

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISION DE INGENIERIA**



**Diseño, Construcción y Evaluación de un Hidropulsador.**

**POR:**

**WEYLER ORDÓÑEZ PECH**

**TESIS.**

**Presentada como requisito parcial para**

**obtener el título de:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2003.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**

**Diseño, Construcción y Evaluación de un Hidropulsador.**

**POR:**

**WEYLER ORDÓÑEZ PECH**

**TESIS**

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN.**

**APROBADA**

**El presidente del jurado.**

---

**DR. Felipe del Jesús Ortega Rivera.**

**Asesor principal**

---

**MC. Sergio Z. Garza Vara.**

**Asesor**

---

**ING. Juan F. Martínez Avalos.**

**Asesor**

**El coordinación de la división de ingeniería**

---

**MC. Luis Edmundo Ramírez Ramos**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2003.**

## DEDICATORIA

### **A DIOS:**

Por haberme dado la oportunidad de existir, y la facultad para desarrollarme, para cumplir uno de mis grandes sueños, por regalarme unos grandiosos padres y unos adorables hermanos gracias dios nuestro señor.

### **A MIS PADRES:**

Con profundo respeto y amor les dedico el presente trabajo que marca el final de una etapa de mi vida y el principio de mi carrera profesional.

Con mucha admiración y agradecimiento a mis padres:

**Sr. Cesar Ordóñez Velásquez.**

**Sra. Maria del Socorro Pech Moo.**

A mis padres, personas a quien les debo todo lo que ahora tengo, por que han luchado incansablemente para alcanzar las metas que sean fijado que trabajaron juntos partiendo de la nada. Por todo sus esfuerzos, sacrificios de estar sus hijos antes que ellos y todos sus consejos, este titulo es para ustedes. Y muchas gracias por ser mis padres.

### **A MIS HERMANOS:**

También dedico este titulo por su apoyo incondicional y confianza que depositaron en mi y además por todo su cariño que extrañe en todo el tiempo de ausencia, a todos ustedes muchas gracias.

**Silvia.**

**Nelly Marlene.**

**Julio Cesar.**

**Wilberth Desiderio.**

**Delfi Janet.**

Especialmente a **Janitzio**, por su gran apoyo y confianza depositada gracias Carnal.

**A MIS SOBRINOS:****Nelsi A.****Abraham A.****Cesar E.****Erubey A.****Cristel G.**

A ellos que por su inocencia e inteligencia llenaron de alegría nuestra casa haciendo sentir a sus padres y abuelos orgullosos de ellos.

**A MIS ABUELOS:****Esperanza M.****Armando P.****Lilia V.****Miguel O.**

Gracias por todos sus, consejos y ese gran amor que siempre nos han brindado.

**A MIS AMIGOS:**

Hugo B., Orlando S., Paúl K., Armado D., Emmanuel R., Enrique, Leticia., Roxana,

Gracias por su amistad y por ser mis compañeros de cuarto.

**A MIS AMIGOS DE LA GENERACIÓN XCIV DE IRRIGACIÓN:**

Octavio M.

Alexis R.

Heriberto L.

Lisandro F.

Lázaro H.

Luis E. G

Gracias por esa gran amistad incondicional y por el apoyo moral que siempre me mostraron en los tiempos buenos así como en los malos.

## AGRADECIMIENTO

Al Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera. Por la revisión, aportaciones y sugerencias para la buena presentación de este trabajo, así como su orientación en todo el trabajo de campo. Y por su valiosa amistad que me ofreció durante mi formación profesional.

Al MC. Sergio Z. Garza Vara. Por ser un gran profesor, y por sus sabios consejos durante mi formación.

A el ING. Juan F. Martínez Ávalos. Por brindarme gran parte de su tiempo en la revisión del trabajo y por sus importantes sugerencias en la presentación del mismo.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron en mi formación profesional, en la realización de esta tesis y que involuntariamente han que dado omitidas, pero no olvidadas.

A la **UAAAN**, por brindarme la oportunidad de ocupar sus aulas, laboratorios y demás comodidades que sirvieron para desarrollarme como estudiante y así poder cumplir con uno de los objetivos propuestos, con la colaboración de los docentes que transmitieron sus conocimientos, para poder enfrentar la vida profesional. **A mi Alma Mater** mil gracias.

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
JUSTIFICACIÓN SOCIOECONOMICA.....	2
JUSTIFICACIÓN CIENTIFICA.....	3
HIPOTESIS .....	3
OBJETIVOS .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
DISPOSITIVOS ELEVADORES DE AGUA POR FUERZA HUMANA....	5
MECANISMO PARA MOTORES ANIMADOS .....	12
MAQUINAS ELEVADORAS DE AGUA POR ASPIRACION .....	15
FUERZA PARA LA ELEVACION DE AGUA.....	16
FUERZA HUMANA.....	16
FUERZA ANIMAL.....	16
FUERZA HIDRAULICA.....	16
MOTORES DE COMBUSTION INTERNA .....	16
MOTORES ELECTRICOS .....	17
VELOCIDAD ESPECIFICA.....	17
ARIETE HIDRAULICO.....	19
TURBINA HIDRAULICA.....	19
EL DISEÑO DE LAS TURBINAS .....	20
DEFINICION HIDROPULSADOR.....	20
DONDE PUEDE INSTALARLO Y PARA QUE SIRVE UN	22
HIDROPULSADOR.....	
CONDICIONES GENERALES PARA LA INSTALACION DEL	22
HIDROPULSADOR.....	
CAUDAL DE AGUA DISPONIBLE.....	22

CANTIDAD DE AGUA A ELEVAR.....	23
VENTAJAS EN EL USO DEL HIDROPULSADOR.....	24
<b>III. MATERIALES Y METODO.....</b>	<b>25</b>
LOCALIZACION DEL AREA DE TRABAJO.....	25
CLIMA.....	25
SITIO DE INSTALACION.....	25
MATERIAL UTILIZADO .....	26
METODOLOGIA .....	27
EXPERIMENTO EVALUADO.....	27
VARIABLES EVALUADAS .....	28
DESCRIPCION DEL APARATO A EVALUAR.....	28
EQUIPO PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO.....	30
MATERIAL ELECTRICO.....	30
BOMBA .....	30
AFORADOR.....	30
CONTENEDOR DE AGUA.....	30
TUBERIA.....	30
EQUIPO TOPOGRAFICO.....	30
TACOMETRO.....	31
ACCESORIOS.....	31
LLAVE STILSON .....	31
HERRAMIENTAS.....	31
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>VII. RESUMEN.....</b>	<b>49</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>51</b>

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro N°	Pagina
3.1 TRATAMIENTOS .....	27
4.1 PRUEBA NUMERO 1 .....	32
4.2 PRUEBA NUMERO 2 .....	33
4.3 PRUEBA NUMERO 3 .....	33
4.4 PRUEBA NUMERO 4 .....	34



## INDICE DE FIGURAS

Figura	Pagina
2.1 ACHICADOR MANUL .....	6
2.2 CIGOÑAL .....	7
2.3 RUEDA DE PALETAS .....	8
2.4 RUEDA MEJORADA .....	8
2.5 ESPUERTA DE HONDADA .....	9
2.6 BOMBA DE ROSARIO .....	10
2.7 TORNILLO DE ARQUIMEDES .....	11
2.8 RUEDA DE CAGILONES .....	12
2.9 ELEVADOR DE DOS CUBOS .....	13
2.10 NORIA DE ARCADUCES .....	14
2.11 DIAGRAMA DE INSTALACION .....	21
2.12 PARTES DE UN HIDROPULSADOR .....	23
2.13 VISTA INTERNA DEL HIDROPULSADOR .....	24
2.14 ACOTAMIENTO DE HIDROPULSADOR .....	28
2.15 CAMARA DE PRESION .....	29
5.1. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 89.6$ M, $h = 3.721$ M. $r^2 = 0.95$ .....	35
5.2. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 89.6$ m, $h = 4.071$ m. $r^2 = 0.97$ .....	36
5.3. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 89.6$ m, $h = 4.691$ m. $r^2 = 0.95$ .....	36
5.4. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 89.6$ m, $h = 4.921$ m. $r^2 = 0.93$ .....	37
5.5. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 60$ m, $h = 1.869$ m. $r^2 = 0.95$ .....	37
5.6. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 60$ m, $h = 2.839$ m. $r^2 = 0.95$ .....	38
5.7. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 60$ m, $h = 3.669$ m. $r^2 = 0.95$ .....	38

5.8. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 60$ m, $h = 5.069$ m. $r^2 = 0.97$ .....	39
5.9. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 30$ m, $h = 0.29$ m. $r^2 = 0.92$ .....	39
5.10. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 30$ m, $h = 1.43$ m. $r^2 = 0.98$ .....	40
5.11. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 30$ m, $h = 3.36$ m. $r^2 = 0.99$ .....	40
5.12. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 30$ m, $h = 5.12$ m. $r^2 = 0.93$ .....	41
5.13. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 6.40$ m, $h = 10$ m. $r^2 = 0.97$ .....	41
5.14. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 6.40$ m, $h = 3.67$ m. $r^2 = 0.94$ .....	42
5.15. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 6.40$ m, $h = 4.38$ m. $r^2 = 0.98$ .....	42
5.16. EL GASTO ( $Q_e$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L = 6.40$ m, $h = 5.7$ m. $r^2 = 0.97$ .....	43
5.17. EL GASTO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L/H = 24.07, 22.00, 19.10, 18.21$ .....	43
5.18. EL GASTO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L/H = 32.10, 21.13, 16.35, 11.84$ .....	44
5.19. EL GASTO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L/H = 103.44, 20.97, 8.93, 5.75$ .....	44
5.20. EL GASTO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $L/H = 64, 2.08, 1.46, 1.16$ .....	45
5.21. EL GASTO EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO; CUANDO $H = 9.495$ . .....	45

## I. INTRODUCCION

Es innecesario repetir lo que el agua significa para el ser humano, para la humanidad, tanto en el pasado, en el presente y hacia el futuro. Lo que este preciado recurso representa en el nacimiento y desarrollo de la civilización. No en balde es uno de los tres estados de la materia de que está hecho el mundo, las plantas, los animales y el hombre. Al igual que otros recursos no está distribuido uniformemente en nuestro planeta y por lo mismo no vale igual para todos los países, en que todos dependemos por igual del recurso agua para vivir y aún para subsistir.

Uno de los problemas que enfrentan los países en desarrollo en particular los de América Latina es la imposibilidad de suministrar agua, en cantidad y calidad suficientes, a los sectores rural y urbano – marginal. El abastecimiento de agua está supeditado a la disponibilidad de fuentes de energía compatibles con las condiciones sociales, culturales y económicas.

Actualmente existen lugares donde el abastecimiento de agua es difícil, por encontrarse en lugares distantes, y su transporte se hace a varios kilómetros de distancia tanto horizontal como vertical, lo que con frecuencia hace necesario aplicar técnicas de elevación para posibilitar su aprovechamiento mediante un trabajo de bombeo. Los equipos más difundidos para la elevación de agua tipo convencional son las motobombas y las electrobombas. Las primeras aprovecha la energía de combustibles derivados del petróleo y las segundas de energía eléctrica para impulsar una bomba centrífuga.

Sin embargo, los combustibles hidrocarburos y la electricidad no son las fuentes más adecuadas al ámbito rural y urbano – marginal. Ello debido a los problemas relacionados con el almacenamiento, transporte y distribución de combustible, además de los ocasionados por la generación de desechos que contaminan el ambiente.

Mediante la aplicación de tecnología apropiadas, se han desarrollado equipos para la elevación de agua que operan a base de energía no convencionales

como la energía hidráulica bajo la forma de pequeños saltos o velocidad de los cauces de los ríos, arroyos.

Estas fuentes son más ventajosas que las convencionales, debido a que su disponibilidad es prácticamente ilimitada, los costos son mínimos y no contamina el ambiente.

México país semidesértico con condiciones geográficas, climáticas, en casi la mitad de la superficie el agua es un recurso muy valioso. Saber usarlo y aprovecharlo debe ser responsabilidad colectiva y orientar, normalizar, proyectar y programar esa responsabilidad, es deber necesario de la ingeniería y por lo mismo de los ingenieros.

Razón por la cual se a tomado la decisión de evaluar la unidad conocida como Hidropulsador, para conocer bien sus características y tener una buena operación de el.

Ya que en México el uso de estos aparatos es relativamente desconocida, sin embargo existen muchas regiones que reúnen las condiciones y características para la operación y aplicación de dicho equipo, y donde resolvería un problema muy importante como lo es el abastecimiento del vital liquido para consumo humano o algún otro uso o actividad.

### **1.1 Justificación Socioeconómica**

En nuestros tiempos es de todos conocido la situación en que se encuentra nuestro país, la crisis económica en todos los sectores, todos los mexicanos y principal mente aquellas personas que de alguna manera están vinculadas con la investigación pueden aportar técnicas para economizar al máximo los recursos disponibles y encontrar la manera más adecuada para aprovecharlos, haciendo uso de tanto material e infraestructura que no se le esta dando el uso adecuado o para el fin para el cual fue creado. Además de que los costos son relativamente muy elevados en lo que se refiere a las líneas de corriente eléctrica para el consumo en el bombeo.

Estos costos provocan que en el medio agrícola exista desinterés y abandono de los recursos de explotación (suelo, agua, etc.).

El presente trabajo pretende experimentar el Hidropulsador disminuyendo los costos para la operación, mantenimiento y los materiales que se usaran en la investigación será el aprovechamiento de material existente en anteriores investigaciones.

## **1.2 Justificación Científica**

Desde un punto de vista científico un Hidropulsador se justifica por el análisis de la mecánica de fluidos, ya que al pasar el flujo por el interior del hidropulsador este tiene unos álabes, que al estar en movimiento produce un incremento en la presión, proveniente de la energía potencial que poseía el agua en el embalse o fuente de abastecimiento y a su vez la transforma en energía mecánica cuando su uso es para producir fuerza o en algunos casos trata de absorber energía de la que posee el agua y la transforma en agua de transporte mas allá de su altura de abastecimiento.

## **1.3 Hipótesis**

Evaluando las revoluciones por minuto, carga, presión, gasto. Se analizará si este mecanismo puede ser considerado una maquina elevadora de agua.

## **1.4 Objetivos**

- ◆ Reducir costos de los mecanismos usados para agregar carga hidráulica a un sistema de conducción.
- ◆ Determinar las diferentes cotas de elevación a las cuales se puede llevar el agua.
- ◆ Evaluar el Hidropulsador con las condiciones que se requieren en la práctica, para demostrar su funcionamiento y su capacidad de operación para el bombeo de agua.

- ◆ Propagar la tecnología y avances de la investigación a las diferentes poblaciones de escasos recursos para solucionar el problema del suministro de agua.

## II. REVISION DE LITERATURA

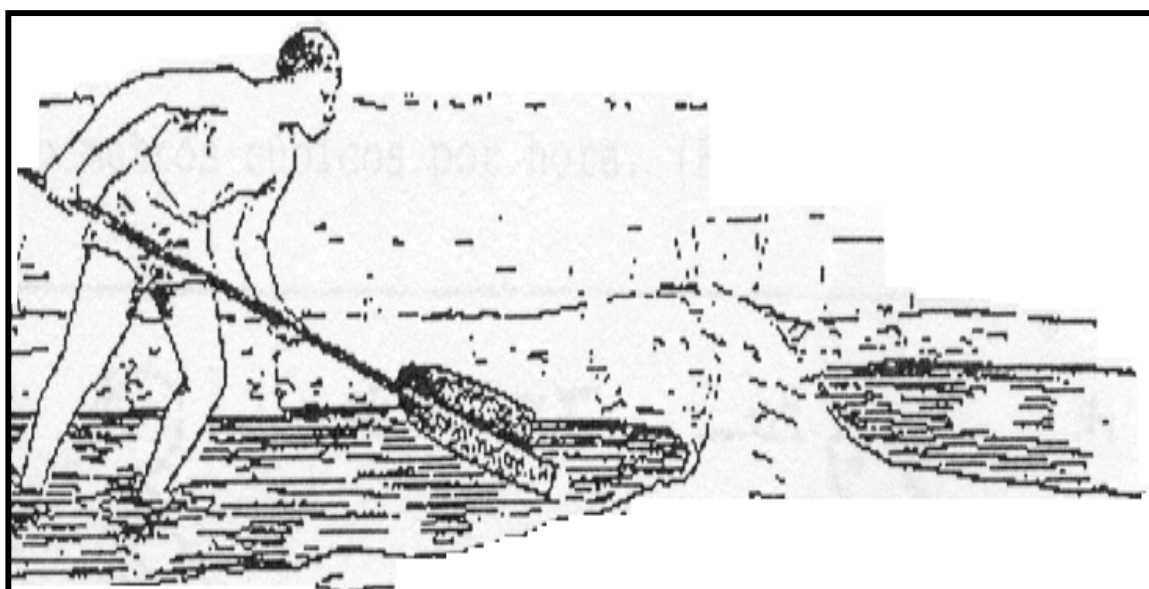
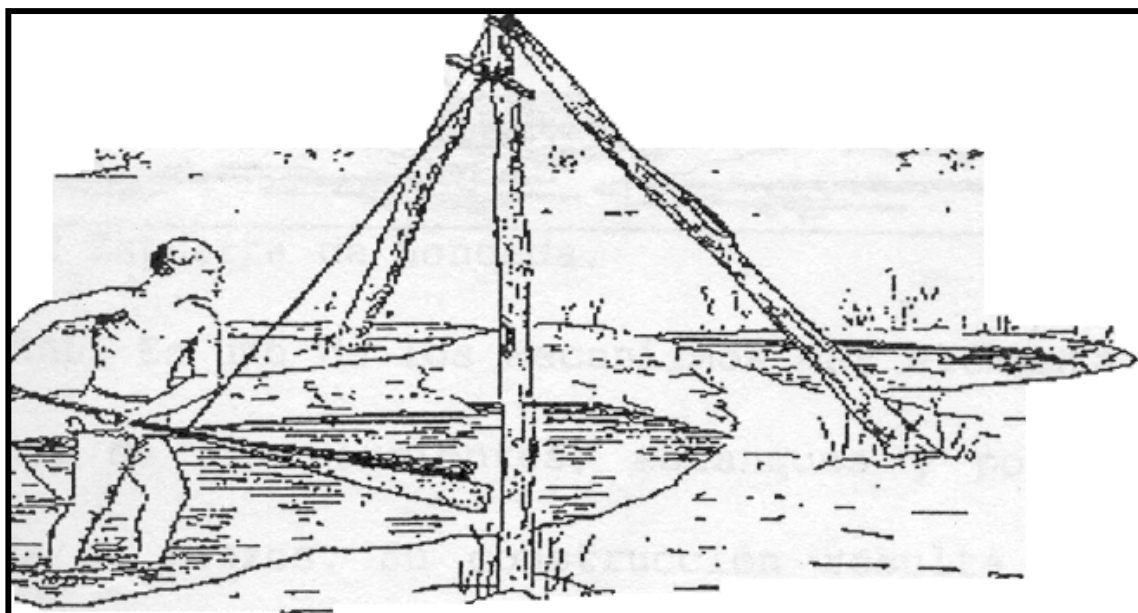
Las maquinas elevadoras de agua son de suma importancia para el ser humano, pues permite utilizar, para los fines mas diversos, las aguas que se encuentran a distintas profundidades en el suelo. Por esta razón tales máquinas están íntimamente relacionadas con la cultura de los pueblos primitivos, que tuvieron que valerse de ellas para la extracción del agua que utilizaban, sea como elemento vital de consumo, operaciones de riegos de los cultivos en zonas desérticas.

Los mecanismos elevadores de agua se clasifican en cuatro grupos, según la naturaleza de la fuerza que mas comúnmente se aplica a su funcionamiento. La primera división corresponde a los que de una manera ordinaria se hace trabajar mediante fuerza humana (por transporte); la segunda son aquellos impulsados por motores animados (animales, o tiro de sangre); la tercera aquellos mecanismos cuya energía es tomada de la fuerza hidráulica ( por columna) y la cuarta a los de invención mas reciente movidos sin excepción empleando la fuerza mecánica (por aspiración).

### 2.1 Dispositivos Elevadores de agua por Fuerza Humana

Se considera la manera mas antigua para elevar el agua la cual se basa en la mano ahuecada, con el principal fin de sacar el liquido y mitigar la sed. Después vinieron los recipientes simples de recoger y subir el agua de corrientes y estanques para el consumo del hombre y de sus animales domésticos. Cuando hubo la necesidad de proveer en cantidades superiores, el ingenio humano condujo a la invención de los mecanismos que se describen a continuación bajo el concepto de dispositivos de fuerza humana.

**Achicador.** Quizás sea la herramienta mas sencilla. Lo mismo se puede usar en calidad simple utensilio manual o de álabe acucharado, suspendido de un trípoide por medio de una cuerda. Como herramienta simple cansa pronto y por consiguiente tiene una efectividad muy baja, Los datos disponibles indican que una persona que trabaja en esas condiciones **consigue subir el agua a una altura aproximada de un metro a razón de 8 metros cúbicos.**

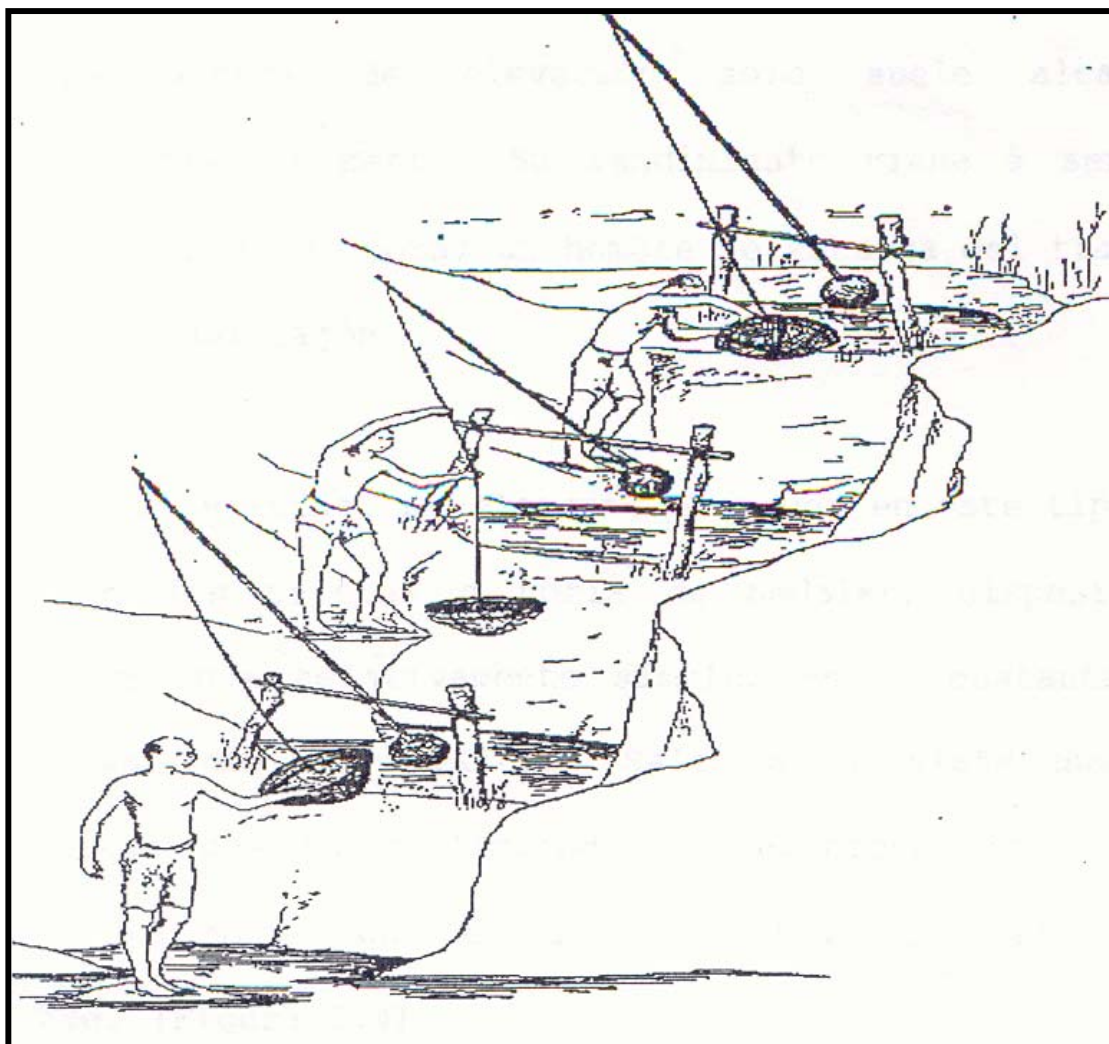


**Figura 2.1 Achicador manual.**

**Cigoñal.** Es uno de los mecanismos mas elementales para elevar el agua de las corrientes, estanques y pozos someros por fuerza de brazo. Su construcción resulta fácil, y a pesar de la corta duración en servicio de los materiales empleados. La profundidad ordinaria de trabajo varia entre uno y tres metros. Cuando la elevación excede de este limite, se hace necesario disponer dos o mas aparatos en serie. Se sabe que dos hombres, alternando en turnos de dos



horas elevan el agua a dos metros, con una capacidad efectiva de seis metros cúbicos por hora.



**Figura 2.2 Cigoñal.**

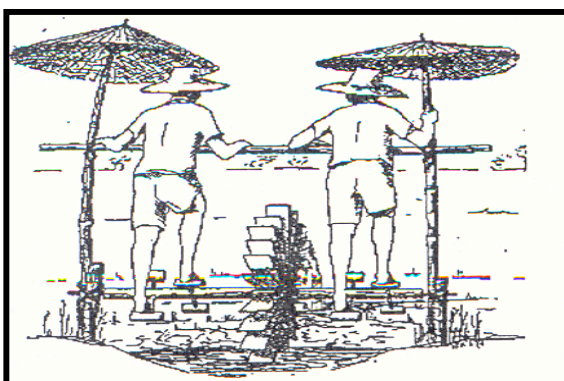
**Balde.** De forma cilíndrica o troncónica, con su base mayor en la parte superior, se construye generalmente de madera o hierro galvanizado y tiene una capacidad para diez o veinte litros.

**Pala Colgada o Achicador Holandés.** Es un simple cajón de madera, abierto en la parte superior, con una válvula semejante a la del balde volcador en uno de los extremos del fondo; el otro extremo de este cajón gira sobre un eje fijo. La altura de elevación solo suele alcanzar aproximadamente un metro Su

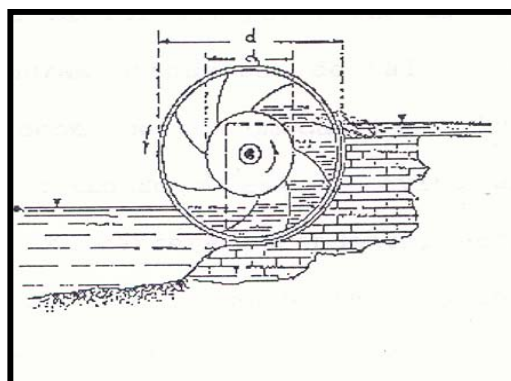
**rendimiento viene a ser de unos ocho litros por hora;** un hombre se encarga del trabajo de elevación del cajón.

**Rueda de Paleta.** El elemento elevador en este tipo de ruedas son las paletas o noria de pedales, dispositivo elevador de agua relativamente simple, muy poco eficaz. Su empleo es muy limitado a elevaciones en verdad pequeñas, lo mismo que el área que haya de regarse.

**Rueda de Paletas Modificada.** Otra especie de noria de pedaleo se reduce a una variante de la dotada de pedales. Su principal mejora es que la punta de las paletas entra por abajo en una caja ajustada y hace disminuir mucho el derrame del agua por el borde de las paletas o álabes, lo cual aumenta la capacidad del artefacto y a la vez contribuye a subir el agua a mayor altura. El número de paletas varia o álabes varia entre ocho y veinticuatro, según el diámetro de la rueda.



**Figura 2.3 Rueda de paleta**

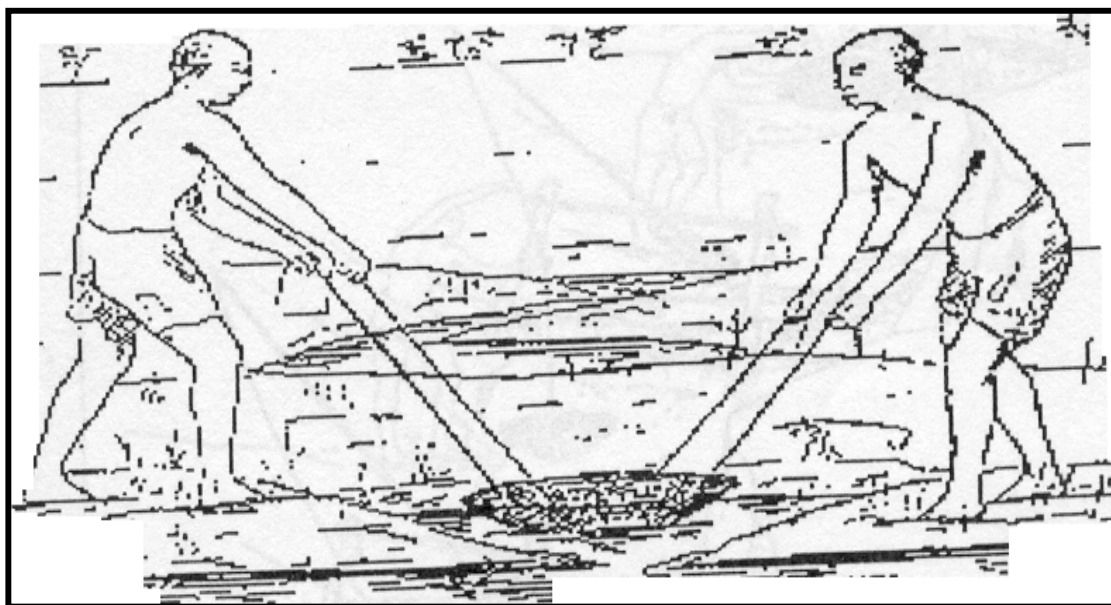


**Figura 2.4 Rueda mejorada**

**Escalera hidráulica.** En el lejano oriente la escalera hidráulica es un dispositivo para subir agua de los cauces. El aparato se construye casi todo de madera en que a veces hay unas partes de metal. El mecanismo consiste en una serie de tableros pequeños montados sobre una cadena sin fin que corre en una canoa de madera en cuyos dos extremos pasa por erizo (ruedas dentadas para cadena). El erizo superior, que es el motor, va fijo a un eje horizontal, apoyado este en una armazón tosca y dotada de pedales. La capacidad media es de

ocho metros cúbicos por hora a elevaciones de 90 centímetros con dos obreros formando un par de trabajo.

**Espuerta de Hondada.** Este artefacto consiste en un cesto o bardal o guisa de cucharón al que se atan cuatro bragas. Dos hombres que se dan el frente y llevan atadas dos cuerdas cada uno, hondea la espuerta entre sí. A un extremo del vaivén coge el agua el cacharro en la fuente en la fuente surtidora y el otro se ladea bastante para que la vierta en el tanque o canal de distribución la altura rara vez pasa de un metro. Se necesita cuatro obreros en una jornada completa que se alternan en turnos de dos horas **elevan el agua a una altura de sesenta centímetros a razón de cinco metros cúbicos por hora.**



**Figura 2.5 Espuerta de Hondada**

**Bomba de Rosario.** Consta de una cadena sin fin provista de discos a intervalos de unos 25 centímetros. El tambor sobre el brocal del pozo, encima del cual pasa la cadena, tiene ranuras dispuestas de tal forma que los discos de la cadena se acomodan en los correspondientes entalles del cilindro y así se evita el deslizamiento de la cadena. En su movimiento ascendente, esta pasa con sus discos por el tubo que baja desde la boca del pozo hasta cerca de 60

centímetros de bajo de la superficie del agua. **La capacidad del mecanismo es proporcional al tamaño del tubo. El caudal se determina por la fórmula.**

$$q = d * \pi * r^2 * v \text{ -----(1)}$$

en la cual:

d = rendimiento: 0.8 a 0.9.

r = radio del tubo de elevación.

v = velocidad de la cadena.

q = caudal en metros cúbicos por segundo.

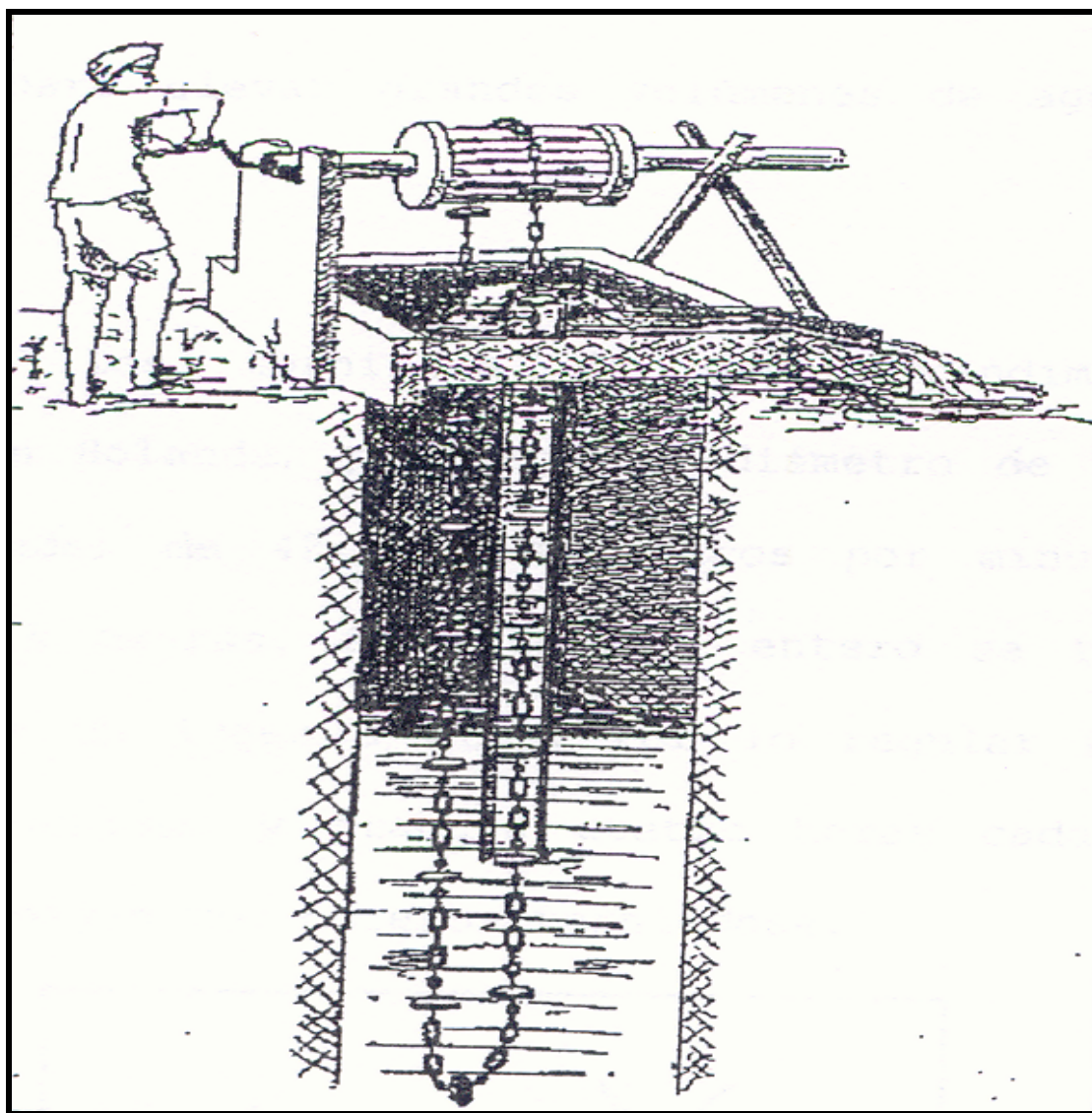
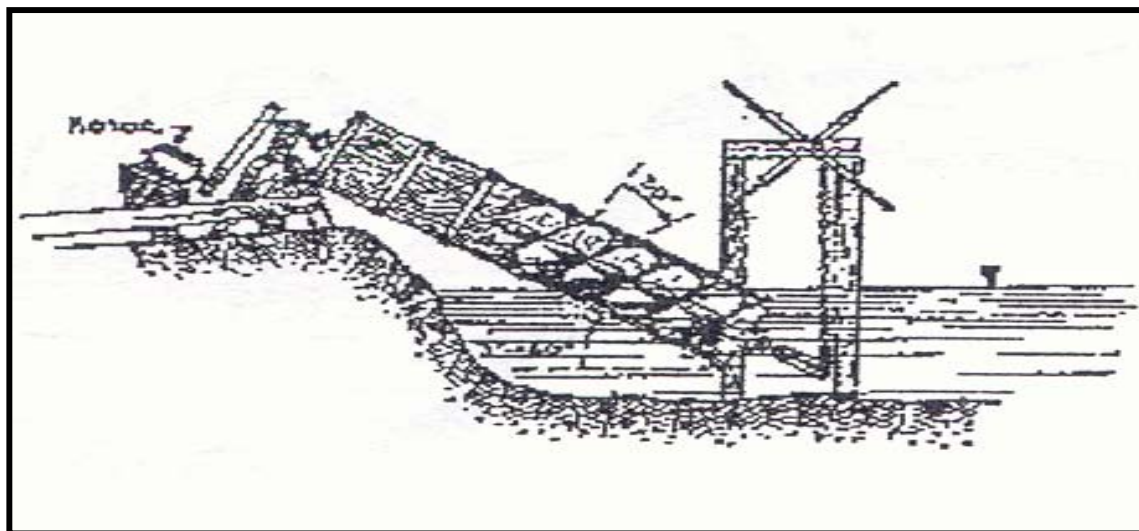


Figura 2.6 Bomba de rosario.

**Tornillo de Arquímedes.** Es una máquina simple, cuya invención se le atribuye a Arquímedes, la cual consta de un cilindro de madera que contiene en su interior una serie de tablillas cortas con sección de unos 2.5 por 5 centímetros, arregladas en forma de espiral de barrena. Esta sección se ajustan a un eje central de hierro cuadrado como de 2.5 centímetros de lado, quedando una tablilla sucesiva desviada para que su arista forme con la precedente un trabajo aproximado de un centímetro en el extremo exterior, y los bordes de ataque se rebajan a efecto de darles una superficie bastante lisa. Esta máquina se utiliza para elevar grandes volúmenes de agua a poca altura.

Uno de los tornillos de mayor rendimiento se encuentra en Holanda, pues **con un diámetro de 2 metros, eleva un caudal de 42 metros cúbicos por minuto una altura de 4.5 metros.** El artefacto entero se transporta fácilmente de un lugar a otro. Por lo regular un hombre maneja el mecanismo y trabaja cuatro horas cada vez.



**Figura 2.7 Tornillo de Arquímedes**

**Rueda de cangilones.** Consta de una rueda sobre el cual van fijados los baldes o cangilones; por medio de radios fijos, esta unidad la llanta a un eje, alrededor del cual gira la rueda. **Se construye de un diámetro de 5 a 6 metros y su altura de elevación  $h = 2/3$  del diámetro  $d$ .**

El caudal para estas ruedas se determinan mediante la fórmula.

$$Q = \alpha(\eta * S) / 60 * C \text{ -----(2)}$$

Donde:

$\alpha$  = coeficiente de rendimiento de 0.8 a 0.9.

$\eta$  = revoluciones por minutos de la rueda.

$s$  = cantidad de baldes o cangilones.

$C$  = capacidad de cada baldes.

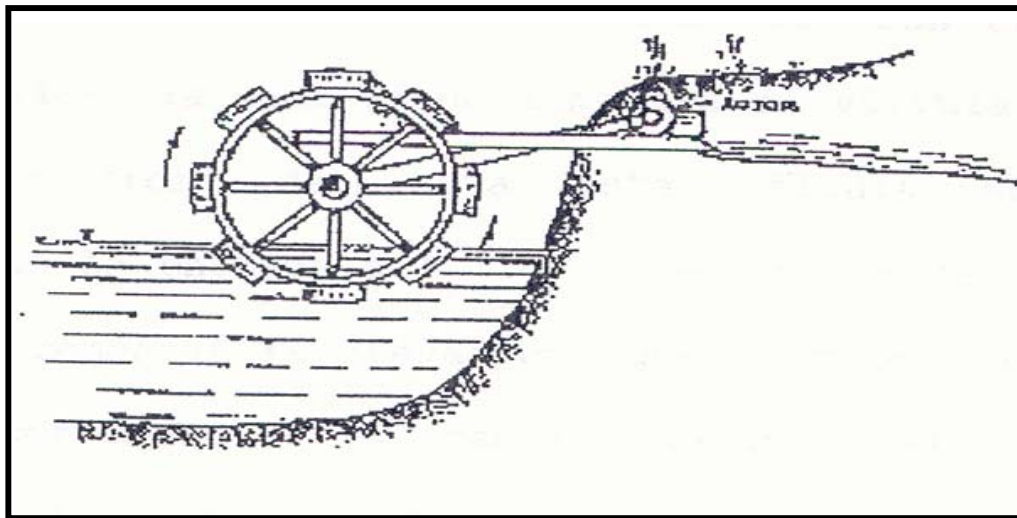


Figura 2.8 Rueda de cangilones

## 2.2 Mecanismos para Motores Animados

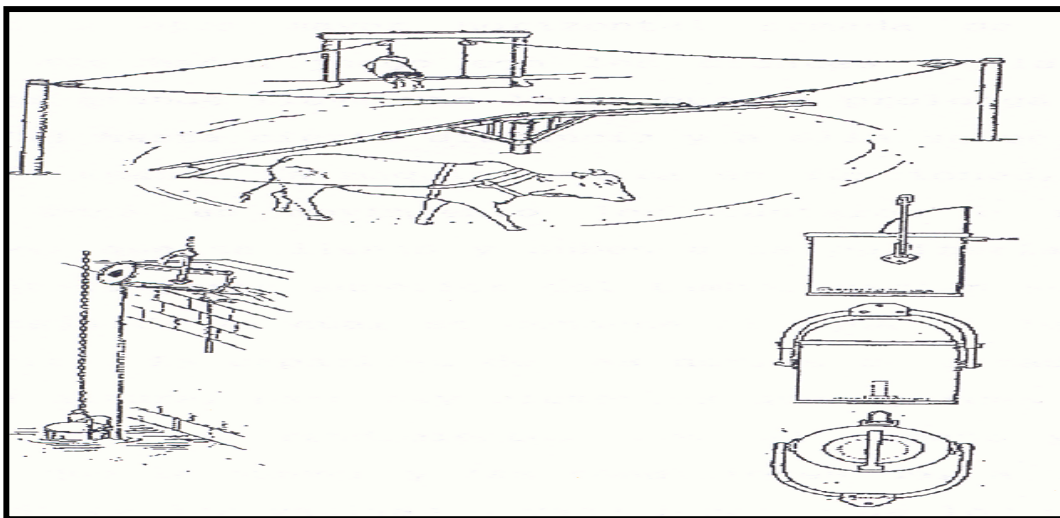
Los mecanismos elevadores de agua que funcionan por medio de fuerza animal pertenecen a dos grandes grupos generales: los basados en el principio de la polea, que constan de una garrucha, cuerda y cubo, y los que utilizan una rueda o tambor giratorio.

**Balde volcador.** Recipiente de forma cilíndrica, construido de hierro o hierro galvanizado, tiene una capacidad que varía de cincuenta a cien litros; se utiliza para la extracción de agua de pozos profundos o cisternas. Estos baldes tienen en el fondo un dispositivo que consiste en un orificio, generalmente de forma cuadrada, sobre el que se haya colocada una madera cubierta con cuero fijado por tornillos, la cual actúa a manera de válvula. Al llegar a la superficie del agua esta válvula se levanta, permitiendo la entrada del líquido en el balde, y luego se cierra al comenzar la elevación, que en todos los casos se realiza por medio

de la tracción de un caballo. Al llegar a la superficie del terreno este balde volcador se vacía en un recipiente gracias a un dispositivo especial.

**Elevador de garrucha.** Este mecanismo consiste en un cubo o bolsa, por lo común de cuero, atado a la punta de un largo y fuerte cable que pasa por la garganta de una garrucha suspendida en la correspondiente armazón que se tiene sobre el brocal del pozo. El otro extremo de la soga se engancha a una yunta de bueyes que suministra la fuerza necesaria para subir la bolsa llena. El artefacto puede trabajar con una yunta y dos hombres. Su capacidad de rendimiento es para elevar el agua alrededor de una altura de 90 metros a razón de 16 a 17 metros cúbicos por hora.

**Elevador de dos cubos.** Se compone de dos recipientes que alternan en sus movimientos de ascenso, vaciando, descenso y relleno; es decir: a medida que uno sube lleno, el otro baja vacío al pozo. La elevación y el descenso de cada cubo se consigue por medio de un aparejo de cadenas que pasan de las vasijas a un juego de poleas y de allí a una cigüeña horizontal animada de movimiento circular que uno o dos bueyes le imprimen. Este dispositivo resulta adecuado para elevación de unos **3 a 5 metros**. La capacidad aproximada del mecanismo con cubos de 60 litros, que alcanzan el agua de 3 metros de profundidad, se calcula en **22 metros cúbicos por hora**.



**Figura 2.9 Elevador de dos cubos.**

**Noria de Arcaduces.** Consiste en un gran tambor abierto enrollado. Dos lazos paralelos de cuerda o cadena, unidos con varios separadores y provistos de cántaros de barro cocido o recipientes de metal sujetos a los mismos intervalos, pasan sobre el tambor y cuelgan por debajo sumergiéndose en la fuente de el caudal de la cual hay que elevar el agua. Un eje horizontal se extiende del eje tambor a un mecanismo que consta de una rueda dentada chica vertical y otra mayor horizontal armada de clavijas o sientes que hacen juego con los dientes de la menor. El engranaje grande lleva una lanza que se prolonga en sentido horizontal hasta cierta distancia y a ella se engancha los animales. Al girar el tambor pone en movimiento a los cantaros o recipientes y en la parte superior en la periferia se vacía el agua. La capacidad de las norias de arcaduces **varia según la altura**, pero hay elementos que ejercen apreciable influencia en su rendimiento, como el tamaño y clases de animales que la mueven y las condiciones del artefacto en particular de las vasijas o canjilones y de los engranajes.

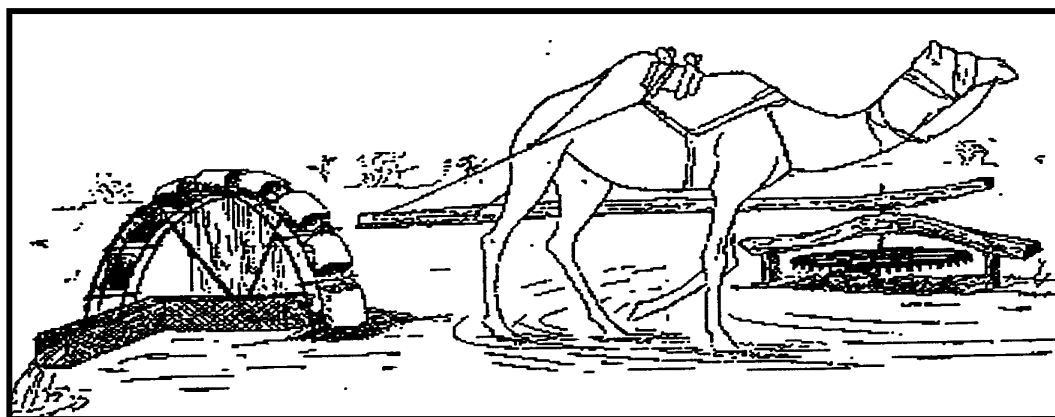
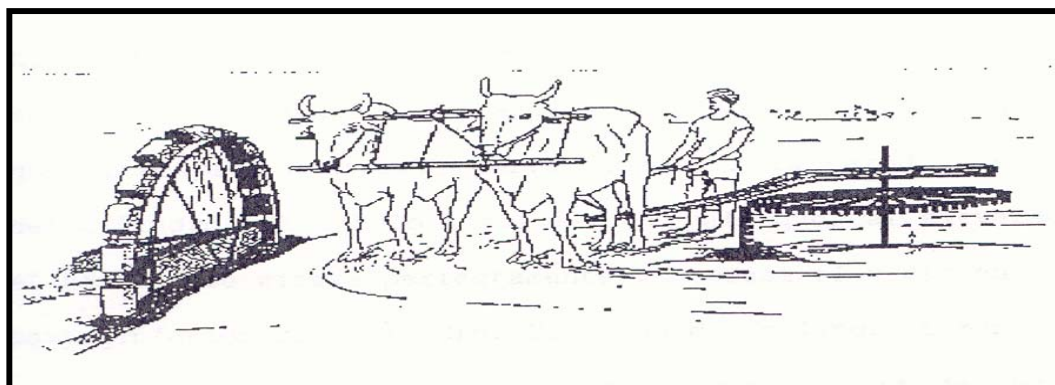


Figura 2.10 Noria de arcaduces.



### 2.3 Maquinas Elevadoras de Agua por Aspiración

Este grupo de máquinas está constituido por las denominadas bombas. Entre las cuales solo se mencionarán por lo común de su existencia en la actualidad entre las cuales podemos mencionar.

**Bomba de Pistón.** Consiste en un cuerpo cilíndrico hueco, dentro del cual actúa un embolo o pistón rodeado en su parte externa por un cuerpo engrasado o un aro de goma que sirve para ajustarlo perfectamente a la pared interna del cilindro. El embolo lleva una válvula que, al elevar el pistón, se cierra perfectamente y produce el vacío en la parte inferior del cilindro. El fondo del cilindro comunica con un tubo de aspiración en contacto con la capa de agua que se quiere elevar. Y a la entrada del citado tubo de aspiración al cilindro existe una válvula e igual a la del pistón, o sea que tiene el mismo juego. En la parte superior del cilindro se encuentra el tubo de elevación. Al mover el pistón, por medio de un vástago, hacia la parte superior del cilindro, se producirá en la inferior de este el vacío y se abrirá entonces la válvula, absorbiéndose, por razón de la presión atmosférica, el agua que se encuentra en el tubo de aspiración.

**Bombas de Diafragma.** Estas maquinas están basadas en el movimiento oscilatorio que produce el funcionamiento de un diafragma, en unos modelos rígidos y otros flexibles no metálico, puede soportar la acción corrosiva. Se usan para gastos elevados de líquidos, ya sea claro o conteniendo sólidos. Entre las bombas de diafragma, elástico de cuero o goma, tenemos la del tipo denominada sapo, utilizada para la extracción de lodos, soluciones ácidas.

**Bombas de Rotor.** En estas se produce la aspiración y elevación del agua por movimiento circular que se imprime a un órgano central denominado rotor. Estas bombas de rotor pueden clasificarse en rotativas y centrífugas.

## 2.4 Fuerza para la Elevación de Agua.

**Fuerza Humana.** Esta es una fuente de energía en extremo móvil muy apropiada para necesidades menores de fuerza en localidades de trabajo barato. Las máquinas o artificios que funcionan con la fuerza de las piernas, como la rueda de pedaleo, son normalmente menos fatigosas y es más eficiente que las movidas a mano. Cuando los brazos actúan en dar impulso a un dispositivo, el suele efectuar un buen número de contorciones que ponen muchos músculos en juego y provocan mayor cansancio a la persona que la acción de pedalear.

**Fuerza Animal.** En casi todas las regiones poco adelantadas, la bestia de tiro constituye una fuente de energía muy importante para variadas operaciones agrícolas, la capacidad de trabajo de los animales de tiro varía en gran medida según el tipo, tamaño y clase. Algunos mecanismos elevadores de agua no están contruidos con miras de conseguir en su funcionamiento la eficaz aplicación de la potencia animal.

**Fuerza Hidráulica.** Las aguas corrientes constituyen una fuente de energía capaz de aprovechamiento en innumerables operaciones. Una de las aplicaciones más generales consiste en dar movimiento a la rueda hidráulica, mecanismo que en muchas partes del mundo se utiliza en la elevación de agua para riego. El buen funcionamiento de la rueda hidráulica exige que la corriente en que se instale tenga suficiente volumen y velocidad.

**Motores de Combustión Interna.** Estos motores se pueden utilizar en el desempeño de muchas labores agrícolas, incluso la de elevar agua. En todas partes del mundo las hay de diversos tamaños, sean estacionarios o móviles, para quemar aceite, diesel, gasolina y otros combustibles. El alto costo inicial y el de combustible, escasa experiencia y falta de pericia de los que la manejan, la carencia de mecánicos ajustadores competentes y dificultad de obtener

piezas de repuesto figuran entre los motivos principales que impiden la rápida adopción de los motores como unidades de fuerza para la elevación del agua en los países poco adelantados.

**Motores Eléctricos.** Considerado el motor eléctrico en sus aspectos de comodidad, constituye la máquina ideal de fuerza motriz para impulsar los mecanismos elevadores de agua. A un toque del interruptor el agua surge a velocidad constante sin cesar durante horas hasta que se quiere desconectar el motor. Las inspecciones que este necesita son poco frecuentes y escasa o ninguna atención requiere mientras funciona. Por su actitud de trabajo a altas velocidades de rotación, el motor eléctrico se adapta como ninguno al de las bombas modernas muy veloces, muchas de las cuales se construyen para velocidades que coinciden con las normas de los motores eléctricos y de allí la posibilidad de conexión directa entre el motor y la bomba.

El número de rpm. Representa el punto más eficiente de rendimiento del motor. El flujo transmitido por la bomba por minuto es el número de revoluciones en un minuto multiplicado por el volumen del impulsor. La mayoría de las bombas domésticas funcionan a 3,450 rpm. Revoluciones por minuto—a 60 Hertz, y cada revolución de la bomba contiene un volumen medido de agua. Algunas bombas funcionan a 3,500 rpm o 1,700 rpm.

### **2.5 Velocidad Específica**

La velocidad específica es la velocidad, en revoluciones por minuto a la cual un impulsor deberá girar si su tamaño se reduce para dar un gasto de un litro por segundo contra una columna de un metro.

La velocidad específica es un indicador para tener una idea general del tipo de bomba que se debe seleccionar. Todas las bombas se pueden clasificar con un número adimensional llamado velocidad específica  $N_s$  y que se define como sigue:

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \text{-----(3)}$$

en donde:

N = es la velocidad en rpm.

Q = es la capacidad o caudal.

H = es la carga.

Cuando la capacidad se expresa en gpm y la carga en pies, las bombas centrifugas tienen velocidades específicas que van desde alrededor de 400 hasta más de 10,000 según sea el tipo de impulsor.

Las bombas dinámicas pequeñas como las regenerativas de tipo de turbina y las del tipo de emisión parcial están en gama de velocidad específica de alrededor de 100 a 1,200. Las bombas rotatorias y reciprocantes tienen valores mas bajos.

## 2.6 Ariete hidráulico

Un ariete hidráulico es una bomba elevadora de agua. Su característica principal es su bajísimo costo operacional ya que no consume gas, petróleo, electricidad etc. Esta bomba ofrece un funcionamiento ininterrumpido por muchos años por estar fabricada en material reforzado. Su costo de instalación no es más elevado que el de otros sistemas de bombeo (cañerías, tomas de agua, filtros, anclajes, estanque elevado con la ventaja de que puede ser instalada a la intemperie, ya que no necesita una caseta de motobombas.

Joseph Montgolfier, (1796). El ariete hidráulico es un dispositivo que fue inventado para aprovechar la energía de un salto de agua para elevar una parte de ella a gran altura (hasta 120 m). Funciona con energía renovable, es automático y no necesita mantenimiento. Un aparato muy ingenioso.

### 2.6.1 Principio de funcionamiento

Chávez, (1992). Hace mención que para el funcionamiento, este aprovecha las grandes presiones del fenómeno conocido como el golpe de ariete hidráulico

generado mediante el cierre brusco 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 una tubería de impulsión hasta el ariete, desarrollando potencia debido a su peso y velocidad; que hace que 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 forma 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 donde se desee.

## 2.7 Turbinas Hidráulicas

Turbina es un motor rotativo que convierte en energía mecánica la energía de una corriente de agua. El elemento básico de la turbina es la rueda o rotor, que cuenta con palas, hélices, cuchillas o cubos colocados alrededor de su circunferencia, de tal forma que el fluido en movimiento produce una fuerza tangencial que impulsa la rueda y la hace girar. Esta energía mecánica se transfiere a través de un eje para proporcionar el movimiento de una máquina, un compresor, un generador eléctrico o una hélice.

Las turbinas hidráulicas son turbo máquinas que permiten la transferencia de energía del agua a un rotor provisto de alabes, mientras el flujo pasa a través de éstos. En el laboratorio se han observado principalmente tres clases de turbinas: Turbinas Peltón, Turbinas Kaplan y Turbinas Francis.

**Las Turbina Francis**, (1815-1892). Cuando el paso del agua por el rotor se efectúa en dirección radial, las máquinas se llaman radiales, de las cuales el

tipo más representativa es la turbina Francis. Lleva este nombre en honor al ingeniero James Bichano Francis.

**Las Turbina Pelton**, (1829-1908). Esta debe su nombre a Lester Allan Pelton quien buscando oro en California, concibió la idea de una rueda con cucharas periféricas que aprovechara la energía cinética de un chorro de agua, proveniente de una tubería de presión, incidiendo tangencialmente sobre la misma.

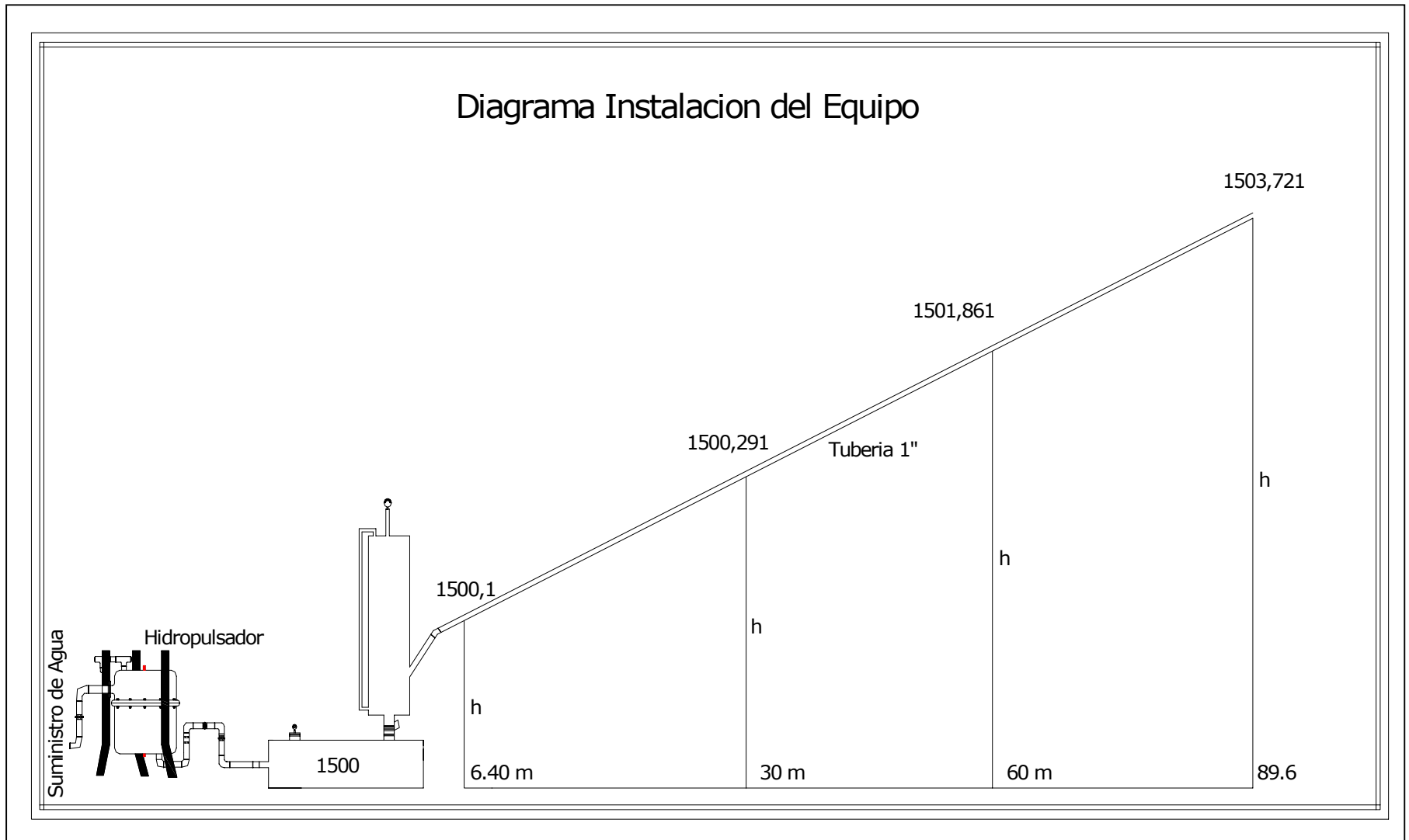
**La Turbina Kaplan**, (1876-1934). Es una turbina de hélice con álabes ajustables, de forma que la incidencia del agua en el borde de ataque del álabe pueda producirse en las condiciones de máxima acción, cualesquiera que sean los requisitos de caudal o de carga. Esta turbina debe su nombre al ingeniero Víctor Kaplan quien concibió la idea corregir el paso de los álabes automáticamente con las variaciones de la potencia.

### **2.7.1 El diseño de las turbinas**

Las turbinas pueden ser de varios tipos, según los tipos de centrales: Pelton (saltos grandes y caudales pequeños), Francis (salto más reducido y mayor caudal), Kaplan (salto muy pequeño y caudal muy grande) y de hélice. Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante

### **2.8 Definición de un Hidropulsador**

El Hidropulsador es considerado una maquina elevadora de agua, que opera con el mismo principio de una turbina que convierte en energía mecánica la energía de una corriente de agua. La parte básica de este aparato son los álabes que se encuentran en su interior de un cilindro soldados a un eje vertical, la cual al rotar eleva una fracción de agua a una altura (h).



**Figura 2.11 Diagrama de Instalación.**

### **2.8.1 ¿Dónde puede Instalarse y para que sirve un Hidropulsador?**

El Hidropulsador sirve para elevar el agua a una altura (h), en condiciones donde sería imposible instalar otro tipo de bomba. El líquido vital puede ser útil para el uso doméstico, beber, cocinar, lavar, etc. En poblaciones de difícil acceso; para explotaciones ganaderas, fruticultura, para la irrigación de pequeñas áreas y huertas.

### **2.8.2 Condiciones Generales para la Instalación del Hidropulsador.**

**Rojas E. (1991).** Proporciona información sobre las condiciones generales para la instalación de máquinas cuyo funcionamiento se basa en la fuerza producida por columna de agua, la forma general para aprovechar al máximo las ventajas del equipo de poco mantenimiento y fácil manejo es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

### **2.8.3 Caudal de agua disponible.**

Es la primera medición que se debe hacer. Saber si la cantidad del líquido existente es la apropiada para rotar este aparato, y calcular la cantidad de agua que se podrá elevar.

### **2.8.4 Caída vertical.**

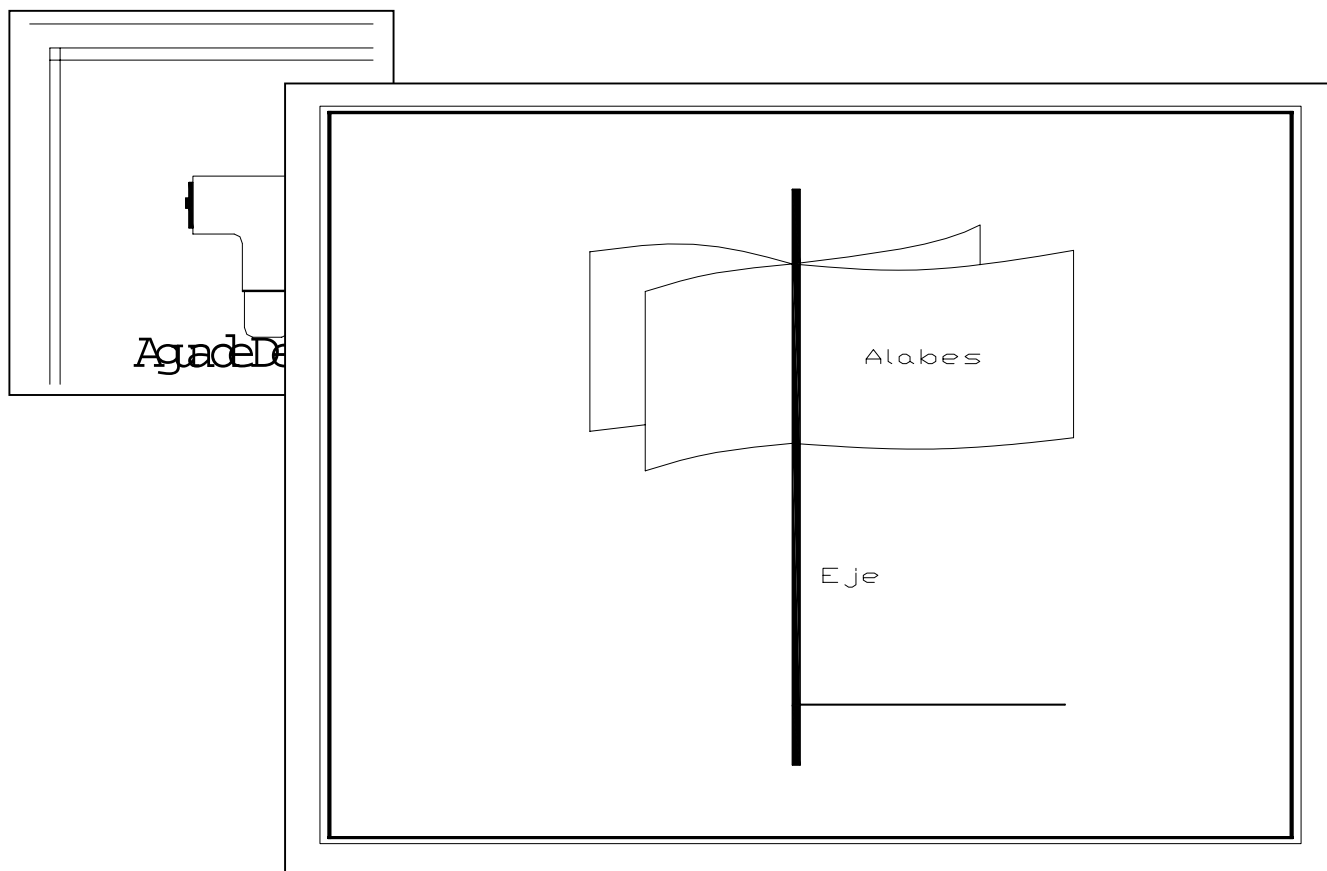
La diferencia de altura entre los niveles de la fuente de agua y el sitio de ubicación del dispositivo se conoce como caída vertical o carga de alimentación. El equipo eleva una mayor proporción de agua si la caída es mayor que la altura de descarga. Generalmente se debe procurar que la caída sea la mayor posible. Para lo cual en ocasiones será necesario modificar el cauce de la corriente.



### 2.8.5 Cantidad de agua a Elevar (h).

La cantidad de agua que el Hidropulsador puede elevar varia de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno donde se instale; conforme se incremente la caída se eleva mayor cantidad de agua.

**Figura 2.12 Partes de un Hidropulsador.**



**Figura 2.13 Vista interna del Hidropulsador.**

### **2.8.7 Ventajas en el uso del Hidropulsador.**

- ◆ El uso asegura costos muy bajos.
- ◆ Es muy simple y confiable, por lo tanto requiere de un mantenimiento mínimo.
- ◆ Construcción muy simple y fácil de instalarse.
- ◆ No consume gasolina, diesel, o electricidad.
- ◆ Como el bombeo es solo de una pequeña porción del flujo disponible tiene pocas consecuencias para el medio ambiente.

## **III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 Localización del área de trabajo**

El presente trabajo se realizó durante los meses de agosto a diciembre 2003 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" ubicada en Buenavista, Saltillo, Coah. México. La "UAAAN" se encuentra ubicada a siete kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, 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.

#### **3.1.1 Clima**

De acuerdo al sistema de Copel modificado por E. García (1964), el clima de la región comprendida para Buenavista, Saltillo, Coah., es representado por  $B_{so} K(x')$  (e); donde los términos significan:

Bso.- Es el más seco de los BS, con un coeficiente de P/T (22.9).

K.- Templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12 y 18°, la del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente de 18°C.

X'.- Régimen de lluvia intermedio entre verano e invierno.

La precipitación media anual es de 345 milímetros.

Los meses lluviosos en el año son de junio a septiembre, siendo el más lluvioso el mes de junio.

(e).- Extremoso oscilaciones entre 7 y 14.

### **3.1.2 Sitio de Instalación**

Se selecciono un lugar adecuado, para que no se desperdiciara el agua a través de las dos descargas y con suficiente, para tener carga de alimentación, y a la vez, que estuviese cercano a una fuente permanente de agua. El lugar seleccionado fue el jardín hidráulico en el cual se extrae agua de la pila de almacenamiento, de la que se toma agua para los diferentes experimentos y trabajos de investigación dentro de la universidad.

Todas los experimentos se realizaron en el área del jardín hidráulico en el cual se cuenta con tubería instalada, fuente de agua y solo se realizaban ciclos de movimiento del liquido que regresaba a la fuente. Esta agua se eleva al deposito alimentador del sistema de bombeo que se encuentra en dicho jardín.

### **3.2 Material utilizado.**

1 pila de aproximadamente 13.689 m<sup>3</sup> la cual sirvió como suministro.

Tuberías de suministro del diámetro 12, 10 y 4 pulgadas con sus diferentes parte de ensamble ( bridas, Válvula de paso tipo compuerta, bomba para llevar el agua). Para simular el flujo que se necesita para operar el aparato.

En la parte de entrada se necesitan los siguientes accesorio.

1 Tee de 4 pulgadas.

4 niples de 4 pulgadas.

2 codos de 90° en 4 pulgadas.

La descarga ocupan los siguientes partes.

2 niples de 3 pulgadas.  
1 codo de 90° de 3 pulgadas.  
1 reducción bushing de 4 a 3 pulgadas.  
1 reducción bushing de 4 a 2 pulgadas.  
2 niples de 4 pulgadas.  
1 codo de 90° de 4 pulgadas.  
1 válvula check de 4 pulgadas.  
1 cople de 4 pulgadas  
2 codos de 90° en 2 pulgadas  
2 niples de 2 pulgadas.  
2 tuercas unió de 2 pulgadas.  
1 cámara de presión

En la conducción los accesorios son los siguientes.

1 reducción campana de 2 a 1 pulgada.  
7 coples de 1 pulgada.  
14 tubos de 1 pulgada.

### **3.3 Metodología**

Con la finalidad de obtener sus principales características el experimento se llevo a cabo en el jardín hidráulico, buscando simular un cause con el equipo de bombeo.

#### **3.3.1 Experimento Evaluado**

El estudio consiste en determinar las revoluciones por minuto, gasto de entrega, altura máxima de entrega, longitud máxima. Variando la abertura de la válvula 5 veces para cada altura. El diámetro de conducción para todas las pruebas fue el mismo.

Con el equipo topográfico Nivel, estatal, cinta métrica, se determinaron las cotas de los cuatro puntos a evaluar y sus respectivas longitudes con relación al Hidropulsador los tratamientos quedaron de la siguiente manera.

**Cuadro 3.1 Tratamientos a evaluar**

Prueba	Longitud m	Altura de entrega. (m)
1	89.6	3.721
		4.071
		4.691
		4.921
2	60	1.869
		2.839
		3.669
		5.069
3	30	0.29
		1.43
		3.36
		5.22
4	6.40	0.10
		3.07
		4.38
		5.5

**3.3.2 Variables Evaluadas.**

Revoluciones por minuto.

Gasto de entrega.

Máxima altura de entrega.

Longitud máxima de descarga.

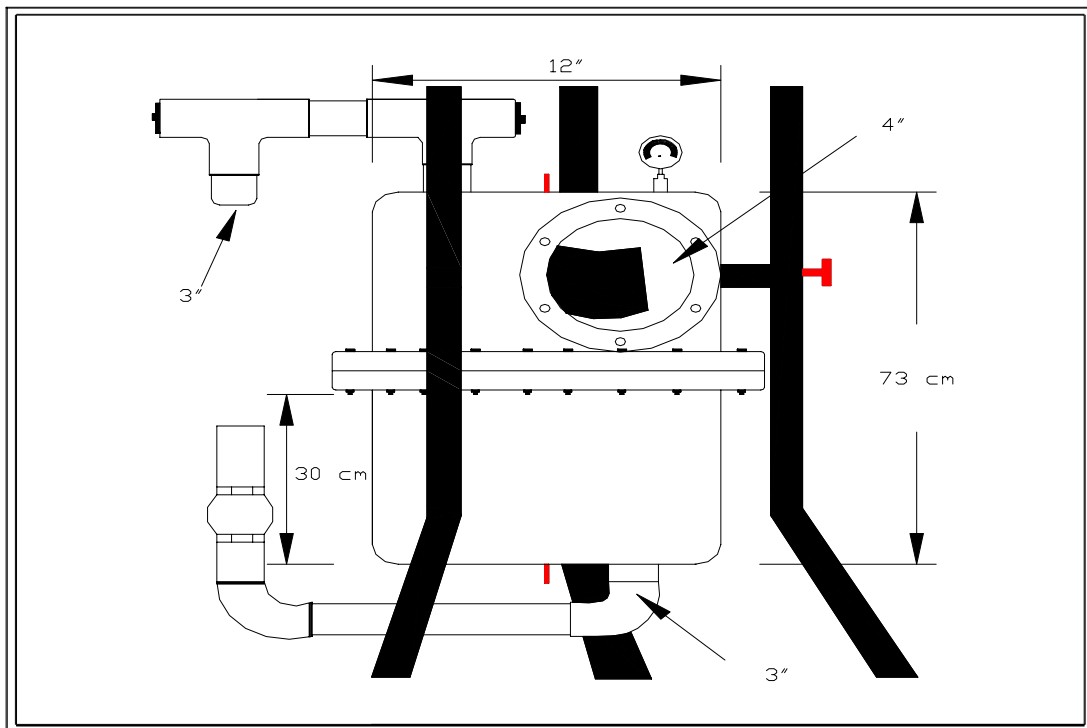
Estas variables en conjunto proporcionaran las curvas características del equipo evaluado.

**3.4 Descripción del aparato a evaluar.**

El aparato es muy simple esta construido con un tubo de 12 pulgadas de diámetro y una altura de 73 cm, el cual en su interior tiene unos alabes los cuales están soldados a un eje vertical, al momento de rotar este inyecta energía mecánica a la energía de una corriente de agua.

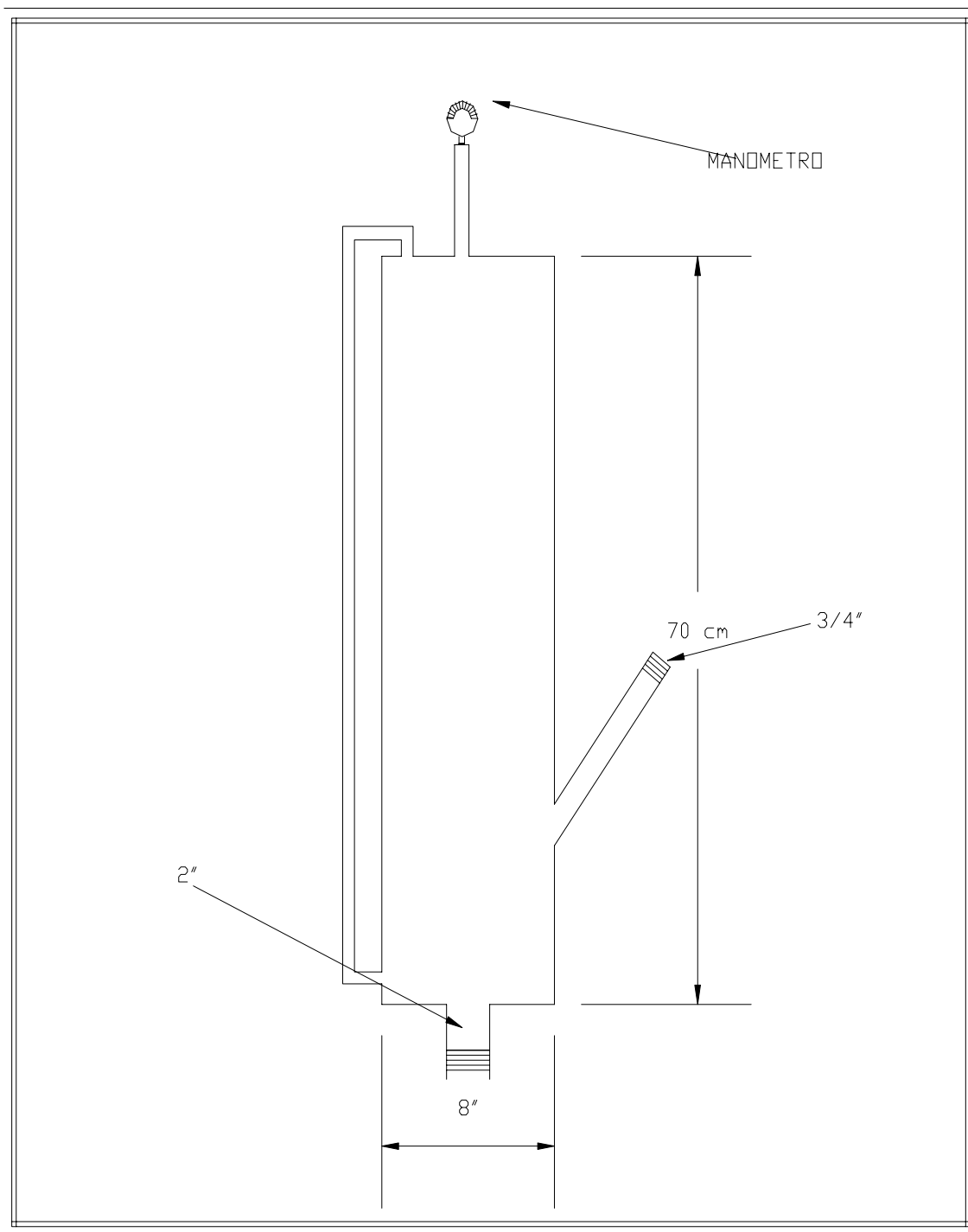
Cuenta con dos descargas superior e inferior con un diámetro de 3 pulgadas, la que se encuentra en la parte inferior es la que se aprovecha.

La entrada del flujo es de un diámetro de 4 pulgadas



**Figura 2.14 Acotamiento del Hidropulsador.**

Cámara de presión es un complemento del hidropulsador el gasto descargado viene al interior de este equipo el cual lo expulsa, el agua de una manera continua y uniforme.



**Figura 2.15 Cámara de presión.**

### **3.4 Equipo para el desarrollo del trabajo.**

Las pruebas se llevaron en las instalaciones del jardín hidráulico y el materia de apoyo fue el siguiente.

#### **3.4.1 Material eléctrico.**

Un motor que se utilizó para suministrar energía a la bomba, el motor cuenta con las siguientes características: Marca MOR US, 30 HP, Volts 230/460, RPM 1755, T° ambiente MAX. 40° C.

#### **3.4.2 Bomba.**

La bomba que se utilizó para alimentar el sistema cuenta con las siguientes características: Marca Berkley, modelo B4JPBH, serie G110790, RPM 1755. Dicha bomba es centrífuga de tipo voluta.

#### **3.4.2 Aforador.**

Para conocer el gasto descargado se utilizó una probeta graduada de un 1 litro ya que el gasto es muy pequeño en la primera prueba.

#### **3.4.3 Contenedor de agua.**

Se utilizó una pileta para almacenar agua y suministrarlo al sistema el volumen aproximado es de 13.689 metros cúbicos.

#### **3.4.4 Tubería.**

Se utilizó tubería galvanizada para el suministro con un diámetro de 4", 10", 12" en la descarga se utilizó tubería del mismo material pero con diámetros de 3", 4", 1".

#### **3.4.5 Equipo Topográfico.**

Se utilizó el nivel láser del Modelo: L600, S/N, 089270. Para tomar las cotas de los puntos a evaluar y las distancias a cada 30 m.

#### **3.4.6 Tacómetro.**

El tacómetro de bolsillo marca VEEDER-ROOT fue utilizada para contar las revoluciones por minuto del eje que gira, al cual están atados los álabes.



**3.4.7 Accesorios.**

Se utilizaron accesorios para el armado de la instalación los cuales son los siguientes: codos de 90, tuercas unión, coples, ampliación y reducción campana y bushing, válvulas de compuerta y globo.

**3.4.8 Llave stilson.**

Se utilizaron para realizar la instalación del sistema, aflojar y apretar tuercas unión, codos, tees, coples, reducciones etc.

**3.4.9 Herramientas.**

Se utilizaron herramientas en general, como seguetas, desarmadores, perica.

**IV. RESULTADOS**

Es importante mencionar que los parámetros medidos en el campo durante el funcionamiento de la maquina elevadora de agua (Hidropulsador) son los siguientes.

RPM = Revoluciones por minuto.

Qe = Gasto de entrega (l/m).

L = Longitud (m).

H = altura de entrega (m).

Av = Abertura de la válvula.

Qe = Gasto de entrega (l/d).

**Cuadro 4.1. Prueba número 1.**

L (m)	h (m)	Av.	RPM	Qe l/m	qe l/d
89.6	3.721	1/5	141	14,01	20174,4
		2/5	134,60	12,12	17452,8
		3/5	129,6	10,68	15379,2
		4/5	116	9,31	13406,4
		1	105,8	8,61	12398,4
89.6	4.071	1/5	133,21	9,696	13962,24
		2/5	126,00	8,592	12372,48
		3/5	123,6	7,56	10886,4
		4/5	120	7,416	10679,04
		1	117,6	7,152	10298,88
89.6	4.691	1/5	135,6	7,104	10229,76
		2/5	129,60	5,712	8225,28
		3/5	127,2	5,088	7326,72
		4/5	121,2	4,78	6883,2
		1	117,6	4,322	6223,68
89.6	4.921	1/5	136,8	3,1	4464
		2/5	135,60	2,65	3816
		3/5	128,6	2,046	2946,24
		4/5	117,6	1,5	2160
		1	106,8	1,06	1987,2

\* l/m Litros por minuto.

\* l/d Litros por día.

**Cuadro 4.2. Prueba número 2.**

L (m)	h (m)	Av.	RPM	Qe l/m	Qe l/d
60	1.869	1/5	132,6	25,38	36547,2
		2/5	126,60	24,18	34819,2
		3/5	123,5	22,26	32054,4
		4/5	117,7	21,96	31622,4
		1	112,8	21,18	30499,2
60	2.839	1/5	138	17,85	25704
		2/5	135,6	17,40	25056
		3/5	132	17	24480
		4/5	129,8	16,48	23731,2
		1	123,6	16,32	23500,8
60	3.669	1/5	138	14,88	21427,2
		2/5	134,40	14,16	20390,4
		3/5	133,2	13,92	20044,8
		4/5	130,8	12,68	18259,2
		1	123,6	12,04	17337,6
60	5.069	1/5	139,2	7,68	11059,2
		2/5	136,40	4,89	7041,6
		3/5	133,2	3,408	4907,52
		4/5	129,6	1,412	1745,28
		1	127,2	1,38	1529,28

Cuadro 4.3. Prueba número 3.

L (m)	h (m)	Av.	RPM	Qe l/m	Qe l/d
30	0.29	1/5	141,2	55,56	80006,4
		2/5	139,20	49,9	71856
		3/5	136,2	45,8	65952
		4/5	134,4	41,5	59760
		1	127,2	37	53280
30	1.43	1/5	140,9	47,64	68601,6
		2/5	136,50	44,76	64454,4
		3/5	134,4	39,72	57196,8
		4/5	132	36,96	53222,4
		1	126,4	32,4	46656
30	3.36	1/5	139,8	42,9	61776
		2/5	136,80	41,5	59760
		3/5	132	39,48	56851,2
		4/5	127,8	36,87	53092,8
		1	124,8	34,44	49593,6
30	5.22	1/5	141,6	9,72	13996,8
		2/5	136,80	8,4	12096
		3/5	132	7,64	11001,6
		4/5	129,6	6,6	9504
		1	127,2	4,2	6048

Cuadro 4.4. Prueba número 4.

<b>L (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>Av.</b>	<b>RPM</b>	<b>Qe l/m</b>	<b>Qe l/d</b>
6.40	0.10	<b>1/5</b>	141	61,44	88473,6
		<b>2/5</b>	139,10	57,6	82944
		<b>3/5</b>	138,2	53,88	77587,2
		<b>4/5</b>	134,4	50,87	73252,8
		<b>1</b>	128,9	44,16	63590,4
6.40	3.07	<b>1/5</b>	140,1	27,72	39916,8
		<b>2/5</b>	136,80	26,4	38016
		<b>3/5</b>	133,8	24,67	35524,8
		<b>4/5</b>	129,8	22,35	32184
		<b>1</b>	126,86	16,35	23544
6.40	4.38	<b>1/5</b>	141,1	18,3	26352
		<b>2/5</b>	136,80	17,62	25372,8
		<b>3/5</b>	133,7	17,1	24624
		<b>4/5</b>	126,4	13	18720
		<b>1</b>	120	11,17	16084,8
6.40	5.7	<b>1/5</b>	140,8	6,5	9360
		<b>2/5</b>	136,10	6,09	8769,6
		<b>3/5</b>	134,4	5,5	7920
		<b>4/5</b>	128,24	4,9	7056
		<b>1</b>	126	4,074	5866,56

## V. DISCUSIÓN.

Se tabularon los resultados obtenidos durante las pruebas, mismas que definen el funcionamiento del Hidropulsador. Con estos resultados se obtuvieron las curvas características correspondientes a las 4 posiciones que fueron evaluadas, con el mismo diámetro de tubería.

Las curvas características principales en el funcionamiento del hidropulsador esta determinado por el gasto de entrega ( $Q_e$ ) y las revoluciones por minuto (RPM), estos parámetros presentan una grafica del tipo lineal. Para cada prueba se hizo una regresión teniendo un total de 16 graficas las cuales se presentan a continuación.

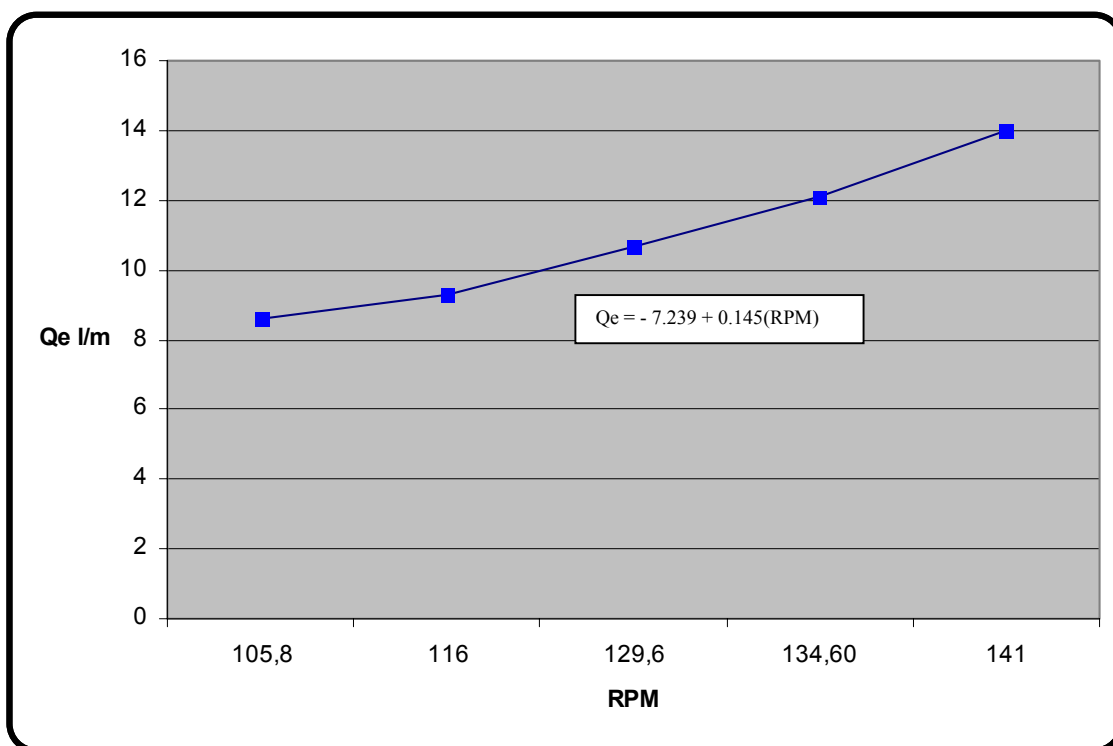


Figura N° 5.1. El gasto ( $Q_e$ ) en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 89.6$  m,  $h = 3.721$  m.  $r^2 = 0.95$ .

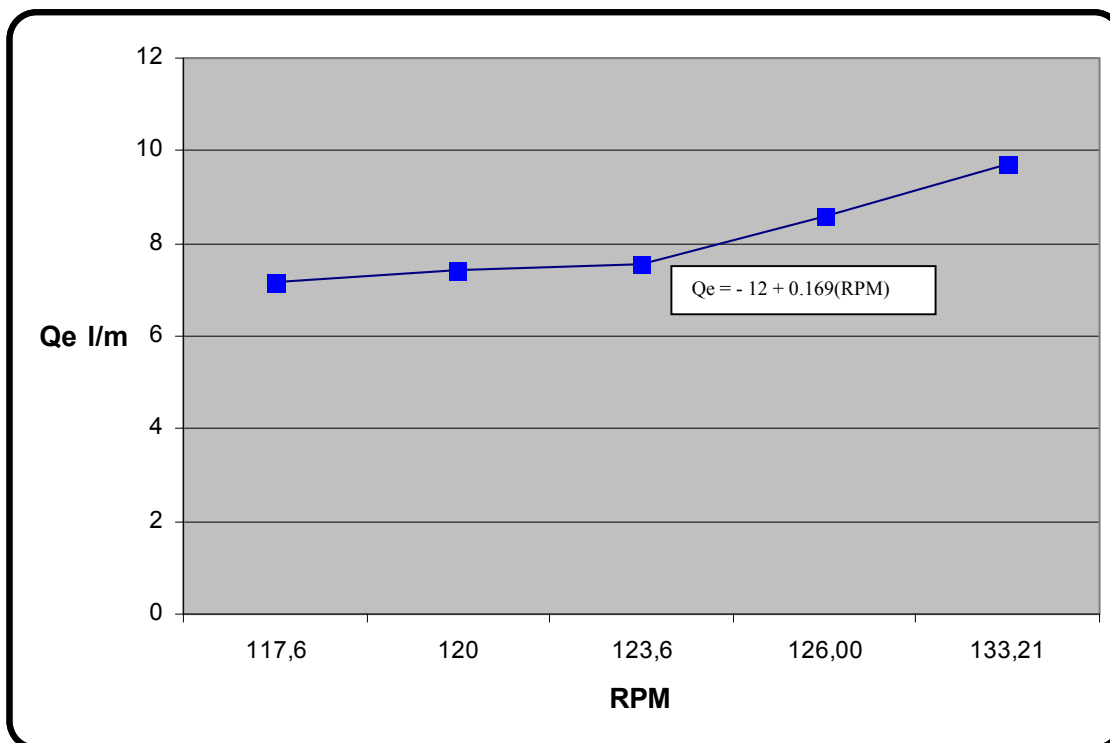


Figura N° 5.2. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 89.6$  m,  $h = 4.071$  m.  $r^2 = 0.97$ .

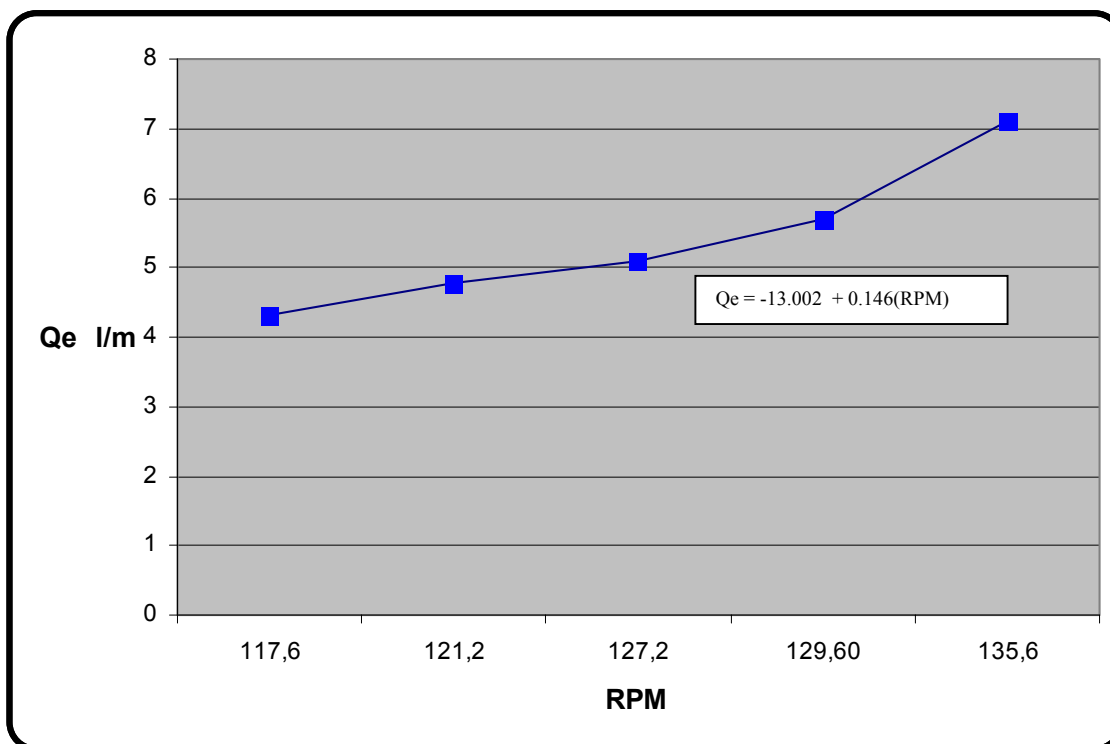


Figura N° 5.3. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 89.6$  m,  $h = 4.691$  m.  $r^2 = 0.95$ .

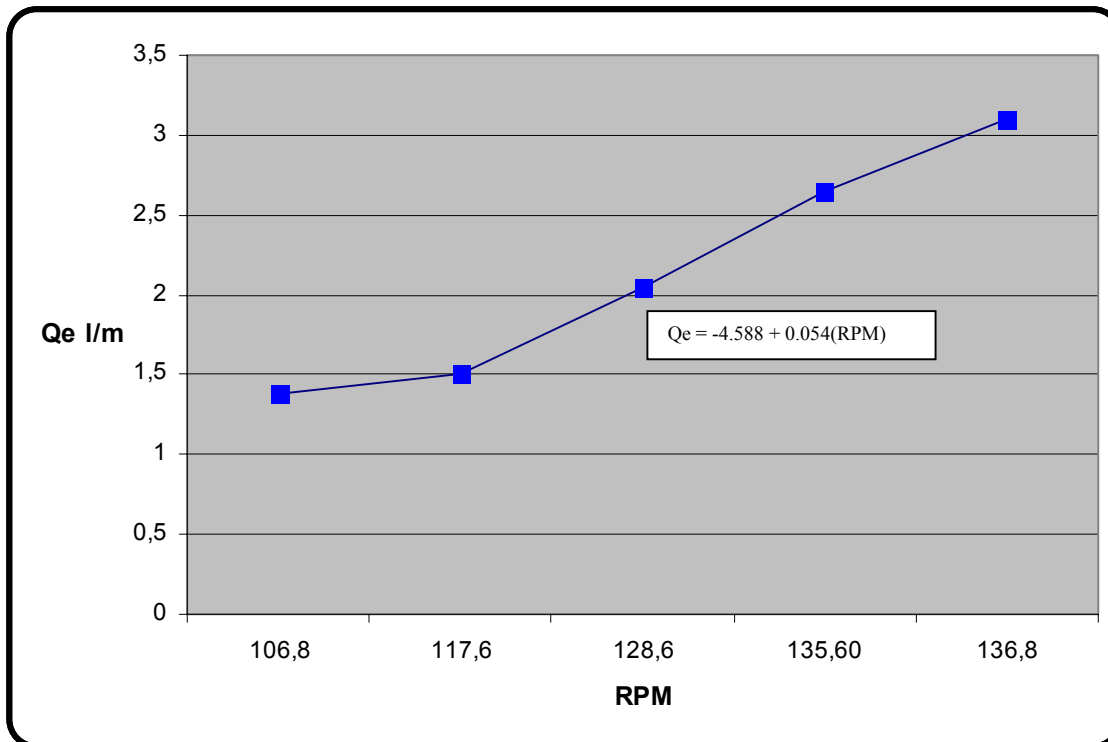


Figura N° 5.4. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 89.6$  m,  $h = 4.921$  m.  $r^2 = 0.93$ .

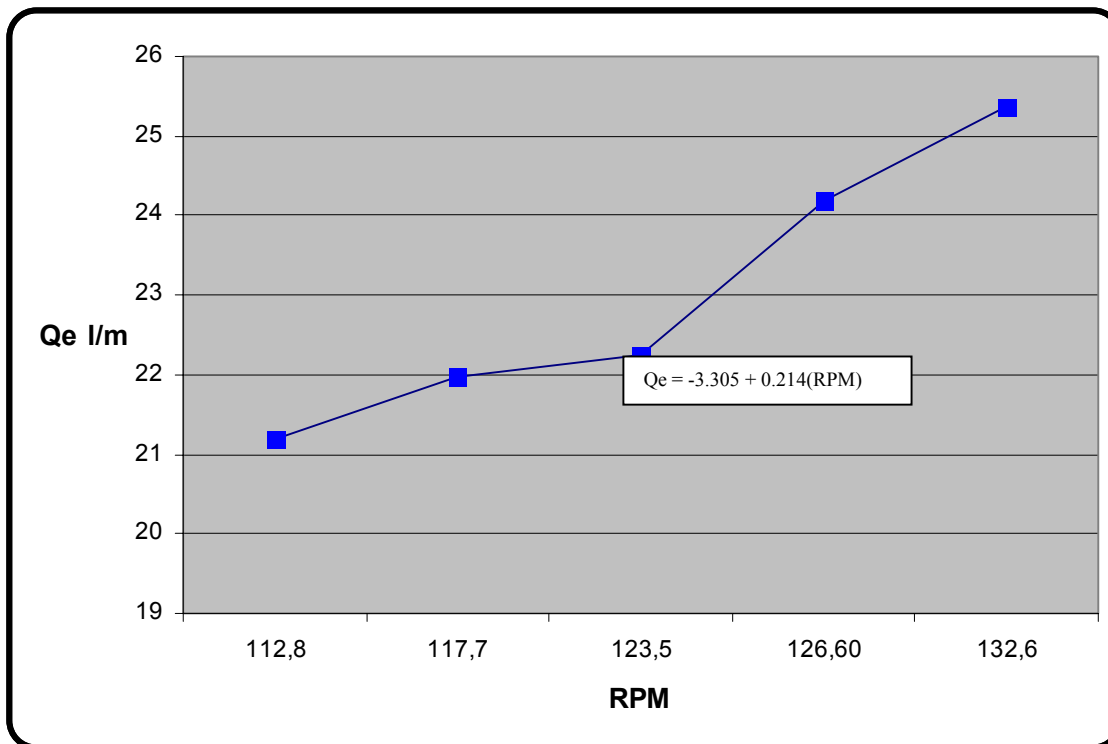


Figura N° 5.5. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 60$  m,  $h = 1.869$  m.  $r^2 = 0.95$ .

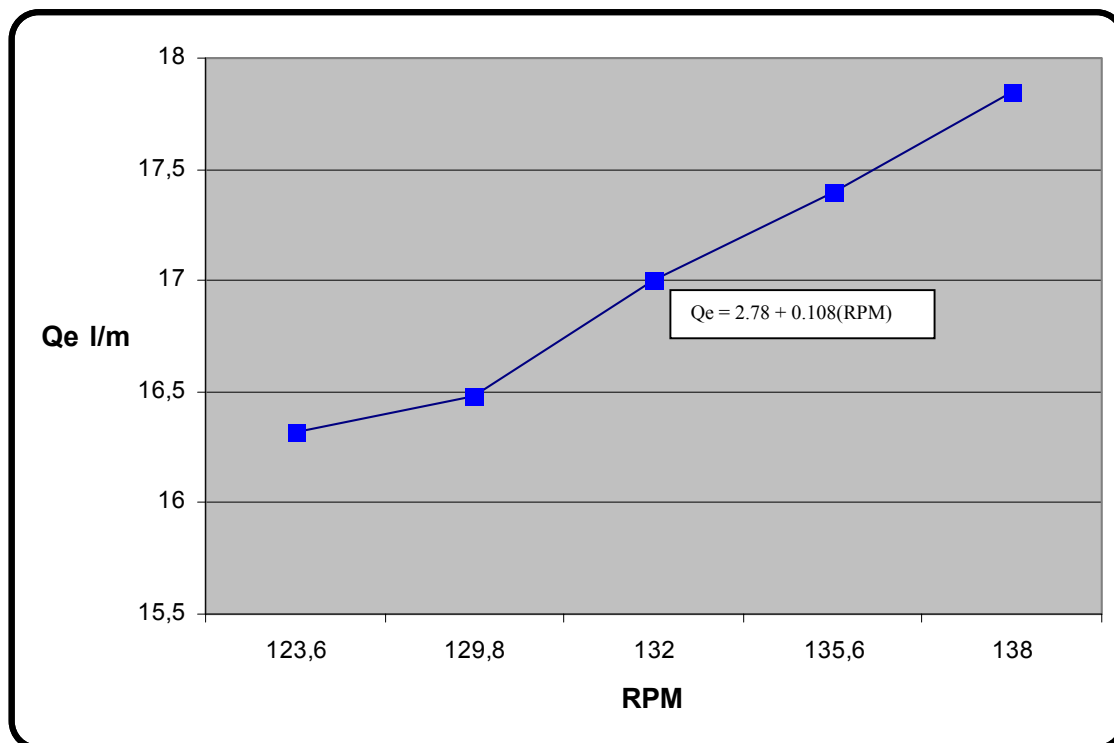


Figura N° 5.6. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 60$  m,  $h = 2.839$  m.  $r^2 = 0.95$ .

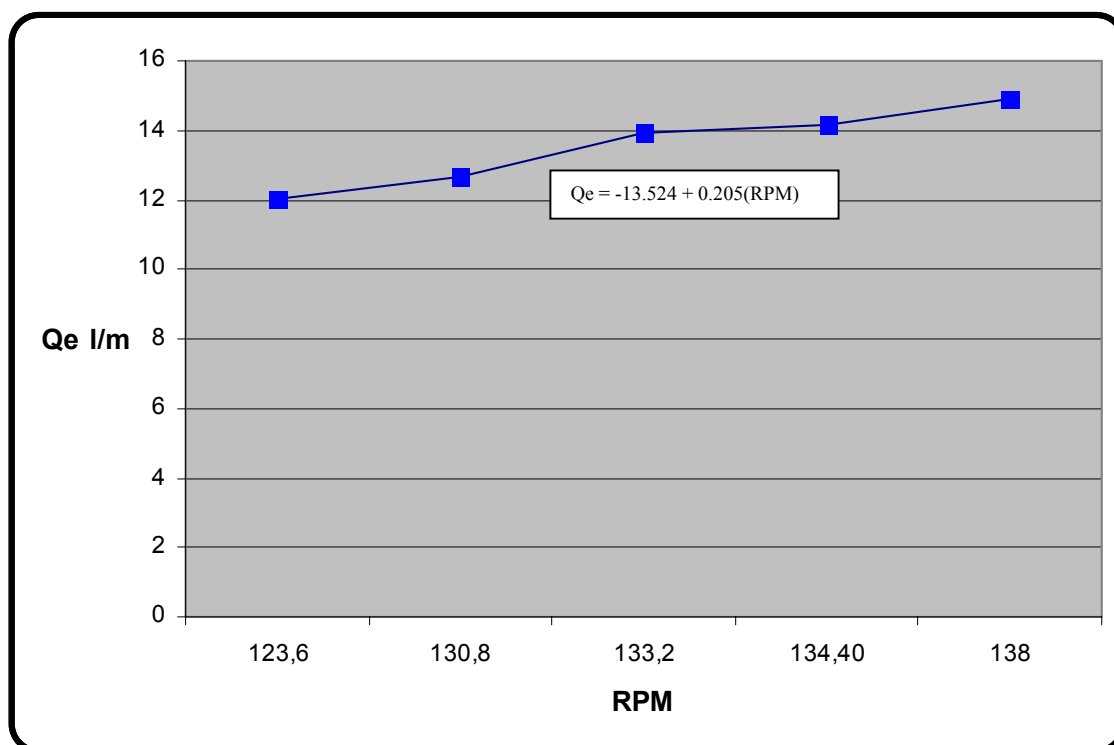


Figura N° 5.7. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 60$  m,  $h = 3.669$  m.  $r^2 = 0.95$ .



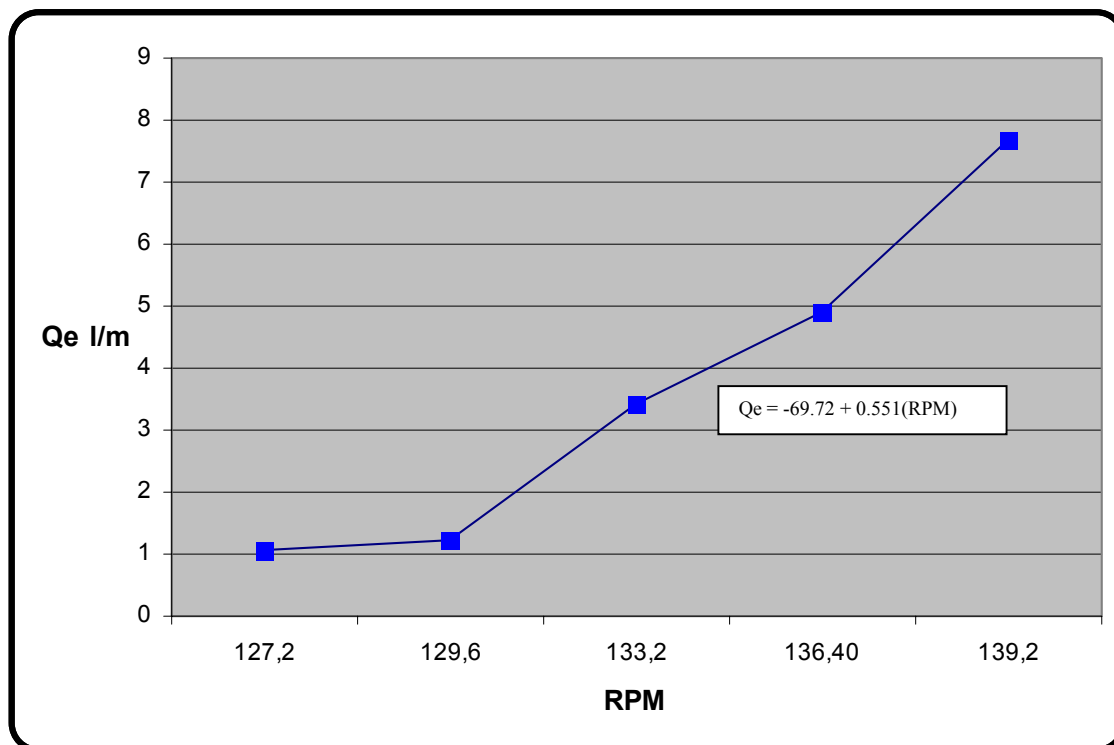


Figura N° 5.8. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 60$  m,  $h = 5.069$  m.  $r^2 = 0.97$ .

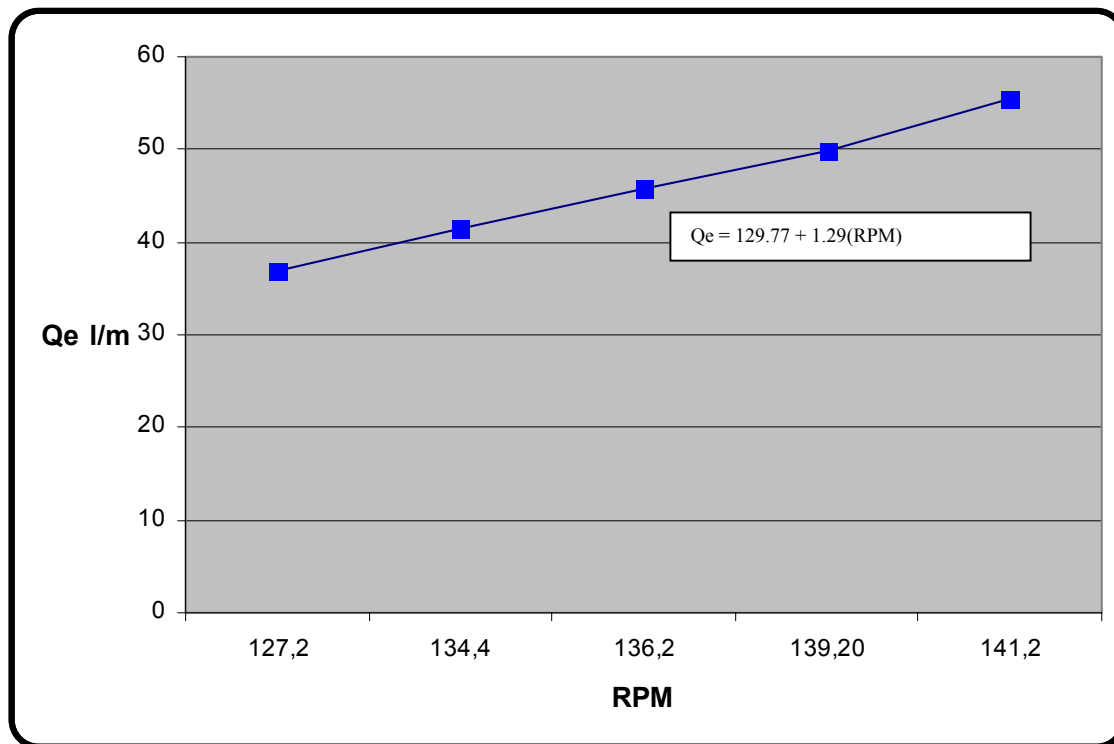


Figura N° 5.9. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 30$  m,  $h = 0.29$  m.  $r^2 = 0.92$ .

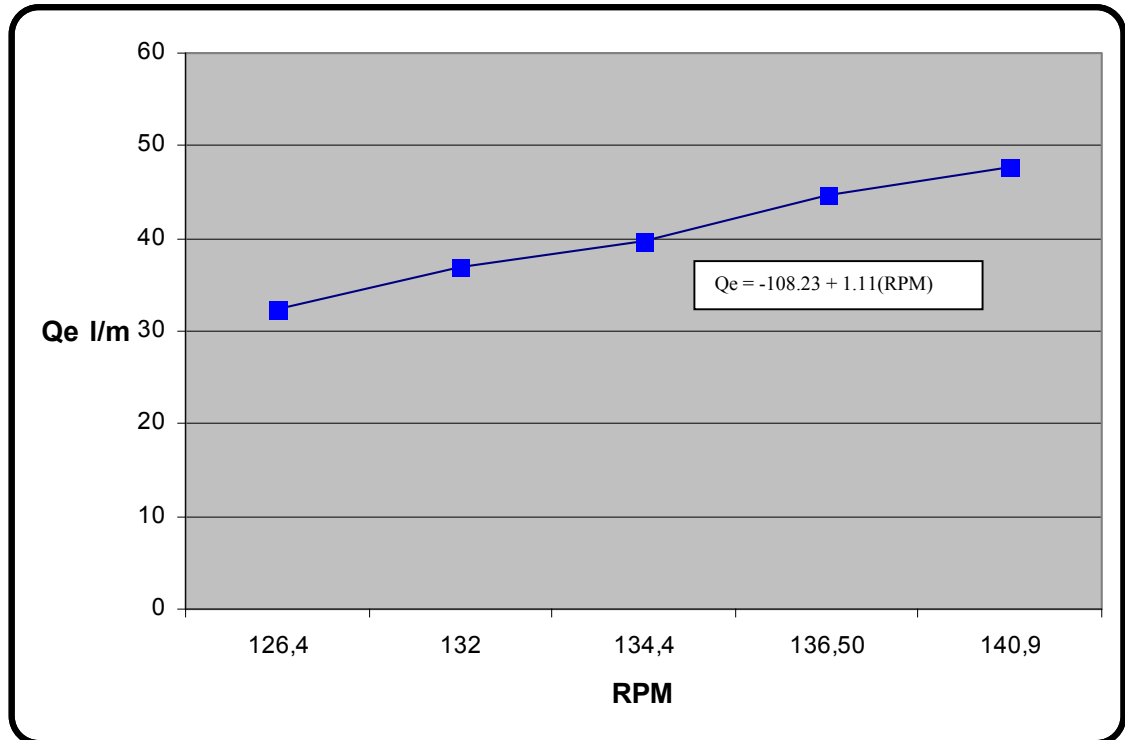


Figura N° 5.10. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 30$  m,  $h = 1.43$  m.  $r^2 = 0.98$ .

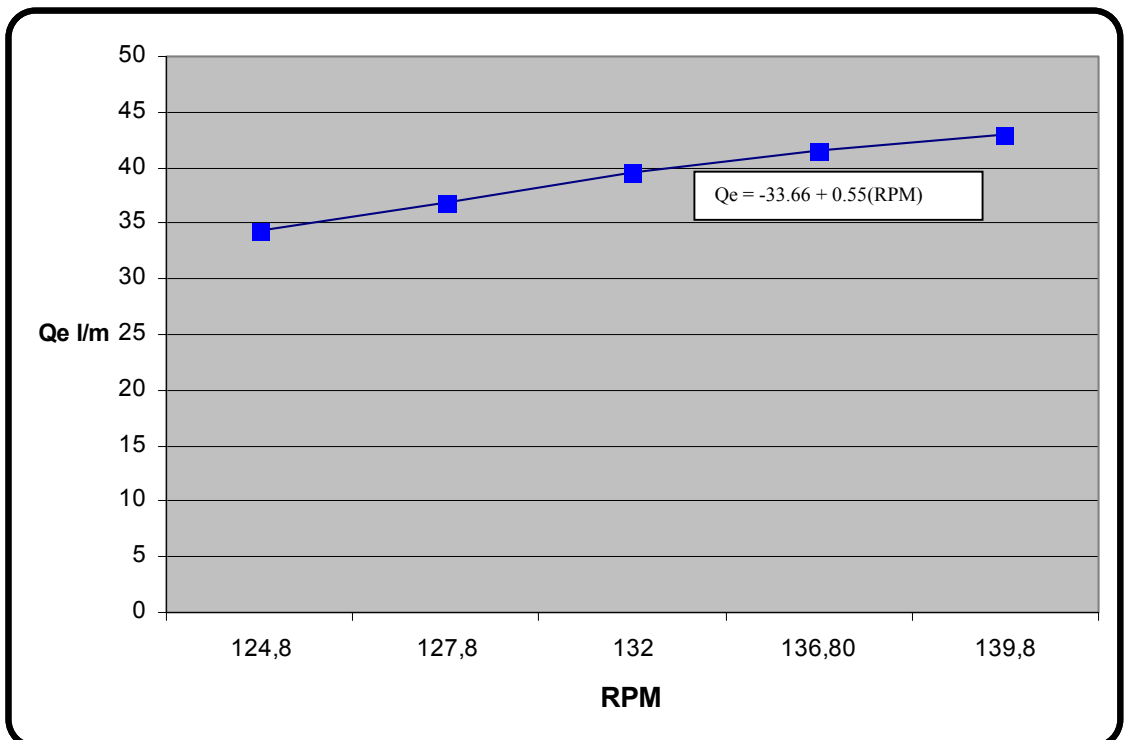


Figura N° 5.11. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 30$  m,  $h = 3.36$  m.  $r^2 = 0.99$ .

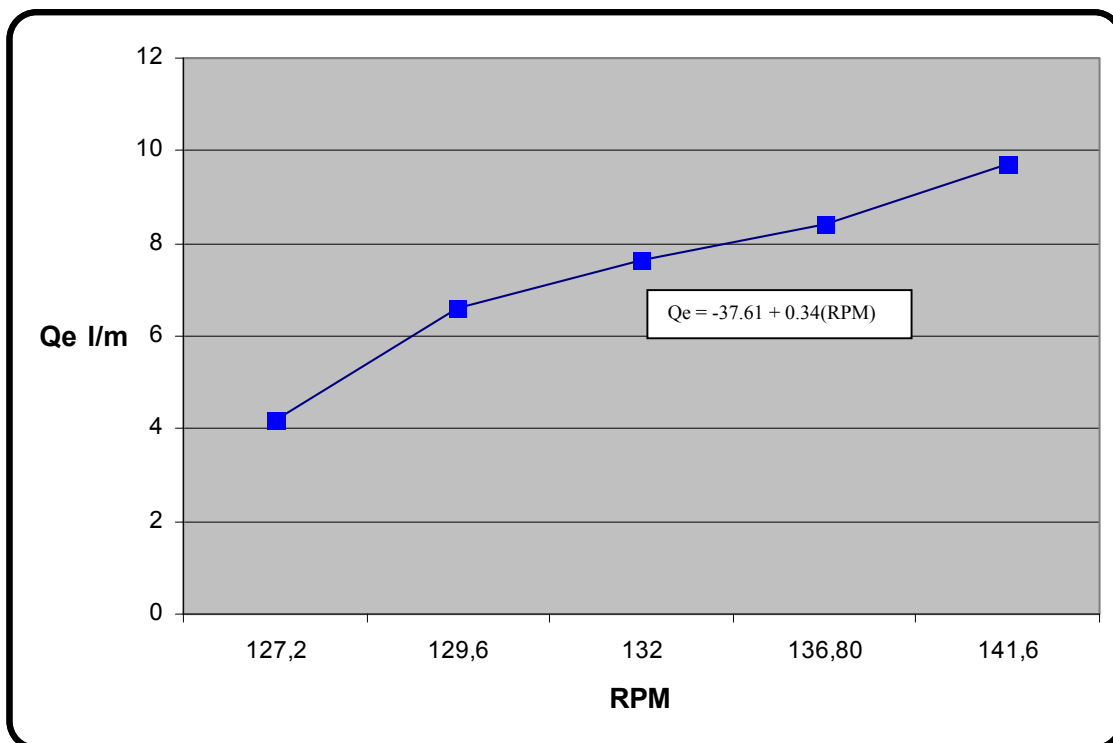


Figura N° 5.12. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 30$  m,  $h = 5.22$  m.  $r^2 = 0.93$ .

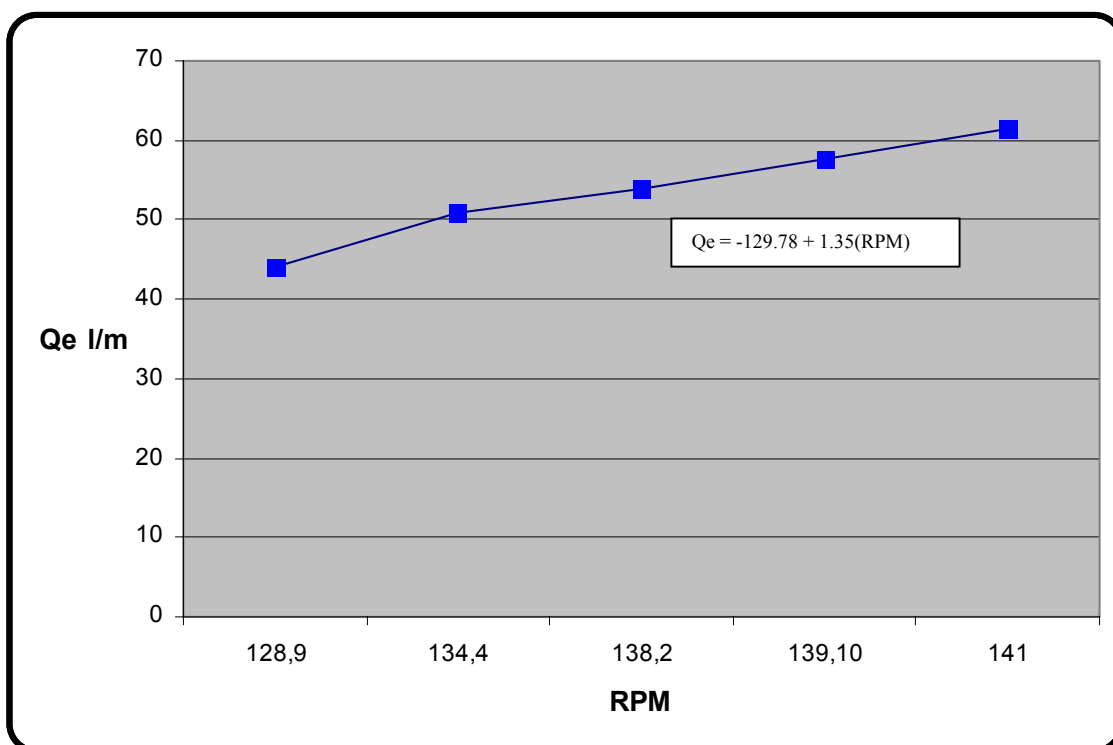


Figura N° 5.13. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 6.40$  m,  $h = 0.10$  m.  $r^2 = 0.97$ .

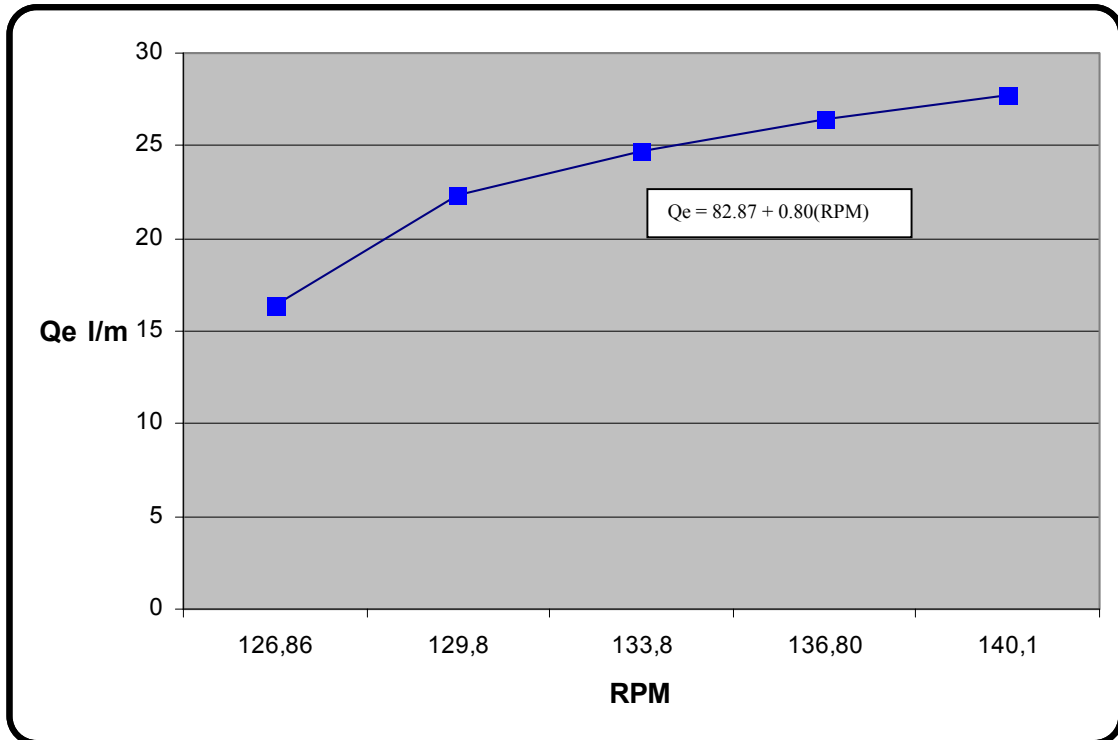


Figura N° 5.14. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 6.40$  m,  $h = 3.07$  m.  $r^2 = 0.94$ .

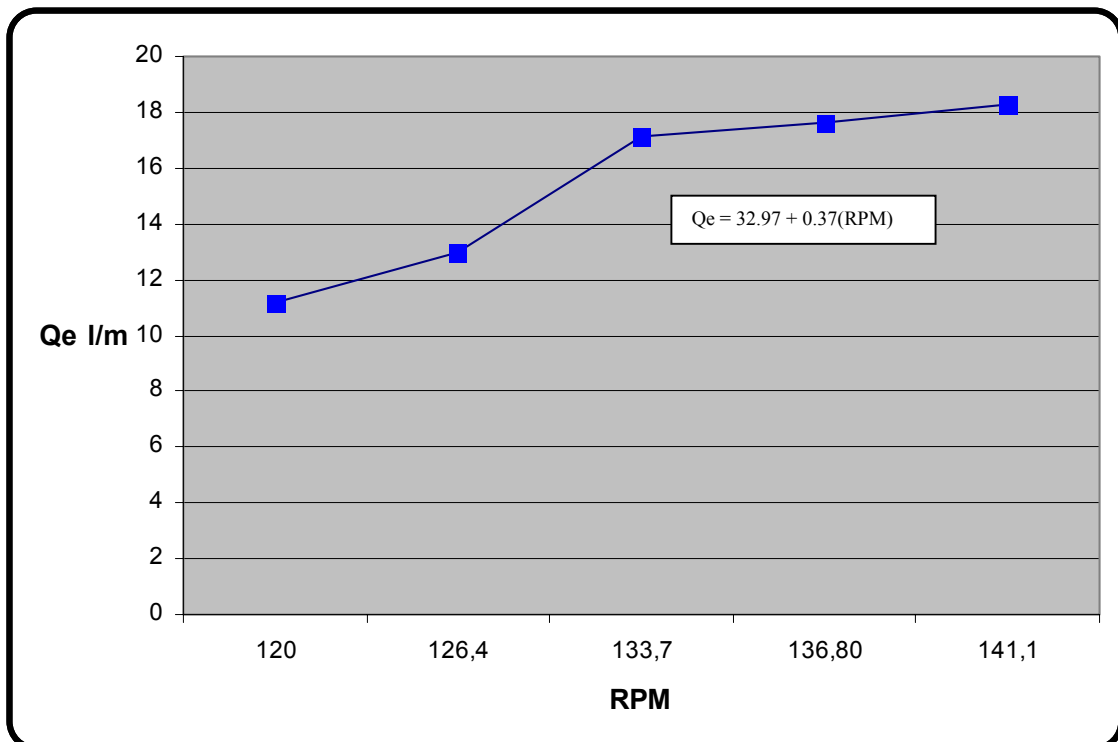


Figura N° 5.15. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 6.40$  m,  $h = 4.38$  m.  $r^2 = 0.98$ .

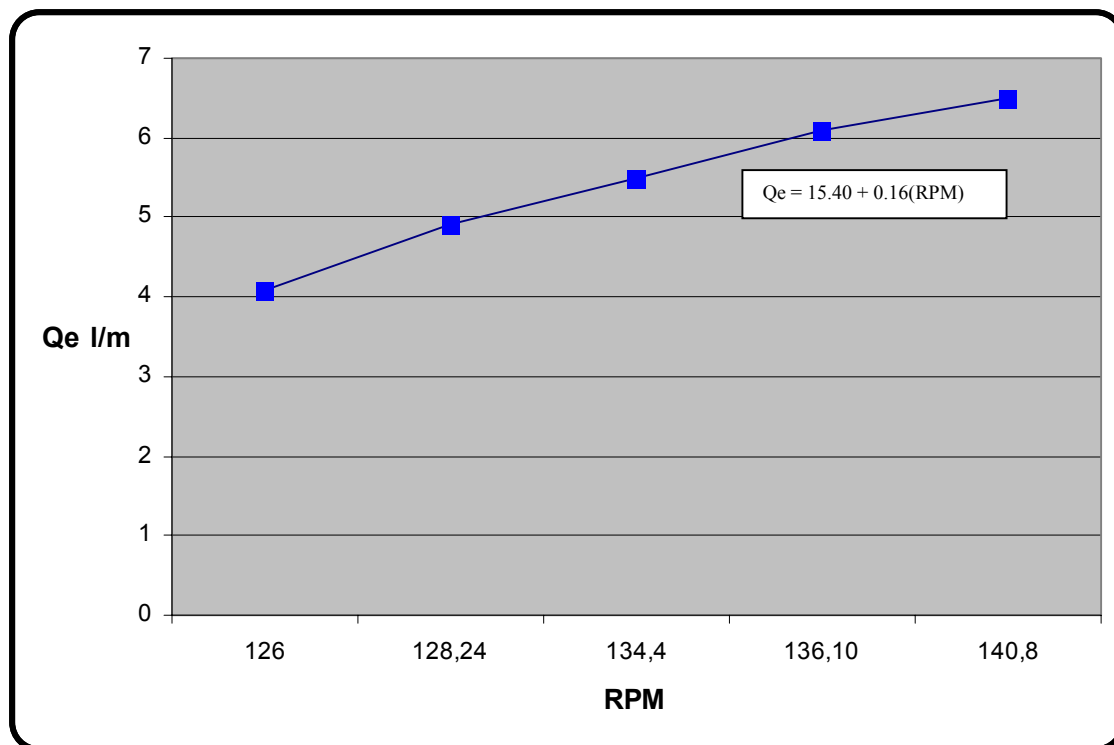


Figura N° 5.16. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L = 6.40$  m,  $h = 5.7$  m.  $r^2 = 0.97$ .

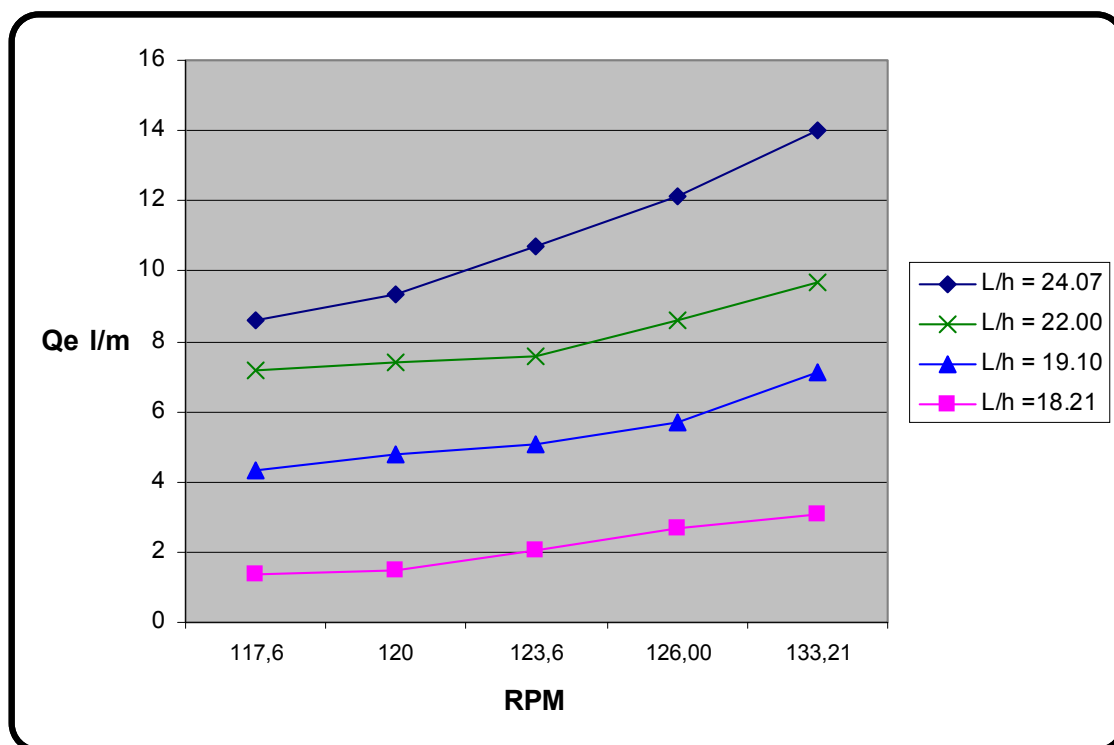


Figura N° 5.17. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L/h = 24.07, 22.00, 19.10, 18.21$ .

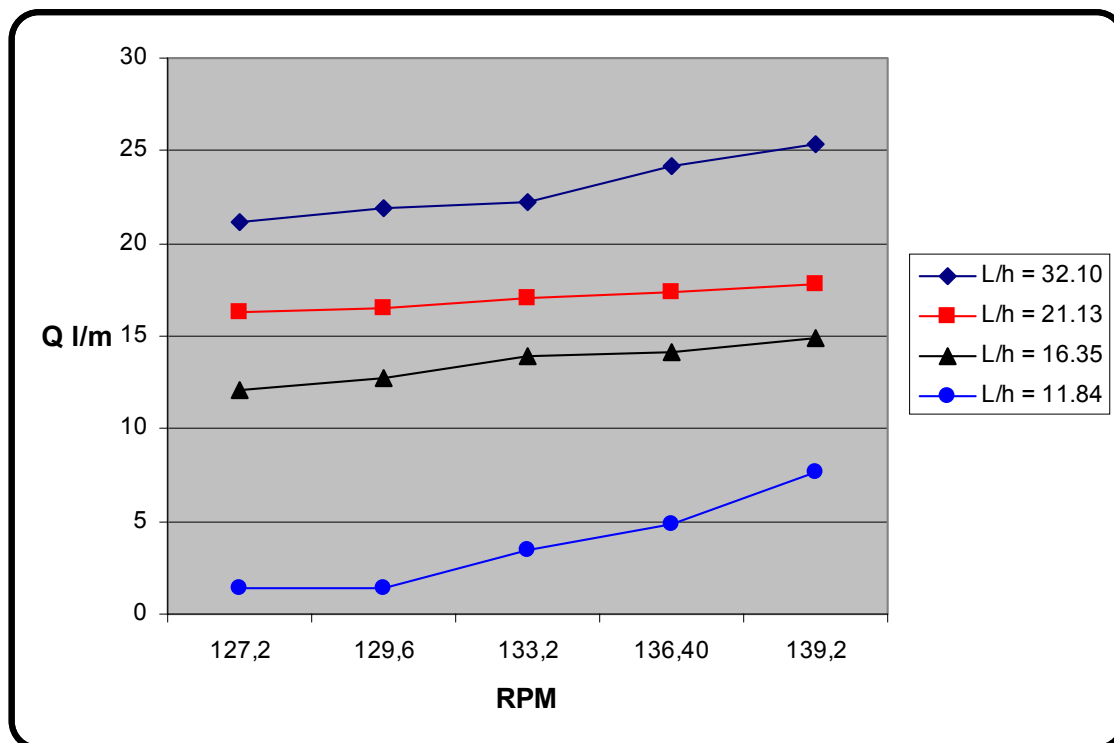


Figura N° 5.18. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L/h = 32.10, 21.13, 16.35, 11.84$ .

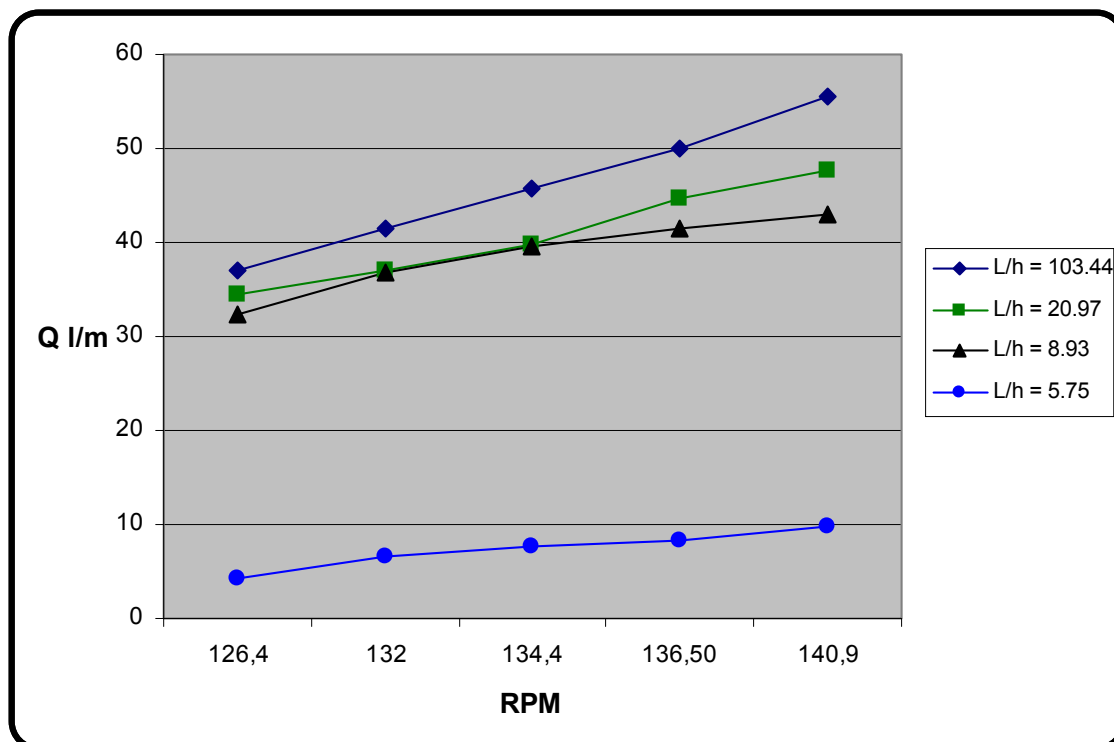


Figura N° 5.19. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L/h = 103.44, 20.97, 8.93, 5.75$ .

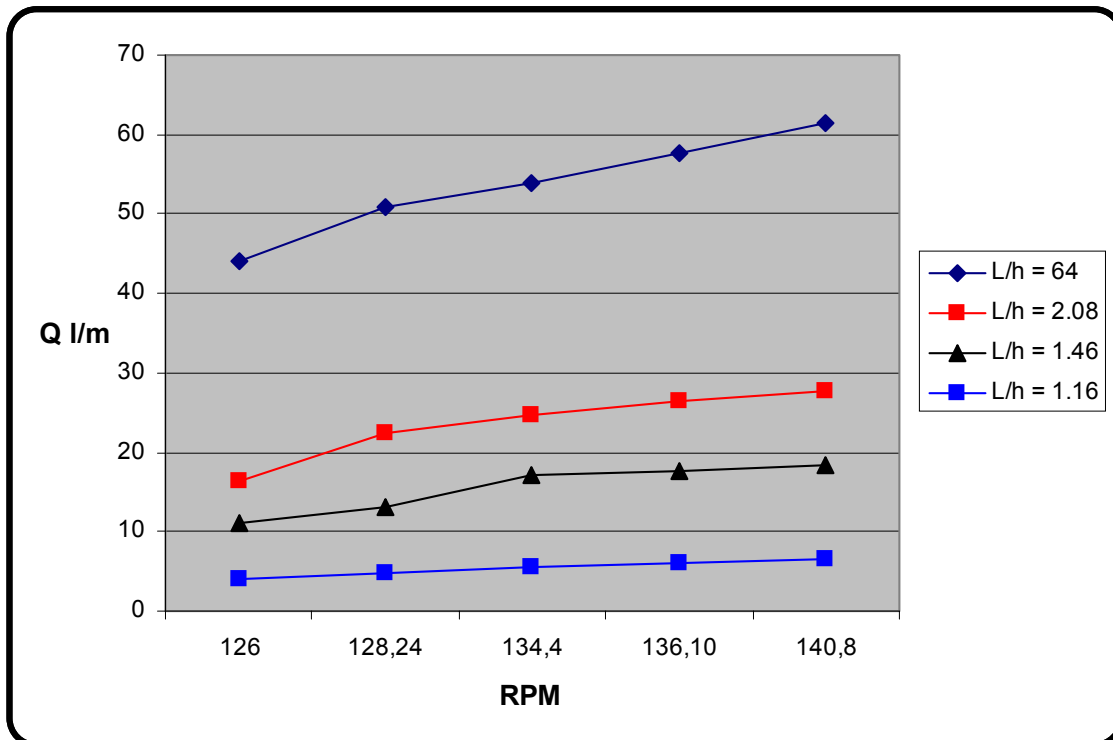


Figura N° 5.20. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $L/h = 64, 2.08, 1.46, 1.16$ .

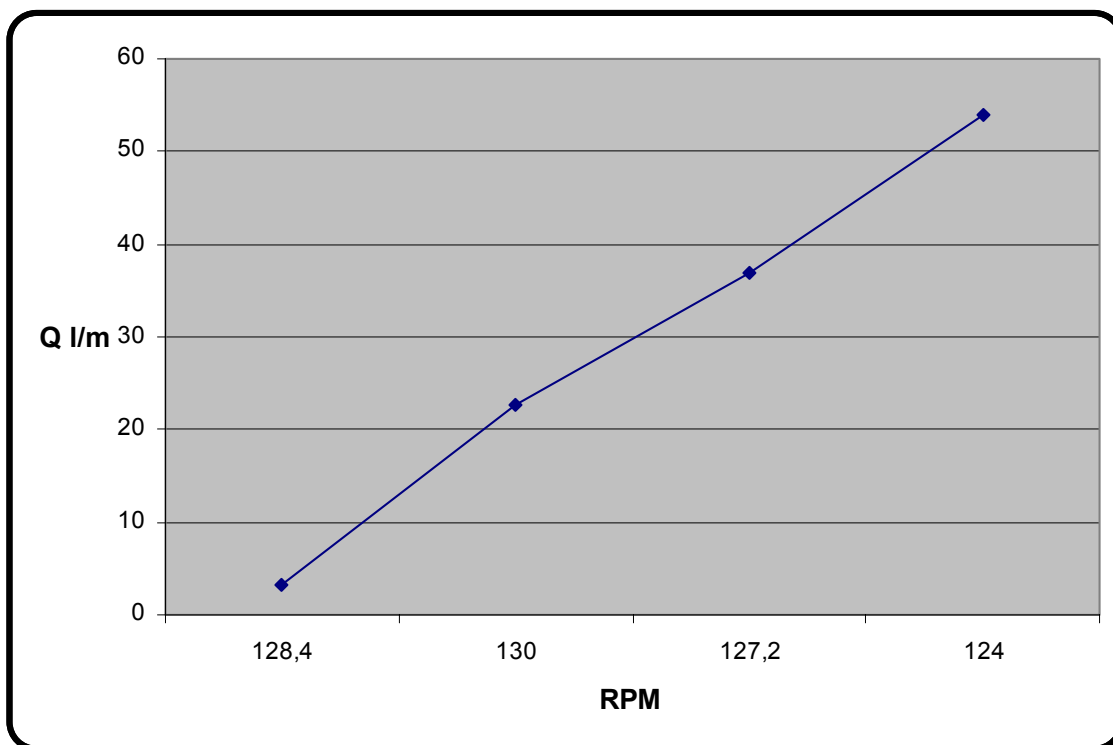


Figura N° 5.21. El gasto en función del número de revoluciones por minuto; cuando  $H = 9.495$ .

La grafica 5.21 muestra el gasto de ( $Q_e$ ) en función de las revoluciones por minuto cuando la carga sobre el hidropulsador es mínima en las cuatro posiciones, considerando la pila llena, que proporciona una  $H = 9.495$ .

En la pruebas 2,3,4, son los que presentan el mayor gasto de entrega, con una menor carga de entrega. en la primer prueba.

Los menores gastos de entrega se presentan siempre con las mayores cargas de entrega.

En estas curvas se presenta el comportamiento que se obtuvo en cada una de las pruebas practicadas al Hidropulsador. Las curvas muestran como el mayor gasto de entrega ( $Q_e$ ) se presenta con la menor longitud y la menor altura de entrega.

En general la posición 1 con la mayor longitud se presentan los menores gastos de entrega en las 4 pruebas practicadas.

Analizando todas las curvas podemos observar que la relación gasto entregas ( $Q_e$ ) y revoluciones por minuto (RPM) están relacionadas directamente en forma lineal, la cual en todas las pruebas las RPM están entre 100 – 141.

Tomado en cuenta todos los ensayos podemos tener las principales características del hidropulsador y saber en donde? Como instalar y los gastos que nos puede dar para las diferentes longitudes e alturas de entrega ( $h$ ).



## VII. CONCLUSIONES

Finalmente y de acuerdo a los resultados obtenidos, y bajo las condiciones que llevamos a cabo el presente trabajo, hay que mencionar las siguientes conclusiones .

El funcionamiento del hidropulsador presente muestra, que con las curvas características, el mayor gasto de descarga corresponde siempre a las mínimas cargas de entrega. A mayor carga de entrega corresponderá un menor gasto.

La posición 4 con una longitud de 6.40 m, presenta el mayor gasto de entrega y la mayor altura de descarga (h).

La posición 1 con longitud de 89.6 m, presento el menor gasto de descarga con una altura de 4.921, lo cual nos conduce a seguir con la investigación pero ahora variando los diámetros de entrega.

La carga mínima sobre el hidropulsador con la que puede trabajar es de 9.422 m, y la obtenemos cuando la pila que se encuentra en lo alto esta llena. Y la válvula esta total mente abierta.

Analizando los resultado y observando las gráficas concluimos que las revoluciones por minuto están entre 100 y 141 para el hidropusador, la cual la máxima de revoluciones se presenta cuando la abertura es de 1/5, la mínima se presenta cuando esta totalmente abierta.

Consciente de las condiciones hidrológicas de México así como los altos costos que implica el abastecimiento de agua. Es de todos conocidos por la situación que están pasando la mayoría de los estados del país existen lugares idéales para instalar un equipo de este tipo.

El hidropulsador es útil, que es seguro que resolvería muchos problemas de agua para el sector agrícola contribuyendo para que sus actividades productivas resulten más redituables.

Finalmente y de acuerdo a los resultados mostrados con respecto al gasto de entrega Vs RPM, se concluye que fueron logrados.

## VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado dentro del jardín hidráulico instalado en el área de bajío de la "U.A.A.N" en Buenavista, Saltillo, Coah. El objetivo general es difundir un equipo que pueda proporcionar soluciones a los problemas de abastecimiento de Agua en el medio rural.

El Hidropulsador fue colocado en una sola posición y con una misma longitud de tubería de suministro se valoraron cuatro posiciones de descarga y longitud.

Se evaluó la mínima carga sobre el hidropulsador con la cual puede operar y se tomo la pila llena la cual proporciona una  $H = 9.241$ .

Los parámetros que intervienen directamente en el funcionamiento del hidropulsador, son el gasto de entrega, carga de entrega, numero de revoluciones por minuto, abertura de la válvula, fueron medidos directamente en el campo.

Los resultados obtenidos en la presente investigación y de acuerdo a las condiciones del mismo fueron presentados en cuadros y graficas para su mejor observación y hacer las comparaciones y finalmente ver si se obtienen los resultados esperados.

El presente trabajo es aplicable en zonas con fuente de agua permanente y alturas mayores a 9.241 m, donde se carezca de energía eléctrica y motores de combustión interna, además que contengan las condiciones mencionadas o en las que fueran conducidas la evaluación.

Con los resultados obtenidos con respecto a las cuatro pruebas, puede resumirse que los diferentes objetivos fueron logrados en el presente trabajo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1.- Continuar con la investigación del hidropulsador variando las cargas sobre el equipo (H) .
- 2.- Variar los diámetros con mayor y menor tamaño en la descarga.
- 3.- Instalar el equipo en una corriente de agua, arroyo, río. Con una pendiente pronunciada que proporcione una carga mayor de 9.221 en la cual esta unidad pueda operar.

## BIBLIOGRAFIA

Salvador Cruz Cruz. (1999). Determinación de la magnitud de la fuerza de cinco Arandelas en Ariete Hidráulico. Tesis de maestro en ciencias. "U.A.A.A.N."

Lorenzo Martínez García. (1998). Evaluación de un Ariete Hidráulico en Función del Tamaño de las Válvulas. Tesis profesional. "U.A.A.A.N".

Roberto L. Mott. (1996). Mecánica de Fluidos Aplicada. 4ª Edición. Pretice – Hall Hispanoamericana, S. A. P. 408 - 445.

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

Escobar Rómulo. (1981). Enciclopedia Agrícola y conocimiento afines. Tomo I. P 308-309.

Manuel Polo Encinas. (1980). Turbomáquinas Hidráulicas. 2ª Edición. Editorial Limusa S. A. México, D. F. P. 20 – 250.

Tyler G. Hicks, Bme. (1976). Bombas su Selección y Aplicación. Ed. continental, S. A. México, D. F. P. 20 - 55.

Dirección Electrónica:

<http://www.uca.edu.sv/deptos/ccnn/dlc/pdf/turbinas.pdf>

<http://aesbol.freeyellow.com/ariete.html>

<http://www.fi.uba.ar/materias/6720/unidad5c.PDF>