)
20	106	0,00045	1,0264E-06	11,652
35	72	0,000650	1,4826E-06	26,652
45	59	0,00086	1,9616E-06	36,652
55	48	0,001090	2,4862E-06	46,652
78	33	0,00161	3,6722E-06	69,652
94	29	0,002290	5,2233E-06	85,652
104	26	0,002490	5,6794E-06	95,652
117	23	0,00285	6,5006E-06	108,652
126	21	0,00295	6,7287E-06	117,652
130	20	0,00325	7,4129E-06	121,652
137	19	0,00397	9,0552E-06	128,652
145	18	0,00573	1,307E-05	136,652

CUADRO 4.5 Longitud mayor, con carga media para la válvula numero 2, en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

PARA LA CARGA MEDIA DE h= 6.496				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M2	DESCARGA (hr)
22	95	0,00045	1,0264E-06	15,052
37	68	0,000650	1,4826E-06	30,052
45	66	0,00086	1,9616E-06	38,052
50	54	0,001090	2,4862E-06	43,052
66	38	0,00161	3,6722E-06	59,052
80	30	0,002290	5,2233E-06	73,052
90	27	0,002490	5,6794E-06	83,052
102	25	0,00285	6,5006E-06	95,052
113	21	0,00295	6,7287E-06	106,052
123	20	0,00325	7,4129E-06	116,052
127	19	0,00397	9,0552E-06	120,052
141	18	0,00573	1,307E-05	134,052

CUADRO 4.6 Longitud mayor (C), con carga mínima (X), para la válvula numero 2, en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

PARA LA CARGA MINIMA DE h= 4,388				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M2	DESCARGA (hr)
20	93	0,00045	1,0264E-06	15,612
35	67	0,000650	1,4826E-06	30,612
38	65	0,00086	1,9616E-06	33,612
45	53	0,001090	2,4862E-06	40,612
61	36	0,00161	3,6722E-06	56,612
78	29	0,002290	5,2233E-06	73,612
85	26	0,002490	5,6794E-06	80,612
99	23	0,00285	6,5006E-06	94,612
107	21	0,00295	6,7287E-06	102,612
111	20	0,00325	7,4129E-06	106,612
114	19	0,00397	9,0552E-06	109,612
132	18	0,00573	1,307E-05	127,612

CUADRO 4.7 Longitud mayor (C), con carga máxima (Z) para la válvula numero 3, en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

PARA LA CARGA MAXIMA DE h =8,348				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M2	DESCARGA (hr)
20	119	0,00084	3,4457E-06	11,652
43	85	0,000940	3,8559E-06	34,652
58	73	0,0011	4,5122E-06	49,652
70	69	0,001140	4,6763E-06	61,652
75	66	0,0013	5,3326E-06	66,652
95	28	0,002060	8,4501E-06	86,652
117	22	0,002460	1,0091E-05	108,652
151	17	0,0031	1,2716E-05	142,652
150	15	0,00318	1,3044E-05	141,652
185	13	0,00324	1,329E-05	176,652
207	7	0,00354	1,4521E-05	198,652

CUADRO 4.8 Longitud mayor (C), con carga media (Y), para la válvula numero 3, en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

PARA LA CARGA MEDIA DE h= 6,948 m				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M2	DESCARGA (hr)
18	109	0,00084	3,4457E-06	11,052
40	54	0,000940	3,8559E-06	33,052
55	42	0,0011	4,5122E-06	48,052
65	37	0,001140	4,6763E-06	58,052
90	28	0,0013	5,3326E-06	83,052
113	22	0,002060	8,4501E-06	106,052
135	18	0,002460	1,0091E-05	128,052
155	14	0,0031	1,2716E-05	148,052
180	6	0,00318	1,3044E-05	173,052

CUADRO 4.9 Longitud mayor (C), con carga mínima (X) para la válvula numero 3, en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

PARA LA CARGA MINIMA DE h=4,388m				
PRESION	NUMERO DE	CARRERA	AREA	ALTURA DE
MCA	GOLPES/MIN	(e) m.	M2	DESCARGA (hr)
20	94	0,00084	3,4457E-06	15,612
46	43	0,000940	3,8559E-06	41,612
63	34	0,0011	4,5122E-06	58,612
75	29	0,001140	4,6763E-06	70,612
103	21	0,0013	5,3326E-06	98,612
117	18	0,002060	8,4501E-06	112,612
137	15	0,002460	1,0091E-05	132,612
160	10	0,0031	1,2716E-05	155,612

CUADRO 4.10 Válvula numero tres, con carga máxima de h= 8,348 y longitud de 112,75 m (C). En la posición numero 3 del ariete hidráulico.

e (m)	Qtot (m3/min)	Qdesp (m3/min)	Qtub (m3/min)	Wtub (m)	Vtub (m/min.)	Wdesf (m2)
0,00038	0,06966	0,05871	0,01095	0,0508	0,21553	8,537E-05
0,00100	0,06966	0,05309	0,01657	0,0508	0,32616	2,270E-04
0,00168	0,06966	0,05121	0,01845	0,0508	0,36317	3,805E-04
0,00225	0,06966	0,03406	0,03560	0,0508	0,70077	5,104E-04

Vdesf (m/min.)	P (kg/cm2)	hd (m)	n	hr (m)	Wvalv (m2)
128,25599	3,0	30	77	21,65	0,0041
72,97723	8,0	80	35	71,65	0,0041
48,48304	12,4	124	21	115,7	0,0041
69,74813	17	170	13	161,7	0,0041

CUADRO 4.11 válvula numero tres, con carga media de $h = 6.948$ m y longitud de 77.35 m (B), en la posición numero 2 del ariete hidráulico

e (m)	Qtot (m3/min)	Qdesp (m3/min)	Qtub (m3/min)	Wtub (m)	Vtub (m/min.)	Wdesf (m2)
0,00068	0,06564	0,05777	0,00787	0,0508	0,15492	0,000155
0,00194	0,06564	0,03539	0,03025	0,0508	0,59547	0,000441
0,00225	0,06564	0,03343	0,03221	0,0508	0,63405	0,000510
0,00269	0,06564	0,01597	0,04967	0,0508	0,97775	0,000611

Vdesf (m/min.)	P (kg/cm2)	hd (m)	n	hr (m)	Wvalv (m2)
50,67686	5,0	50	38	43,05	0,0041
68,53622	8,3	83	21	76,05	0,0041
63,10815	9,0	90	15	83,05	0,0041
81,26624	10,0	100	12	93,05	0,0041

CUADRO 4.12 Válvula numero tres, con carga mínima de 4.388 y longitud de 31.85 (A), en la posición numero 1 del ariete hidráulico.

e (m)	Qtot (m3/min)	Qdesp (m3/min)	Qtub (m3/min)	Wtub (m)	Vtub (m/min.)	Wdesf (m2)
0,00100	0,06051	0,02130	0,03921	0,0508	0,77185	0,000227
0,00168	0,06051	0,01427	0,04624	0,0508	0,91024	0,000381
0,00194	0,09460	0,02383	0,07077	0,0508	1,39311	0,000441

Vdesf (m/min.)	P (kg/cm2)	hd (m)	n	hr (m)	Wvalv (m2)
172,69824	1,2	12	46	7,612	0,0041
121,51639	2,0	20	28	15,61	0,0041
160,34078	3,4	34	31	29,61	0,0041

CUADRO 4.13 Válvula numero cuatro, con carga máxima de $h = 8,348$ m. y longitud de 112,75 (C), en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

e (m)	Qtot (m ³ /min)	Qdesp (m ³ /min)	Qtub (m ³ /min)	Wtub (m)	Vtub (m/min.)	Wdesf (m ²)
0,00135	0,04946	0,04900	0,00046	0,0508	0,009055	0,000307
0,00206	0,04946	0,04912	0,00034	0,0508	0,006692	0,000468
0,00296	0,04946	0,04719	0,00227	0,0508	0,044685	0,000672
0,00474	0,04946	0,02181	0,02765	0,0508	0,544291	0,001076

Vdesf (m/min.)	P (kg/cm ²)	hd (m)	n	hr (m)	Wvalv (m ²)
1,49855	5,0	50	55	41,65	0,0105
0,72695	7	70	37	61,65	0,0105
3,37773	9,6	96	28	87,65	0,0105
25,69259	16,0	160	17	151,7	0,0105

CUADRO 4.13 Válvula numero cinco, con carga máxima de $h = 8,348$ m. Y longitud de 112,75 (C), en la posición numero 3 del ariete hidráulico

e (m)	Qtot (m ³ /min)	Qdesp (m ³ /min)	Qtub (m ³ /min)	Wtub (m)	Vtub (m/min.)	Wdesf (m ²)
0,00083	0,05296	0,006119	0,046841	0,0508	0,922066	0,000188
0,00126	0,05296	0,003471	0,049489	0,0508	0,974192	0,000287
0,00187	0,05296	0,002865	0,050095	0,0508	0,986122	0,000425

Vdesf (m/min.)	P (kg/cm ²)	hd (m)	n	hr (m)	Wvalv (m ²)
249,46620	7,3	73	28	64,65	0,03066
172,44582	10	100	14	91,65	0,03066
117,73778	11,3	113	12	104,7	0,03066

CUADRO 4.14 Válvula numero seis, con carga máxima de $h = 8,348$ m. y longitud de 112,75 (c), en la posición numero 3 del ariete hidráulico.

e (m)	Qtot (m ³ /min)	Qdesp (m ³ /min)	Qtub (m ³ /min)	Wtub (m)	Vtub (m/min.)	Wdesf (m ²)
0,00021	0,06034	0,05823	0,00211	0,0508	0,04154	0,00005
0,00077	0,06034	0,05554	0,00480	0,0508	0,09449	0,00018
0,00084	0,06034	0,05309	0,00725	0,0508	0,14272	0,00019
0,00185	0,06034	0,04750	0,01284	0,0508	0,25276	0,00042
0,00441	0,06034	0,05641	0,00393	0,0508	0,07736	0,00100

Vdesf (m/min.)	P (kg/cm ²)	hd (m)	n	hr (m)	Wvalv (m ²)
44,25417	3,7	37	38	28,65	0,04478
27,38514	6	60	26	51,65	0,04478
37,83438	7,3	73	23	64,65	0,04478
30,50327	9,2	92	18	83,65	0,04478
3,92238	10	100	10	91,65	0,04478

V DISCUSION

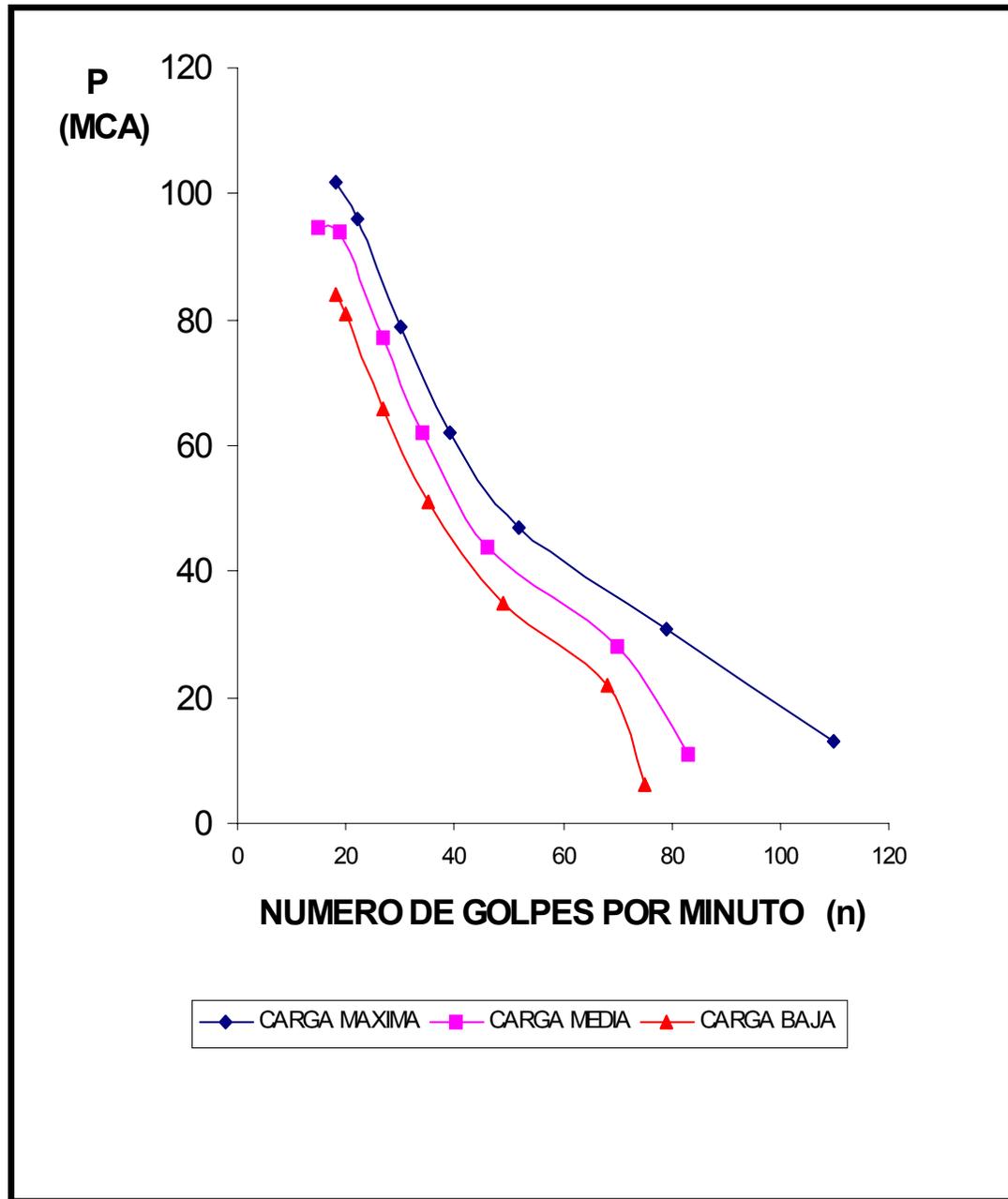


FIGURA 5.1 Curva característica de la válvula numero 1, y longitud 112.75 m (C)-

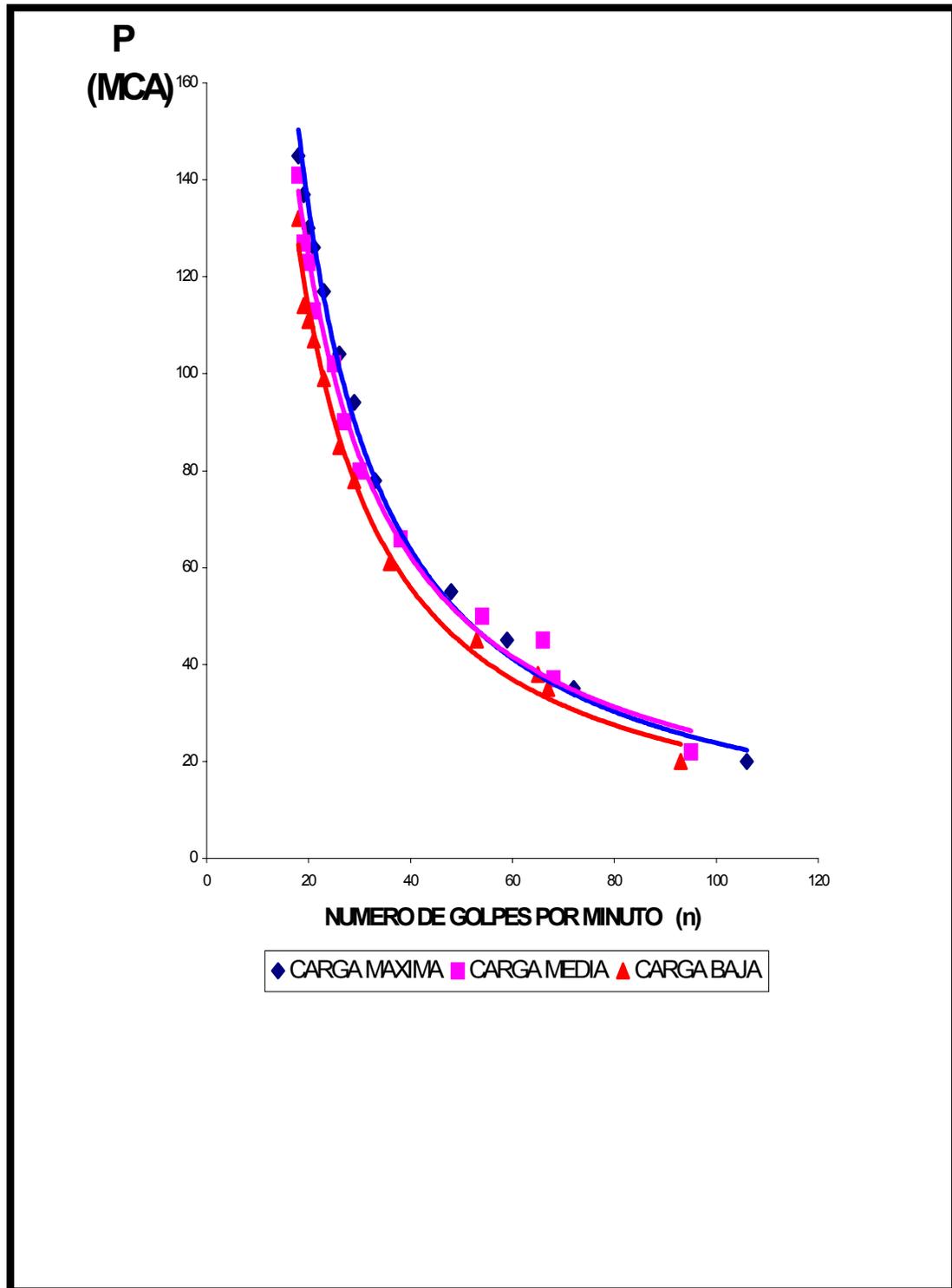


FIGURA 5.2 Curva característica de la válvula número 2, y longitud de 112.75 m. (C)-

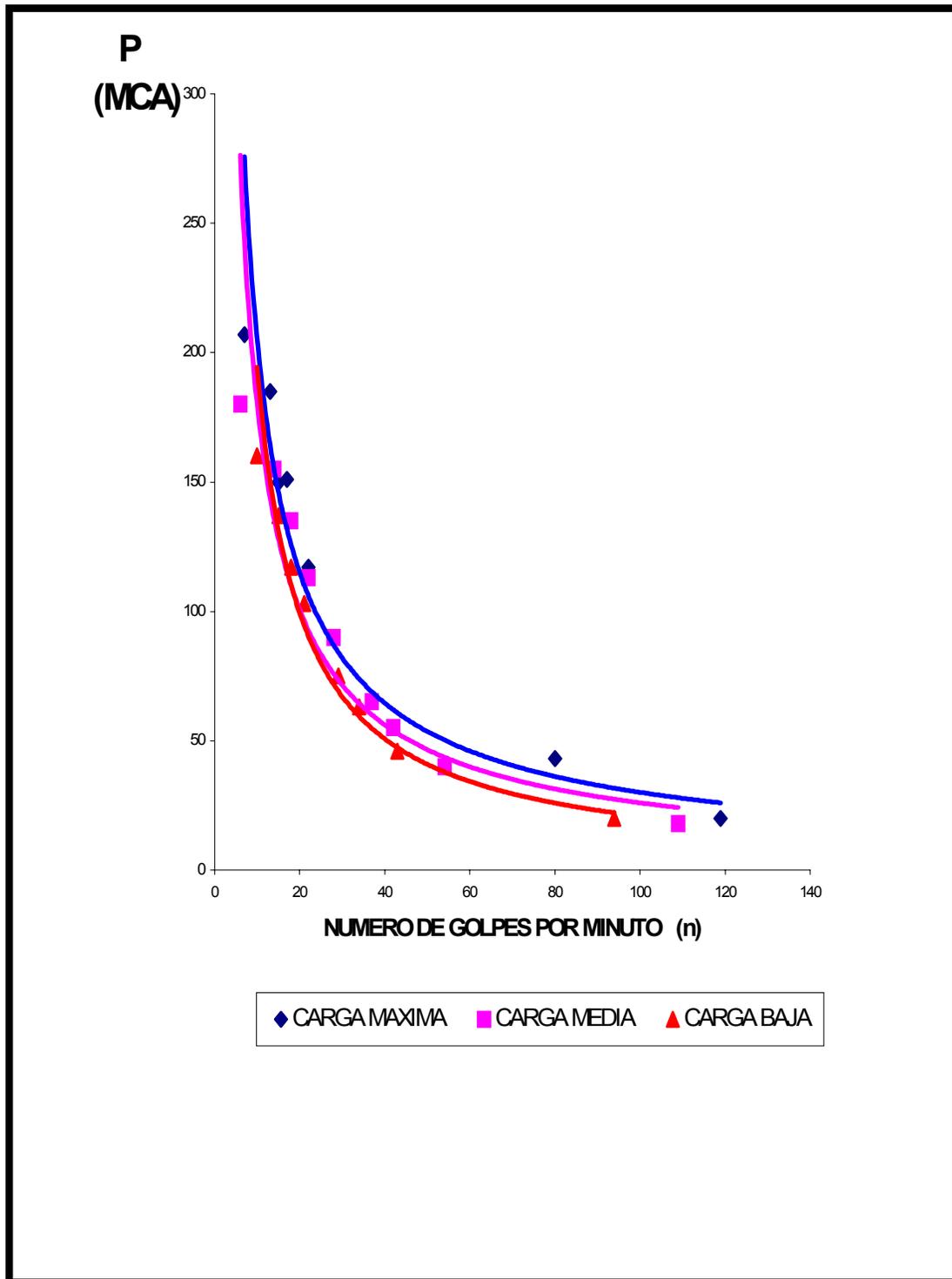


FIGURA 5.3 Curva característica de la válvula numero 3 y longitud 112.75 m.(C)-

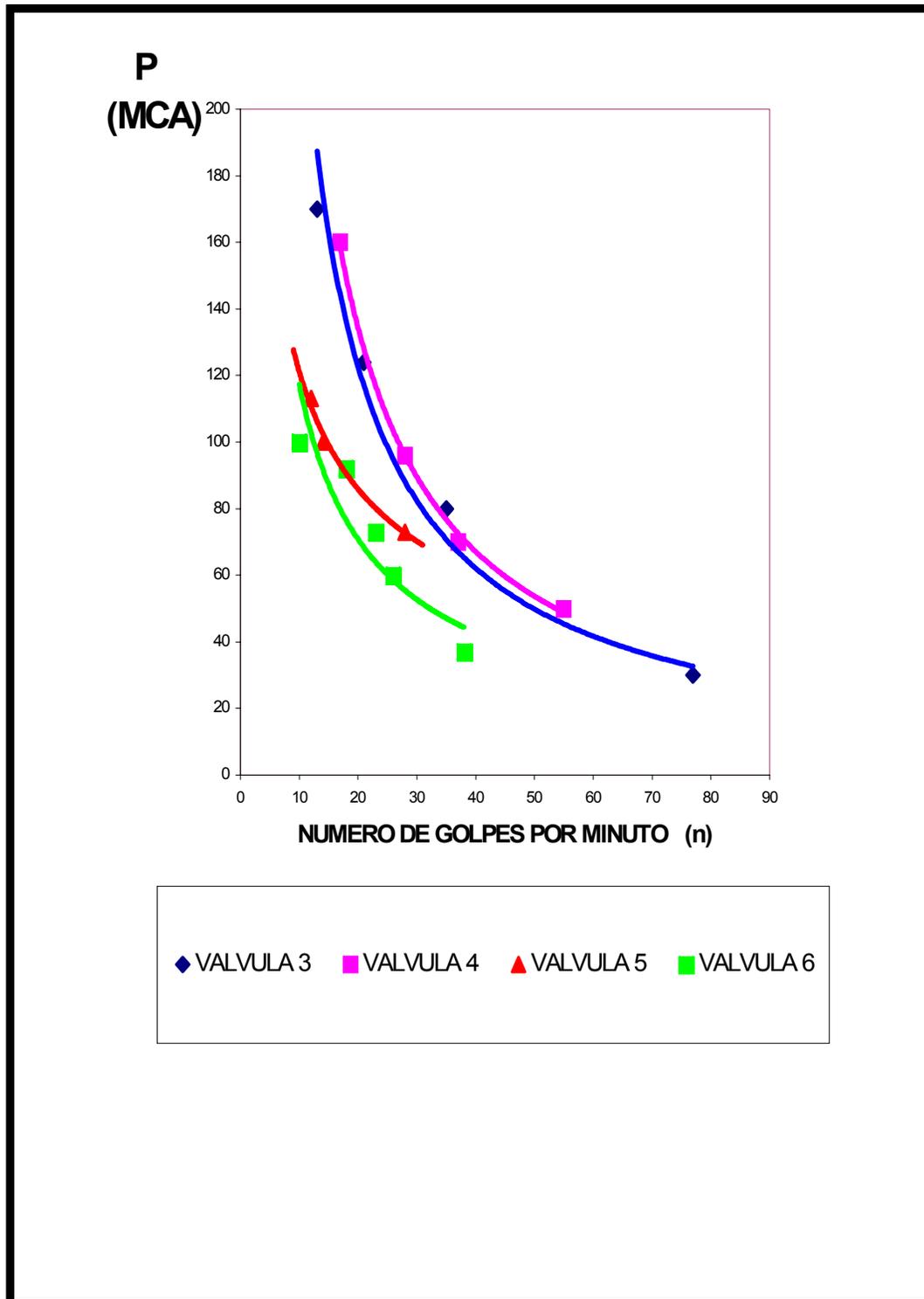


FIGURA 5.4 Curvas características de las válvulas número 3, 4, 5 y 6. Con carga (Z) y longitud (C)-

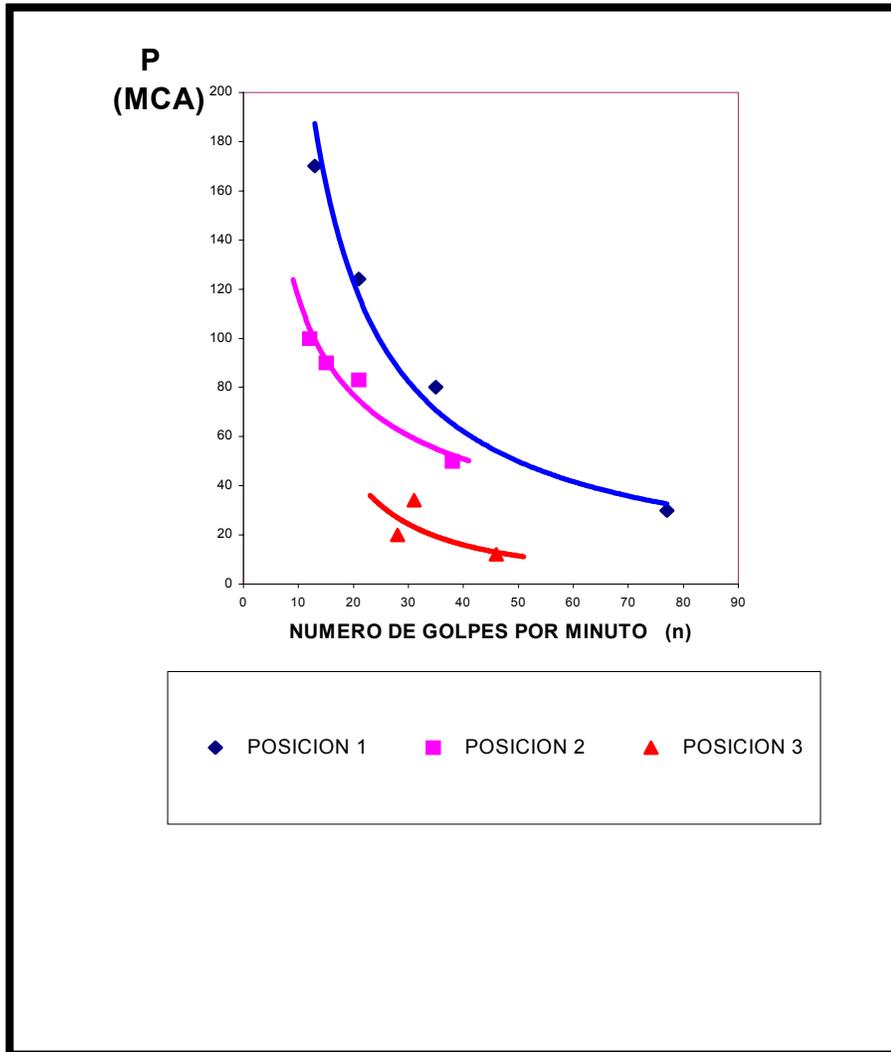


FIGURA 5.5 Curvas características de la válvula número 3, En tres diferentes posiciones.

La siguiente discusión se hace de los resultados tomados en campo.

Posición 3 del ariete hidráulico.

Para las pruebas 1, 2 y 3, se analizo la válvula 1 con tres diferentes cargas (X, Y, Z), y una sola longitud (C) de tubería. Quedando las combinaciones 1ZC, 1YC, 1XC. , logrando mayores presiones la prueba 1, combinación 1ZC. Y resultando con menores presiones las otras dos combinaciones 1YC, 1XC. Debido a la diferencias de cargas.

Para las pruebas 4, 5 y 6, se analizo la válvula 3 con tres diferentes cargas (X, Y, Z), y una sola longitud (C) de tubería. Quedando las combinaciones 2ZC, 2YC, 2XC. , logrando mayores presiones la prueba 4, combinación 2ZC. Y resultando con menores presiones las otras dos combinaciones 2YC, 2XC. Debido a la diferencias de cargas.

Para las pruebas 7, 8 y 9, se analizo la válvula 3 con tres diferentes cargas (X, Y, Z), y una sola longitud (C) de tubería. Quedando las combinaciones 3ZC, 3YC, 3XC. , logrando mayores presiones la prueba 6, combinación 6ZC. Y resultando con menores presiones las otras dos combinaciones 2YC, 2XC. Debido a la

diferencias de cargas y al diámetro expuesto por la válvula de desfogue que se iba incrementando conforme se le daba la carrera a cada una de las válvulas, logrando el aumento de presión pero la disminución de los golpes.

También para la posición 3 se realizaron las pruebas 10, 11, 12 y 13, las cuales consistieron en evaluar las válvulas 3, 4, 5, y 6 con una sola cota y con una sola longitud de tubería. Resultando las combinaciones 3ZC, 4ZC, 5ZC y 6ZC. Teniendo en todas ellas el mejor resultado en la válvula 3, debido a que el área de derrame se adecua perfectamente para las dimensiones de la tubería de suministro. La válvula 4, funciono perfectamente solo que a cierta carrera o área de derrame dejaba de funcionar por el hecho de que la tubería no tenia la capacidad de alimentar la cámara de válvulas. Así fue para la válvula 5 y 6 solo que en ellas la carrera era menor debido a el área expuesta.

Para la realización de la prueba 14 se selecciono la válvula 3 y se cambio de posición el ariete hidráulico, colocándolo a una distancia menor (posición 2), y a una cota menor (Y), obteniéndose resultados de presión menores a los obtenidos en la posición 3 con la misma válvula.

Para la realización de la prueba 15 se selecciono la válvula 3 y se cambio de posición el ariete hidráulico, colocándolo a una

distancia menor (posición 1), y a una cota menor (X), obteniéndose resultados de presión menores a los obtenidos en la posición 3 y en la posición 2 con la misma válvula.

VI CONCLUSIONES

Finalmente, quisiera mencionar que es necesario seguir investigando con las válvulas tres, cuatro y cinco, dado que como se deduce de lo anteriormente mencionado, la tubería de dos pulgadas con la longitud y la altura máxima experimentada resultaron no tener la capacidad suficiente para que las válvulas tres, cuatro y cinco pudieran desarrollarse al máximo, puesto que para moverlos se hace necesaria una fuerza mayor por el tamaño del área expuesta y poder elevarlos a la altura de descarga que se obtuvieron con las válvulas uno, dos y tres.

Se sugiere por un lado experimentar con cargas mayores a 8.34m., así como también con diámetros mayores a dos pulgadas.

BIBLIOGRAFIA

Behr R. (1954) Hidráulica Agrícola, Salvat Editores, S.A.
Barcelona España.

Chamberlain L. (1981) Agricultura de las Américas; No. 2
USA, Edición de Riego.

Chavéz M. (1992) Bombeo de Agua con Energías no
convencionales, Pontificia Universidad Católica del Perú.
Correp Electrónico:
WWW.CEPIS.org.pe/eswww/proyecto/repidisc...t-hdto51-a.html.

D. Jennings G. (1996) Bombas del Ariete Hidráulico,
Publicado por el Servicio de Extensión Operativa del Norte de
Carolina. Numero de la Publicación: EBAE 161-92.

De Parres, J.L. (1977) Maquinas Hidráulicas, Ed, Litoarte, México D.F. Pag. 202-210.

Rojas, M.E. (1991) Aplicaciones del Ariete Hidráulico (bombeo) sin Energía en Cultivo de Tomate *Lycopersicon Esculentum* Regado por Goteo. Tesis Profesional "UAAAN". U.L.

Kitani, K, And L.S. Willarson. 1984. Hidrauliz Ram Use For Sprinkle Irrigation, Transactions Of The Asae. Vol. 27 No. 6 Dic. P. 1788-1791