



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Campus Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de:

INGENIEROS ELECTROMECAÁNICOS

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE
HIDRÁULICO MULTIETAPAS, PARA EL LABORATORIO DE
MECÁNICA DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
EQUINOCCIAL.**

Estudiantes:

FABIÁN MOISÉS SORNOZA MACÍAS
XAVIER ALEJANDRO RAMÍREZ BRITO

Director de tesis
ING. JAVIER DÍAZ, MSC.

Santo Domingo-Ecuador

Noviembre, 2011

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO
MULTIETAPAS, PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

Ing. Javier Díaz.
DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Ing. Marcelo Estrella
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. HolgerJami
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Centeno
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo,.....de..... del 2011.

ESTUDIANTES:FABIÁN MOISÉS SORNOZA MACÍAS
XAVIER ALEJANDRO RAMÍREZ BRITO

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

TEMA DE TESIS:DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE
HIDRÁULICO MULTITAPAS, PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA
DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FECHA DE FINALIZACIÓN: NOVIEMBRE, 2011

Del contenido del presente trabajo se responsabilizan los autores.

Fabián M. Sornoza Macías.

Xavier A. Ramírez Brito.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Campus Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Santo Domingo.....de.....del 2011.

Ingeniera
Katuska Rosero
DIRECTORA ACADÉMICA
Presente.-

De mis consideraciones.

Mediante el presente tengo a bien informar que el trabajo bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO MULTIETAPAS, PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.”**; propuesto por los señores Fabián M. Sornoza Macías y Xavier A. Ramírez Brito, doy fe que ha sido elaborado bajo mi supervisión y control, luego de haber sido concluido el tratamiento de los contenidos se encuentra en condiciones de ser defendido.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente

Ing. Javier Díaz, Msc.
DIRECTOR DE TESIS.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a Dios, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para finalizar este trabajo.

A mis queridos padres con mucho amor y cariño,

José y Licenia, por haberme apoyado en todo momento de mi vida, y darme los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan,

por el valor mostrado para salir adelante

ya que gracias a ellos soy una persona de bien.

Y que sin su apoyo incondicional no hubiese podido ser esto posible.

Fabián Moisés Sornoza Macías.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien ha permitido que la sabiduría guie mis pasos y me ha dado fortaleza para continuar.

A mis padres, por su paciencia y apoyo en cada momento de mi vida.

A mi familia, quien siempre ha estado dispuesta incondicionalmente a ayudarme.

A mis Maestros, por su apoyo y confianza con su capacidad para guiar mis ideas.

A mi esposa e hijo, por ser la razón de superarme cada día.

Fabián Moisés Sornoza Macías.

DEDICATORIA

En primer lugar quisiera dedicar este trabajo de tesis a Dios, ya que gracias a su amor infinito supo darme la valentía para culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mis queridos padres, que siempre me han apoyado con su cariño y confianza, enseñándome que el conocimiento es una llave que abre muchas puertas en la vida.

A mi señora y a mi hijo, Uds. son mi razón principal que me empuja a superarme cada día, ya que su imagen siempre está en mi corazón alentándome ante cualquier problema que se presente en diario vivir.

Xavier Alejandro Ramírez Brito

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme gozar de todos los aspectos q han surgido en mi vida profesional y familiar.

A mis padres, por su apoyo incondicional, sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible.

A mi señora y mi hijo, por su ayuda en los momentos más difíciles de este proyecto.

A mi director, por brindarnos sus conocimientos y ayuda oportuna para la ejecución de esta tesis.

Xavier Alejandro Ramírez Brito

TABLA DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Hoja de sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	ii
Hoja de responsabilidad de los autores.....	iii
Hoja de aprobación del director de tesis.....	iv
Dedicatoria Fabián M. Sornoza Macías.....	v
Agradecimiento Fabián M. Sornoza Macías.....	vi
Dedicatoria Xavier A. Ramírez Brito.	vii
Agradecimiento Xavier A. Ramírez Brito.	viii
Índice.....	ix
Resumen Ejecutivo.....	xxiii
Executive Summary.....	xxv

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Diagnóstico.....	1
1.1.2. Pronóstico.....	2
1.1.3. Control de proceso.....	3
1.1.4. Formulación del problema.....	4

1.1.5. Sistematización.....	4
1.2. Objeto a estudiar.....	5
1.3.Objetivos.....	5
1.3.1.Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4.Justificación.....	6
1.5.Marco temporal / espacial.....	7
1.6.Hipótesis.....	7
1.6.1. Hipótesis general.....	8

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Introducción a la hidráulica.....	9
2.1.1. Desarrollo de la hidráulica.....	10
2.1.2. Fluido.....	11
2.1.3. Flujo de un fluido.....	12
2.1.4. Presión en un fluido.....	12
2.1.5. Flujo.....	13
2.1.6. Flujo laminar.....	13
2.1.7. Flujo turbulento.....	14
2.1.8. Caudal o gasto.....	15

2.1.9.	Velocidad de fluido.....	15
2.1.10.	Número de Reynolds.....	16
2.1.11.	Factor de fricción.....	18
2.1.12.	Perdidas por fricción.....	19
2.1.13.	Perdidas menores.....	20
2.1.14.	Aplicación de la ecuación de Bernoulli.....	21
2.1.15.	Caudal circulante.....	22
2.1.16.	Caudales de bombeo y derrame.....	23
2.1.17.	Altura desarrollada por el ariete.....	24
2.1.18.	Cálculo del golpe de ariete.....	25
2.1.19.	Ecuaciones que intervienen en el fenómeno del golpe de ariete.....	26
2.1.19.1.	Celeridad del pulso de presión.....	26
2.1.19.2.	Tiempo de cierre.....	27
2.1.19.3.	El pulso de Joukowsky.....	29
2.1.20.	Flujo y pérdidas hidráulicas para el ariete multipulsor.....	30
2.1.21.	Calculo de la eficiencia.....	31
2.1.21.1.	Eficiencia de D´aubuisson.....	32
2.1.21.2.	Eficiencia de Rankine	34
2.1.22.	Rendimiento volumétrico.....	34
2.2.	Sistema hidroneumático.....	35
2.3.	Bombas hidráulicas.....	36
2.3.1.	Clasificación de las bombas.....	38

2.3.1.1.	Bombas de desplazamiento positivo.....	39
2.3.1.2.	Bombas de émbolo alternativo.....	39
2.3.1.3.	Bombas volumétricas rotativas o roto estáticas.....	40
2.3.1.4.	Bombas roto dinámicas.....	40
2.3.1.5.	Radiales o centrífugas.....	40
2.3.1.5.1.	Funcionamiento de las bombas centrífugas.....	41
2.3.1.6.	Axiales, bombas de flujo axial.....	42
2.3.1.7.	Diagonales o helicocentrífugas.....	44
2.4.	Golpe de ariete.....	44
2.4.1.	Bomba de ariete.....	46
2.4.2.	Principio de funcionamiento de la bomba de ariete.....	47
2.4.3.	Elementos para la instalación de una bomba de ariete.....	49
2.4.3.1.	Captación de la fuente.....	49
2.4.3.2.	Colector de fuente.....	50
2.4.3.3.	Tubería de alimentación.....	51
2.4.3.4.	Detalles en la instalación de la bomba de ariete.....	52
2.4.3.5.	Tubería de impulsión.....	53
2.4.4.	Ciclos de trabajo del ariete.....	53
2.4.4.1.	Ciclo1: de aceleración o derrame	54
2.4.4.2.	Ciclo 2: de retardación o bombeo.....	55
2.4.4.3.	Ciclo 3: de retroceso o de flujo invertido.....	56
2.5.	Bombas de ariete existentes en el mercado.....	57

2.6.	Análisis Por Elementos Finitos.....	60
2.6.1.	Introducción.....	60
2.6.2.	Historia.....	60
2.6.3.	Aplicaciones.....	61
2.6.4.	Análisis Por Elementos Finitos.....	61
2.6.5.	Pre-procesamiento.....	62
2.6.6.	Análisis (cómputo de la solución).....	62
2.6.7.	Post- procesamiento (visualización).....	63

CAPÍTULO III

CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR.

3.1.	Introducción.....	64
3.2.	Exposición de la parte hidráulica de un ariete multipulsor.....	64
3.2.1.	Cálculo para la selección del ariete hidráulico.....	65
3.2.2.	Cálculo de la longitud de la tubería de alimentación.....	67
3.2.3.	Definición del tipo de régimen.....	68
3.2.4.	Cálculo de la rugosidad relativa.....	68
3.2.5.	Cálculo del factor de fricción.....	69

3.2.6.	Cálculo de pérdidas primarias en la alimentación del ariete.....	69
3.2.7.	Determinación del caudal circulante en la tubería de alimentación.....	70
3.2.8.	Cálculo de los coeficientes de resistencia por pérdidas secundarias.....	70
3.2.9.	Cálculo de la altura de alimentación.....	72
3.2.10.	Cálculos del área de las válvulas de impulsión.....	73
3.2.11.	Cálculo del caudal necesario para alimentar un ariete hidráulico multipulsor	74
3.2.12.	Cálculo de la velocidad de salida en las válvulas.....	75
3.2.13.	Duración de un ciclo de trabajo.....	75
3.2.14.	Cálculo de los caudales existentes en un ciclo de trabajo.....	76
3.2.15.	Cálculo de la altura de entrega del ariete hidráulico.....	77
3.2.15.1.	Perdidas primarias en la tubería de descarga.....	77
3.2.15.2.	Perdidas secundarias en la tubería de descarga.....	78
3.2.16.	Perdidas inerciales en la tubería de descarga.....	78
3.2.17.	Desarrollo de la altura de entrega.....	79
3.2.18.	Cálculo de celeridad de la onda de presión.....	80
3.2.19.	Tiempo de cierre de la válvula.....	80
3.2.20.	Cálculo del pulso de Joukowsky.....	81
3.2.21.	Cálculo del coeficiente de arrastre de la válvula de impulsión.....	82
3.2.22.	Cálculo de las fuerzas hidráulicas en las válvulas de impulsión.....	83
3.2.23.	Cálculo del volumen total en la cámara de aire.....	83
3.2.24.	Cálculo de la eficiencia.....	84
3.2.24.1.	Eficiencia de d' Aubuisson.....	85

3.2.24.2.	Eficiencia De Rankine.....	85
3.2.25.	Rendimiento Volumétrico.....	86
3.2.26.	Análisis por elementos finitos de la bomba de ariete hidráulico multietapas.	87

CAPITULO IV

4.1.	Construcción.....	91
-------------	--------------------------	-----------

CAPÍTULO V

MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA BOMBA DE ARIETE.

5.1.	Información general.....	101
5.1.1.	Descripción.....	101
5.1.2.	Aplicaciones.....	102
5.1.3.	Datos técnicos.....	102
5.2.	Instalación de la bomba de ariete	102
5.2.1.	Instrucciones de seguridad	102
5.2.2.	Consecuencias derivadas al no acatar la información del manual.....	103
5.2.3.	Herramientas necesarias para la instalación de los equipos	103
5.2.4.	Preparación de los diferentes dispositivos de la bomba de ariete multietapas	106
5.2.5.	Lubricación de válvulas.....	107

5.2.6.	Preparación de la cámara de aire y de las bridas porta válvulas.....	108
5.2.7.	Instalación de la bomba de ariete	110
5.2.7.1.	Angulo de la Tubería	111
5.2.7.2.	Nivelación de la bomba	112
5.3.	Operación de la bomba de ariete.....	114
5.4.	Mantenimiento y desmontaje.....	115
5.5.	Identificación de problemas.....	115

CAPITULO VI

COSTOS

6.1.	Introducción.....	116
6.2.	Relación de materiales.....	116
6.3.	Costo de las horas maquina de trabajo	119
6.4.	Costo de los materiales para el acabado	119
6.5.	Costo de los materiales indirectos.....	120
6.6.	Costo total del equipo.....	120
6.7.	Costo de consumo de la bomba centrifuga.....	121
6.8.	Costo de consumo de la bomba centrifuga en un año	122
6.9.	Depreciación del equipo.....	123
6.9.1.	Sujetos de la operación.....	123

6.9.1.1.	Vida de los activos depreciables.....	123
6.9. 1.2.	La vida legal o contable.....	123
6.9.2.	Tasas de depreciación.....	124
6.9.2.1.	Indicadores.....	125
6.9.2.2.	Van.....	126
6.9.2.3.	Tir.....	128
6.10.	Relación costo – beneficio.....	129
6.11.	Periodo de recuperación de la inversión.....	129

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	Conclusiones.....	132
7.2.	Recomendaciones.....	134
	Bibliografía.....	136
	Anexos.....	139
	Planos.....	146

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1: Demostración del flujo laminar.....	14
GRAFICO N° 2: Demostración del flujo turbulento.....	14
GRAFICO N° 3: Tubo de pitot.....	16
GRAFICO N° 4: Sobrepresión en el cierre de una válvula.....	28
GRAFICO N° 5 (a): Presión en una válvula abierta	45
GRAFICO N° 5 (b): Presión en una válvula cerrada.....	46
GRAFICO N° 6: Esquema del principio de funcionamiento.....	48
GRAFICO N° 7: Captación de la fuente.....	50
GRAFICO N° 8: Colector de la fuente.....	51
GRAFICO N° 9: Tubería de alimentación.....	52
GRAFICO N° 10: Aceleración del fluido y derrame.....	54
GRAFICO N° 11: Cierre de la válvula de impulso.....	55
GRAFICO N° 12: Amortiguación en la cámara de aire.....	56
GRAFICO N° 13: Cierre de la válvula de descarga.....	57
GRAFICO N° 14: Descripción del dimensionamiento hidráulico.....	65
GRAFICO N° 15: Perdidas secundarias en la bomba.....	71
GRAFICO N° 16: Perdidas secundarias en la tubería de descarga.....	79
GRAFICO N° 17: Limpieza de las roscas en los tubos.....	107
GRAFICO N° 18: Lubricación de las válvulas.....	107
GRAFICO N° 19: Selle de las juntas.....	108

GRAFICO N° 20: Montaje del manómetro.....	109
GRAFICO N° 21: Purga de aire.....	109
GRAFICO N° 22: Montaje del adaptador.....	110
GRAFICO N° 23: Montaje de la tubería de impulsión.....	111
GRAFICO N° 24: Apoyo correcto de la bomba.....	112
GRAFICO N° 25: Nivelación de la bomba.....	113
GRAFICO N° 26: Nivelación de las válvulas.....	113
GRAFICO N° 27: Puesta en marcha de la bomba.....	114

INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N° 1: Modelo de bomba centrífuga	38
IMAGEN N° 2: Corte y partes de una bomba centrífuga.....	42
IMAGENN° 3: Bomba de flujo axial.....	43
IMAGEN N° 4: Bombadiagonal o helicocentrífugas.....	44
IMAGENN° 5: Ariete Finestra.....	58
IMAGEN N° 6: Ariete JECH.....	58
IMAGENN° 7: Ariete AHM CITA 6-L3V.....	58
IMAGEN N° 8: Ariete HOREB	58
IMAGEN N° 9: ArieteHydraulischerWidder	59
IMAGEN N° 10: Ariete IMPAG.....	59

IMAGEN N° 11: Ariete Argentino Arroyo.....	59
IMAGEN N° 12: Ariete GEA.....	59
IMAGEN N° 13: Estudio de tensiones.....	87
IMAGENN° 14: Estudio de desplazamientos.....	87
IMAGEN N° 15: Estudio de deformaciones unitarias.....	88
IMAGEN N° 16: Estudio de factor de seguridad.....	88
IMAGENN° 17: Estudio de temperatura del fluido.....	89
IMAGEN N° 18: Estudio de presión del fluido.....	89
IMAGEN 19: Estudio de la velocidad del fluido.....	90

INDICE DE FOTOS

FOTON° 1: Corte del material para realizar el diseño.....	91
FOTO N° 2: Soldadura de la base- tanque hidroneumático.....	92
FOTO N° 3: Soldadura para las bases de las bridas.....	92
FOTON° 4: Soldadura de las bridas para las válvulas.....	93
FOTON° 5: Limpieza de la escoria de la pieza soldada.....	93
FOTO N° 6: Esmerilado de las piezas maquinadas.....	94
FOTO N° 7: Maquinado de la válvula de impulsión.....	94
FOTO N° 8: Válvula de impulsión terminada.....	95
FOTO N° 9: Ensamble de las bridas y empaques.....	95
FOTO N° 10: Ensamble de las bridas y empaques.....	96

FOTO N° 11: Ajuste de la válvula de aire.....	96
FOTO N° 12: Partes Constitutivas de la bomba.....	97
FOTO N° 13: Montaje en el lugar de funcionamiento.....	97
FOTO N° 14: Montaje en el lugar de funcionamiento.....	98
FOTO N° 15: Accionamiento de la bomba.....	98
FOTO N° 16: Funcionamiento de la bomba.....	99

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Ilustración de los costos de los materiales.....	117
TABLA N° 2: Ilustración horas maquina de trabajo.....	119
TABLA N° 3: Ilustración materiales de acabado.....	119
TABLA N° 4: Ilustración de costo materiales indirectos.....	120
TABLA N° 5: Ilustración del costo total del equipo.....	120
TABLA N° 6: Ilustración del consumo de energía de la bomba.....	122
TABLA N° 7: Ilustración del consumo en el tiempo de la bomba.....	122
TABLA N° 8: Ilustración de la depreciación de la bomba.....	125
TABLA N° 9: Ilustración de los indicadores económicos.....	126
TABLA N° 10: Ilustración del VAN en la bomba.....	127
TABLA N° 11: Ilustración de la TIR en la bomba.....	128
TABLA N° 12: Ilustración del costo-beneficio de la bomba.....	129
TABLA N° 13: Ilustración de la recuperación de la inversión.....	130

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Coeficientes de fricción para agua solamente.

ANEXO 2 Perdidas de carga en accesorios.

ANEXO 3 Diagrama de Moody.

ANEXO 4 Lista y tamaños de hidro arietes-vulcan.

ANEXO 5 Tabla de rendimientos de los hidro arietes-vulcan.

ANEXO 6 Curva de longitud del tubo de entrada.

ANEXO 7 Tabla de funcionamiento de los arietes fabricados por la compañía
Lidgerwood Industrial.

ANEXO 8 Tabla de información sobre arietes Colombianos.

ANEXO 9 Tablas de rendimiento en función del caudal.

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente uno de los factores que más limita el desarrollo de la población rural ecuatoriana es que los sistemas de bombeo conocidos para realizar este trabajo tienen un costo de funcionamiento muy elevado, si estos son comparados con los bajos recursos económicos que tienen los agricultores, siendo este uno de los limitantes principales para la superación de dicho sector, y así mejorar la calidad de sus productos.

Es por esto que el diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico multietapas, intenta reducir el impacto producido por el avance tecnológico de los sistemas de bombeo y fomentar el ahorro de recursos, mediante la utilización de fenómenos físicos generados por la apertura y cierre de válvulas; cabe recordar que esta bomba utiliza la energía hidráulica presente en ríos, asideros y vertientes para funcionar de manera automática durante los 365 días del año.

El desarrollo del proyecto empieza definiendo los lineamientos, ya que estos limitaran el alcance que va a tener el mismo, también se realiza un diagnóstico de la situación actual, pronóstico y control de los procesos que se van a desarrollar para esto se plantea los objetivos a alcanzar con su respectiva justificación.

Luego se sustenta teóricamente los conocimientos necesarios para poder entender el funcionamiento de las bombas de ariete hidráulico, así como saber que este fenómeno consiste en una sobrepresión instantánea, que se produce al interrumpir repentinamente el flujo de agua en tuberías, o generando presiones mucho más altas que las existentes en el flujo en movimiento.

Los cálculos matemáticos son realizados en el capítulo tres, ya que junto a los planos de construcción son la base fundamental de nuestro proyecto en esta etapa del desarrollo se

cuenta con las herramientas necesarias para empezar la construcción vista en el capítulo cuatro, cabe indicar que durante la construcción se utilizó todas las medidas de seguridad aprendidas durante nuestro periodo de formación profesional.

En el capítulo cinco desarrollamos un manual de operación, mantenimiento y puesta en marcha de la bomba de ariete, ya que de trascendente importancia que la persona a cargo de la instalación de la bomba o el operador asimile el manual de tal manera que se garantice su funcionamiento. Los costos de inversión se desarrollan en el capítulo seis, dando a conocer los valores necesarios para la construcción del proyecto además la demostración del ahorro sustancial de recurso económico con la implementación de la bomba de ariete.

En la parte final encontramos las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del diseño y construcción de la bomba de ariete, así como entender los beneficios que proporcionan el uso de energías limpias y amigables con el medio ambiente, también aportan al crecimiento socioeconómico y a la seguridad energética del país.

EXECUTIVE SUMMARY

Currently one of the factors that limits the development of rural Ecuador is known pumping systems for this work have a very high operating costs, if these are compared with those with low income farmers and this one of the major constraints to overcome this sector, and improve the quality of their products.

This is why the design and construction of a multistage hydraulic ram pump, to reduce the impact caused by the technological advancement of the pumping systems and promote resource conservation through the use of physical phenomena generated by the opening and closing valves, it being recalled that this pump uses the energy present in river water, handles and springs for automatic operation, 365 days a year.

Project development begins by defining the guidelines, since they limit the extent that you will have the same, also carried a diagnosis of the current situation, forecast and control processes will be developed for this arises objectives meet with their respective justification.

Then theoretically based knowledge necessary to understand the operation of hydraulic ram pumps, and know that this phenomenon is an instantaneous pressure that occurs when suddenly interrupt the flow of water in pipes, or generating much higher pressures than those in the flow moving.

The mathematical calculations are performed in chapter three, as with the construction plans are the foundation of our project at this stage of development has the tools necessary to begin construction seen in the fourth chapter, it is noted that during construction will use all the safety measures learned during our training period.

In chapter five we developed a manual for operation, maintenance and operation of the ram pump as of transcendent importance that the person in charge of installing the

pump or related operations manual so as to ensure their operation. Investment costs are developed in chapter six, revealing the values needed for the construction of the demonstration project also substantial economic resource savings with the implementation of the ram pump.

In the end we find the conclusions and recommendations obtained through the design and construction of the ram pump, as well as understand the benefits provided by the use of clean and friendly environment also contribute to the socio-economic growth and energy security the country.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento del problema.

En la actualidad se impone el uso de las energías no renovables para sistemas de bombeo convencionales, contribuyendo al deterioro del medio ambiente y al uso excesivo de recursos económicos, energéticos y ambientales por los que es importante el diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico multietapas, para contribuir con el ahorro sustancial de recursos de recursos debido a que este proyecto se realizara aprovechando un fenómeno natural que regularmente afecta la vida útil de sistemas de bombeo.

1.1.1. Diagnóstico.

En la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchila, en la vía a Chone km 4 ½ se encuentra ubicada la Universidad Tecnológica Equinoccial., en la cual existe un laboratorio para la materia de mecánica de fluidos perteneciente a la facultad de ingeniería electromecánica, dicho lugar se caracteriza por estar desprovisto de los elementos, equipos y accesorios necesarios para su buen funcionamiento y que cumplan la tarea para la cual fue diseñado; que es reforzar la teoría aprendida en clases y tener un mejor entendimiento de la materia a través de la práctica.

Esto genera preocupación entre los catedráticos de la asignatura y los estudiantes de la antes mencionada universidad, ya que es un tema de conocimiento público las falencias en este laboratorio.

Cabe destacar que como una solución a este problema los docentes encargados de dictar la asignatura envían a los estudiantes a hacer trabajos didácticos que demuestren las leyes y comportamiento de los fluidos, para que estos sirvan de ilustración a los niveles que vienen en ascenso y que luego deberán tomar dicha asignatura y que estos puedan entender de mejor manera la cátedra, mediante una demostración visual para que se constate lo aprendido en el contenido del pensum de estudio; pero esto no sirve de mucho, ya que al ser trabajos didácticos estos se deterioran con facilidad de un semestre a otro volviéndose a repetir lo mismo de todos los periodos; Para esto ya se ha pensado en llevar a cabo la construcción de un laboratorio con la infraestructura adecuada pero, no es tan fácil ya que esto primero tiene que ser presupuestado por parte de los directivos de la universidad.

Ante el presente problema se ha decidido realizar un proyecto como parte de solución el cual consiste en el diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico multi pasos para así tratar de aportar con el fortalecimiento de la materia mediante la práctica.

Al realizarse este proyecto también se contribuirá en la búsqueda y desarrollo de las tecnologías renovables, como aporte para la conservación del medio ambiente para mejorar el estilo de vida en las zonas rurales de la provincia donde se realizara la investigación.

1.1.2. Pronostico.

Se ha comprobado científicamente que el conocimiento se lo adquiere 50% con la parte teórica y el otro 50% con la parte práctica; pero esto es algo que no se está aplicando en tan afamada institución educativa ya que no se cuenta con equipos, ni con la infraestructura adecuada para una educación a nivel superior.

De no dar solución a este problema como es la falta de equipamiento en el laboratorio de mecánica de fluidos se van a tener muchos vacíos en cuanto a conocimiento de la materia por parte de los estudiantes y se van a ver reflejados en la mala calidad de los profesionales en el campo laboral en caso de que les toque desempeñarse es este tipo de trabajos ya que no van a tener bases de conocimiento suficientes.

Por otro lado el malestar es general por parte del estudiantado ya que para las materias mecánicas tales como taller mecánico y maquinas herramientas solo se cuenta con un taller general el cual recién lo están poniendo a punto con equipos como son: soldadoras, tornos, taladros de pedestal, pulidoras, etc.

Pero de solucionarse este problema y teniendo laboratorios lo suficientemente equipados, con materiales y maquinaria con tecnología de punta, no solo se va a beneficiar los estudiantes sino también la universidad ya que al tener una infraestructura y logística de primera va a llamar la atención de los bachilleres de la ciudad y de sus alrededores.

1.1.3. Control de proceso.

Como solución primaria se debería de tener un laboratorio adecuado para la cátedra de Mecánica de Fluidos, y por ende tener un lugar específico en donde probar y hacer funcionar los equipos o los proyectos didácticos que son enviados a realizar por los estudiantes cada semestre.

En segundo lugar tendríamos la implementación de un ariete hidráulico multietapas en el laboratorio, para la ilustración de los estudiantes y facilidad el momento asimilar los conocimientos teóricos.

Cabe destacar que el aporte que se va a hacer al laboratorio con este equipo deberá ser apoyado por los directivos de la universidad, con la dotación de nuevas máquinas y accesorios para dicho lugar.

Al utilizar este principio del golpe de ariete con el cual obtenemos un bombeo de agua con energía renovable y causando un mínimo índice de contaminación al planeta, se despertara la creatividad de los estudiantes para seguir realizando proyectos ecológicos.

1.1.4. Formulación del problema.

¿Cuál es la probabilidad que el diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico multi etapas como alternativa de energía limpia y económica, ayude a implementar el laboratorio de la cátedra de mecánica de fluidos y a mejorar el entendimiento de los estudiantes de dicha materia?

1.1.5. Sistematización.

- ¿De qué manera mejorara el laboratorio de mecánica de fluidos con la implementación de una bomba de ariete hidráulico multi etapas?
- ¿Aumentara el conocimiento de los estudiantes el tener en el laboratorio una bomba de ariete hidráulico multi etapas?
- ¿Cómo ayudara a despertar el interés de los estudiantes hacia la materia con la llegada de una bomba de ariete hidráulico multi etapas?
- ¿Con este equipo se demostrara una alternativa de energía limpia y económica para el bombeo de agua en los sectores rurales?

- ¿Llegara la universidad a tener un laboratorio de mecánica de fluidos para poder ubicar una bomba de ariete hidráulico multi etapas?

1.2. Objeto a estudiar.

Bomba de ariete hidráulico multietapas.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar y construir una bomba de ariete hidráulico multi etapas como alternativa de energía limpia y económica, para implementar el laboratorio de mecánica de fluidos y despertar interés hacia dicha materia de los estudiantes de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Diseñar una bomba de ariete hidráulico multi etapas.
- Modelar por el método de elementos finitos las partes esenciales del equipo.
- Construcción de la bomba de ariete hidráulico multi etapas según lo proyectado.
- Instalación y montaje de la bomba de ariete hidráulico multi etapas.

- Evaluación de los parámetros de funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico multi etapas.
- Funcionamiento del equipo en un asidero del sector rural, adaptado a la geografía del lugar y evaluar la aceptación de la bomba de ariete hidráulico multi etapas.
- Socializar los resultados de la investigación, para despertar el interés de los estudiantes, de la asignatura de mecánica de fluidos en la Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Construcción de planos, a fin de conocer claramente las dimensiones de todas las partes constitutivas de la bomba de ariete multietapas.

1.4. Justificación.

Este proyecto tiene mucha utilidad para la universidad tecnológica equinoccial en especial para la facultad de ingeniería electromecánica, ya que el laboratorio de mecánica de fluidos se encuentra muy desprovisto de los elementos y equipos necesarios para su correcto funcionamiento.

Con este equipo se va a complementar la enseñanza de los estudiantes de la antes mencionada materia, ya que al solo recibir teoría los conocimientos se generalizan y no llegan a profundizarse como se los hace cuando existe la práctica de por medio.

Cabe destacar que la bomba de ariete hidráulico es una máquina de construcción y funcionamiento muy sencillo y de bajo costo, este aprovecha la elevada presión generada por el fenómeno conocido como golpe de ariete hidráulico para impulsar un fluido a una altura superior de su altura inicial.

Por el bajo costo de construcción, costo de operación cero y cero contaminación, ya que no se utiliza ningún tipo de energía ni combustible, fuera de la fuerza del fluido, se considera que este equipo puede ser utilizado en casi toda actividad donde el caudal inicial de fluido no sea un problema.

Este tipo de bomba de ariete es una alternativa de solución con muchísimas ventajas con respecto al uso de sistemas y equipos de bombeo más conocidos como las motobombas y electro bombas.

Esta bomba ofrece un funcionamiento ininterrumpido por muchos años y es capaz de elevar parte del agua de un río, arroyo, asidero o manantial a una altura algunas veces superior a la de su fuente.

Uno de los sectores más beneficiados con este equipo sería el sector rural ya uno de los factores que más reduce la actividad productiva del campesinado Ecuatoriano es que los sistemas de bombeo de agua convencionales como moto-bomba eléctrica o combustibles fósiles) utilizados para realizar dicho trabajo poseen un alto costo de funcionamiento en comparación con los escasos recursos económicos con los que cuentan los campesinos.

1.5. Marco temporal / espacial.

Este proyecto se ejecutara en Santo Domingo de los Tsáchilas, en el año 2011.

1.6. Hipótesis.

1.6.1. Hipótesis general.

El diseño y construcción una bomba de ariete hidráulico multi etapas, será un mecanismo para implementar el laboratorio de mecánica de fluidos de la Universidad Tecnológica Equinoccial, lo cual permitirá la calidad de enseñanza.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE UNA BOMBA DE ARIETE MULTITETAPAS

2.1. Introducción a la hidráulica.

Remontándonos en la historia la palabra hidráulica es proveniente del griego "hydor" que significa "agua". La hidráulica cubre originalmente el uso del comportamiento físico del agua en reposo y en movimiento, en sí esta incluye la manera en la cual los líquidos actúan en los depósitos o formas de conducción como cañerías, se ocupa del estudio de sus características, y explora de alguna manera la forma de aprovechar los líquidos para la transmisión de energía.

Dentro de la hidráulica encontramos a la potencia fluida que es un término que fue creado para incluir el control, generación y el uso de la energía en forma continua y eficiente de fluidos bombeados o comprimidos como pueden ser los líquidos o los gases como cuando se utiliza esta energía para proporcionar la fuerza y movimiento a algún mecanismo.

Estas formas de fuerza y movimiento pueden ser encontradas en formas de empuje, tracción, rotación, regulación o conducción. La potencia fluida incluye la hidráulica que se relaciona directamente con el uso de los líquidos, asimismo con la neumática que se relaciona con los gases.

Como ya sabemos los líquidos y los gases son similares en algunos aspectos.

2.1.1. Desarrollo de la hidráulica.

Aunque el desarrollo moderno de la hidráulica sea comparativamente reciente, las antiguas civilizaciones estaban familiarizadas con muchos principios hidráulicos y sus usos. Los egipcios y la población antigua de Persia, India, y China transportaron el agua a lo largo de canales para la irrigación y propósitos domésticos usando las presas y esclusas para controlar el caudal.

Los antiguos cretenses tenían un sistema de fontanería avanzado. Arquímedes estudio a las leyes de la flotación y cuerpos sumergidos. Romanos construyeron los acueductos para llevar el agua a sus ciudades, como se puede apreciar la hidráulica estuvo presente en tiempos antiguos, pero es en la actualidad donde alcanzó su máximo apogeo.

El uso viable de la hidráulica para transmitir energía es debido al hecho de que los sistemas fluidos constituidos e instalados de una manera correcta poseen un número de características favorables como se podrá observar en esta tesis.

Los sistemas hidráulicos elimina la necesidad de sistemas complicados engranajes, levas, y palancas. También se puede apreciar que los líquidos usados no están sujetos a roturas al igual que las piezas mecánicas y los mecanismos no presentan gran desgaste lo que genera que se aminoren costos de mantenimiento o cambio correctivos inesperados.

Otra de las características favorables de un sistema hidráulico es que las piezas que transportan el fluido se puede situar convenientemente en puntos muy distanciados, puesto que las fuerzas generadas se transmiten rápidamente a distancias considerables con pequeñas pérdidas, lo que se demuestre claramente en la instalación de los arietes multipulsores.

Los sistemas hidráulicos al ser correctamente instalados pueden proporcionar una acción continua, flexible, un informe y sin vibraciones, y no es afectado por variaciones de la carga como los sistemas de energía convencionales, sin mencionar que la necesidad del control manual puede ser reducida al mínimo siendo así fáciles de operar.

Ventajas de los sistemas hidráulicos:

- Disponibilidad: El ciclo del agua lo convierte en un recurso continuo.
- Energía limpia: No emite gases "invernadero", ni provoca lluvia ácida, ni produce emisiones tóxicas.
- Energía barata: Sus costos de explotación son bajos, y su mejora tecnológica hace que se aproveche de manera eficiente los recursos hidráulicos disponibles.

2.1.2. Fluido

Un fluido no es más que una sustancia capaz de fluir y que se adapta a la forma del dispositivo que lo contiene, un fluido al estar en equilibrio no es capaz de resistir fuerzas cortantes como de similar forma fuerzas tangenciales.

Los fluidos pueden presentarse en dos estados como son:

- Gaseosos
- Líquidos

En los cuales se encuentran ciertas disconformidades en sus propiedades, ya que los líquidos tienen un volumen determinado, mientras que los gases se expanden hasta adquirir la forma del recipiente que los contenga. Lo que nos da a entender que los gases son compresibles en tanto que los líquidos carecen de esta capacidad.

2.1.3. Flujo de un fluido.

Dentro del concepto de fluido tenemos el flujo de este, que es un movimiento continuo de masa de fluido que atraviesa dos secciones de tubería en la cual se establece que la masa de fluido que ingresa por la sección 1 es igual a la masa que sale por la sección 2.

“Existen dos tipos de flujos permanentes en el caso de los fluidos reales que es necesario conocer y entender. Estos se llaman flujo laminar y flujo turbulento. Ambos tipos de flujos vienen gobernados por leyes distintas”¹

2.1.4. Presión en un fluido.

“La presión de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y actúa normalmente a cualquier superficie plana. En el mismo plano horizontal, el valor de la presión en un líquido es igual en cualquier punto.”²

La presión viene dada con la siguiente fórmula:

¹ Mecánica de fluidos e hidráulica
Ronald V. Giles Capitulo 7 Pag.96

² Mecánica de fluidos e hidráulica
Ronald V. Giles Capitulo 1 Pág. 4

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ecuacion 2.1})$$

Dónde:

F = Fuerza (Kg)

A = Área (m²)

2.1.5.Flujo.

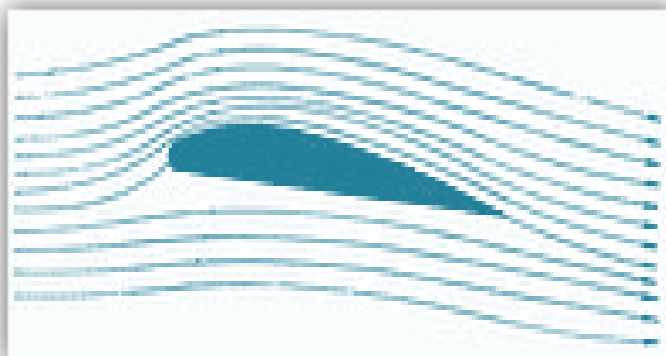
Es el movimiento de las cosas liquidas o fluidas, también se llama a la masa elemental de fluido que en un instante determinado se encuentra en un punto del espacio.

Dicha masa elemental ha de ser lo suficientemente grande como para contener un gran número de moléculas, y lo suficientemente pequeña como para poder considerar que en su interior no hay variaciones de las propiedades macroscópicas del fluido.

2.1.6.Flujo laminar.

Se puede considerar un flujo laminar a un perfecto y ordenado movimiento de un fluido el cual se desplaza en forma de láminas paralelas o capas las cuales no tienden a mezclarse entre sí.

GráficoN° 1.
DEMOSTRACIÓN DEL FLUJO LAMINAR



Fuente: Wikipedia enciclopedia virtual, Demostración del flujo laminar.

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez /2011

2.1.7. Flujo turbulento.

Se considerara un flujo turbulento a un fluido cuyo movimiento se presenta de manera caótica y desordenada en lo que al movimiento de las partículas se refiere. Las trayectorias de las partículas forman constantemente pequeños remolinos.

Gráfico N° 2.
DEMOSTRACIÓN DE UN FLUJO TURBULENTO



Fuente: Wikipedia enciclopedia virtual.

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez /2011

2.1.8. Caudal o gasto.

Se le llama caudal o gasto al volumen de fluido que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo.

$$Q = vA \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Dónde:

Q =caudal expresado. (m^3/s)

v = velocidad media del fluido. (m/s)

A = área de la tubería. (m^2)

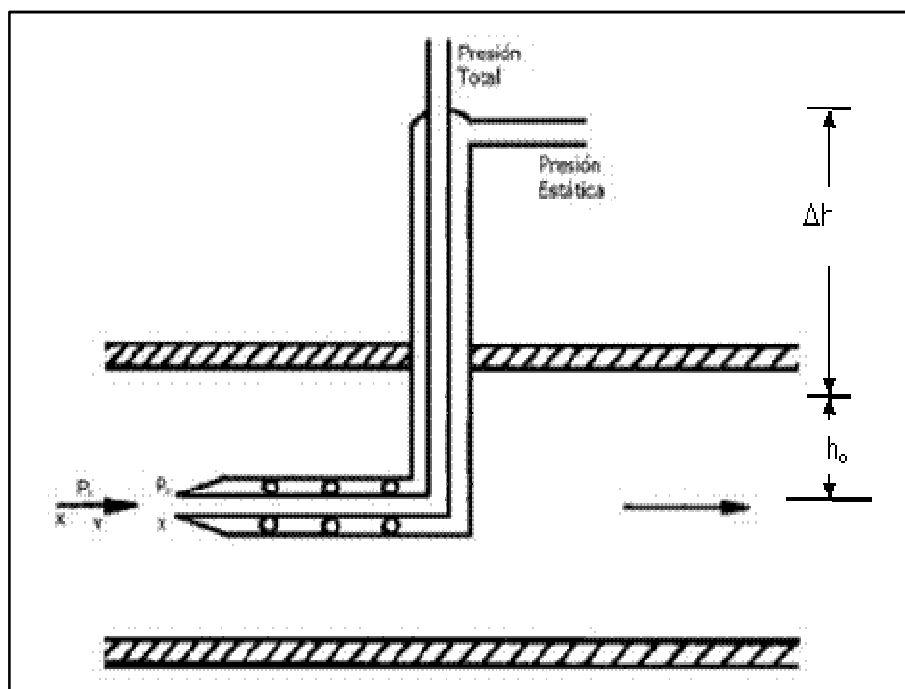
2.1.9. Velocidad de fluido.

Como es de conocimiento el valor de la velocidad en un cierto número de puntos de una sección transversal permite el cálculo de caudal, la medida de la velocidad es un paso importante para la determinación del flujo.

Para esto empleamos un aparato que no mide directamente la velocidad, sino que da una cantidad medible que se puede relacionar con la velocidad. El tubo de pitot es uno de los aparatos más exactos para medir la velocidad. En la siguiente figura, un tubo de cristal, o una aguja hipodérmica, doblado en ángulo recto se emplea para la medida de la velocidad en un canal abierto. La abertura del tubo está dirigida aguas arriba, de modo que el fluido penetre dentro de la abertura y suba por el tubo hasta que la presión

aumente lo suficiente dentro del mismo y equilibre el impacto producido por la velocidad.

GráficoN°3.
TUBO DE PITOT.



Fuente: Mecánica de los fluidos, Streeter V. Capítulo 8 Pág. 248-249,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez /2011

2.1.10. Número de Reynolds.

El comportamiento de los fluidos, en especial con lo concerniente a las pérdidas de energía, son dependientes si el flujo es laminar o turbulento, la frontera entre los regímenes antes mencionados está dada por:

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Dónde:

D = diámetro de la tubería (cm)

v = velocidad del fluido. (m/sg)

ν = viscosidad cinemática. (m²/sg)

Al ya conocer que v pertenece al valor de velocidad del fluido podemos remplazarla con su valor en la fórmula de caudal.

$$Q = vA \therefore A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Re = \frac{4Q}{\pi \nu D} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Para un valor de numero de Reynolds de $Re \leq 2000$ el flujo tomara una forma laminar.

Para un valor de número de Reynolds de $2000 \leq Re \leq 4000$ se considerara un régimen de transición, en el cual se apreciara diminutas ondulaciones que varían en el tiempo.

Para un valor de número Reynolds $Re \geq 4000$ se considerara flujo turbulento, al caracterizarse por su movimiento no estacionario y desordenado.

2.1.11. Factor de fricción

“Cuando se tiene un flujo laminar, el flujo parece desplazarse en forma de varias capas una sobre la otra debido a la viscosidad del fluido.”³

Para régimen laminar ($Re \leq 2000$), el factor de fricción f depende solo del número de Reynolds y se determina por la expresión.

$$f = \frac{64}{N_R} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

Hay que tener en cuenta que para régimen turbulento, el factor de fricción se relaciona directamente entre el número de Reynolds y la rugosidad relativa la cual detallaremos a continuación:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D} \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

Dónde:

ε = Rugosidad equivalente absoluta (Adimensional)

D = diámetro de la tubería (metros)

Pero en caso régimen de transición ($2000 \leq Re \leq 4000$) o turbulento ($Re \geq 4000$), resulta más conveniente utilizar la ecuación de C.F. Colebrook, Ya que no podemos

³ Mecánica de fluidos aplicada
Robert L. Mott Capítulo 9 Pág. 238 IV Edición

calcular f de una manera sencilla como lo hicimos con el régimen laminar. Por lo que debemos confiar en los datos experimentales para determinar el valor de f .

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log_{10}\left(\frac{1}{3.7\frac{D}{\epsilon}} + \frac{2.51}{N_R\sqrt{f}}\right) \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Dónde:

ϵ = Rugosidad equivalente absoluta dada por tablas. (m)

D = diámetro de la tubería. (m)

N_R = Número de Reynolds. (Adimensional)

La expresión que vemos a continuación permite el cálculo directo del valor del factor de fricción, fue desarrollada por P.K: Swamee y A.K. Jain (1976).

$$f = \frac{1}{\left[\log\left(\frac{1}{3.7\left(\frac{D}{\epsilon}\right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}}\right)\right]^2} \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

2.1.12. Perdidas por fricción.

Para nuestro estudio de las perdidas por fricción utilizaremos una de las fórmulas más conocidas para este propósito es la ecuación de Darcy.

$$h_{roz} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

Al saber que v es la velocidad media del fluido y f el factor de fricción, remplazamos y dejamos la ecuación en función del caudal.

$$h_{roz} = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2 \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Cabe recordar que la fórmula de Darcy es general y sirve para pérdidas de energía tanto en régimen laminar como turbulento.

2.1.13. Pérdidas menores.

Muchos elementos y accesorios en una instalación hidráulica como son: codos, ramificaciones de circuito, uniones, neplos, válvulas, etc. Generan pérdidas de presión adicionales por fricción en la pared de la instalación.

Para nuestro estudio utilizaremos una fórmula para casos típicos A.H. Gibson, 1912.

$$h_{men} = K_{loc} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Dónde:

K = coeficiente de pérdidas locales.

v = velocidad aproximada del fluido (m/sg^2)

g = gravedad terrestre (m/sg)

2.1.14. Aplicación de la ecuación de Bernoulli.

Tomaremos la ecuación de Bernoulli para calcular las pérdidas hidráulicas

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{Total}. \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

Dónde:

P_1 = presión atmosférica a la entrada (Kg/m^2).

P_2 = presión atmosférica a la salida (Kg/m^2).

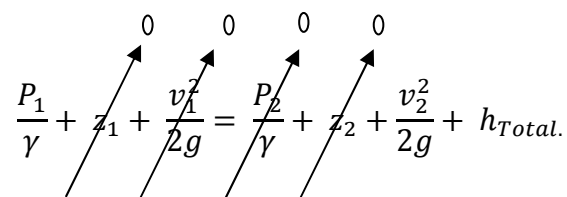
v_1 = velocidad inicial (m/sg)

v_2 = velocidad final (m/sg)

$z_1=H_a$ altura de alimentación (m).

h_t = pérdidas totales(m)por lo que: $h_t = h_{roz} + \sum h_{roz}$.

Para aplicar la ecuación de Bernoulli en el ariete hidráulico, tomaremos los puntos de análisis comprendidos entre: la captación de la fuente y la válvula de impulsión. Por lo que.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{Total}.$$


Es importante que recordemos que en la ecuación de Bernoulli se le agrego las pérdidas totales (h_{Total}), ya que las tuberías no son en su totalidad lisas.

$$z_o = H_a = \frac{v_2^2}{2g} + h_t$$

$$z_o = H_a = \frac{v^2}{2g} + f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} + K \frac{v^2}{2g}$$

$$H_a = \frac{v^2}{2g} + \left(1 + f \frac{L}{D} + \sum K\right) \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

Al despejar la velocidad tenemos.

$$v = \sqrt{\frac{2gH_a}{1 + f \frac{L}{D} + \sum K}} \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

2.1.15. Caudal Circulante.

En esta parte la incógnita es el caudal, ya que no sabemos en qué régimen nos encontramos. Plantearemos primero en flujo laminar suponiendo que este se desarrolla el trabajo.

$$f = \frac{64}{Re} \rightarrow Re = \frac{4Q}{v\pi D} \rightarrow f = \frac{16\pi v D}{Q} \rightarrow h_{roz} = \frac{128vLQ}{\pi g D^4}$$

$$Q = \frac{\pi g D^4 h_{roz}}{128 \nu L} \quad (\text{Ecuación 2.15})$$

Suponiendo el régimen sea turbulento plantearemos las fórmulas para calcular el caudal circulante. (Grupo de mecánica de fluidos Politécnica de Valencia 2000)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \lg_{10} \left(\frac{1}{3.7 \frac{D}{\epsilon}} + \frac{2.51}{N_R \sqrt{f}} \right)$$

$$h_{roz} = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2 \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{Q}{\pi} \sqrt{\frac{8L}{gD^5 h_{roz}}}$$

$$\frac{Q}{\pi} \sqrt{\frac{8L}{gD^5 h_{roz}}} = -2 \lg_{10} \left(\frac{1}{3.7 \frac{D}{\epsilon}} + \frac{2.51 \nu}{4D^{1.5}} \sqrt{\frac{8L}{gh_{roz}}} \right)$$

$$Q = -6,958 \sqrt{D^5 h_{roz}} \lg_{10} \left(\frac{1}{3.7 \frac{D}{\epsilon}} + \frac{0,5667 \nu}{D^{1.5}} \sqrt{\frac{L}{h_{roz}}} \right) \quad (\text{Ecuación 2.16})$$

2.1.16. Caudales de bombeo y derrame.

Al buscar la relación entre la velocidad en la tubería de alimentación y el tiempo llegamos a determinar los caudales de bombeo y derrame, por las válvulas de impulsión y válvula de descarga, respectivamente.

$$Q = q_d + q_b \quad (\text{Ecuación 2.17})$$

$$q_d = \frac{1}{T} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \left[\int_0^{T_a} v(t) dt + \int_{T_a+T_d}^{T_a} v(t) dt \right] \quad (\text{Ecuación 2.18})$$

$$q_b = \frac{1}{T} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \int_{T_a}^{T_a+T_d} v(t) dt \quad (\text{Ecuación 2.19})$$

2.1.17. Altura desarrollada por el ariete.

Para obtener la altura desarrollada por el ariete, tenemos que sumar la altura de descarga (h_d) más todas las pérdidas producidas en el transcurso desde la captación hasta el tanque de almacenamiento

$$H_i = h_d + h_{roz} + h_{men} + h_{iner} \quad (\text{Ecuación 2.20})$$

La h_{iner} es la resistencia de inercia al movimiento o la energía gastada para vencer la fuerzas inerciales y se la define según la expresión.

$$h_{iner} = \frac{1}{g} \frac{dv}{dt} \quad (\text{Ecuación 2.21})$$

Donde $\frac{dv}{dt}$, es la variación de velocidad con respecto al tiempo, $v = f(t)$.

2.1.18.Cálculo del golpe de ariete.

El golpe de ariete o más conocido como el pulso de Joukowsky, fue llamado así en honor del ingeniero ruso NikolayEgorovichZhukovskiy. Es uno de los fenómenos causantes de averías en las tuberías e instalaciones hidráulicas, pero en nuestro caso el fenómeno será aprovechado como una forma de realizar un trabajo destinado como es el bombeo de agua. En el estudio de este fenómeno tenemos que ignorar las dos tesis normalmente adoptadas en flujo de tuberías como es el fluido incompresible y régimen permanente, ya que el golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por tanto de régimen variable, en el que encontramos que la tubería ya no es rígida y el líquido puede llegar a ser comprensible.

El golpe de ariete nace debido a que el fluido es ligeramente elástico, lo que en algunas ocasiones se puede considerar como un fluido compresible, lo que resulta, que cuando se cierre de una manera rápida una válvula o grifo instalado uno de los extremos de la tubería de una longitud dada, las partículas del fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen detrás y que continúan en movimiento, esto hace que exista una sobrepresión que se desplaza por nuestra tubería a una velocidad un poco menor que la del sonido en el fluido.

Esta sobrepresión presenta dos consecuencias:

- Comprime levemente el fluido, disminuyendo su volumen.
- Y dilatada tubería.

La fuerza de inercia de líquido en estado dinámico en la conducción, origina tras el cierre brusco de válvulas, presiones y de presiones debidas al movimiento ondulatorio de la columna líquida, hasta que se produzca el paro de toda la masa de fluido. Las

depresiones o sobre presiones empieza ningún máximo al cierre de válvulas, disminuyendo hasta el final en que desaparecerán, quedando la conducción del régimen estático.

2.1.19. Ecuaciones que intervienen en el fenómeno del golpe de ariete.

2.1.19.1. Celeridad del pulso de presión.

En lo referente a la celeridad del pulso de presión Joukowski fue también el primero en desarrollar una expresión para el cálculo de velocidad de onda en función de los parámetros de la instalación, y viene dada por la siguiente fórmula:

$$a = \sqrt{\frac{\frac{K}{\rho}}{1 + \frac{KD}{eE}}} \quad (\text{Ecuación 2.22})$$

Dónde:

a = celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería, (m/s)

K = módulo de elasticidad del fluido (módulo de Bulk), (N/m^2)

ρ = densidad de líquido, (kg/m^3)

D = diámetro de la tubería, (m)

E = módulo de elasticidad de la tubería, (N/m^2)

e = espesor de la tubería, (m).

Para nuestro caso en particular el fluido es agua ($K = 2.24 \text{ N/m}^2$, $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$), puede expresarse con la ecuación.

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{KD}{eE}}} \quad (\text{Ecuación 2.23})$$

Y como nos podemos dar cuenta muestra el valor máximo, para una tubería infinitamente rígida es 1425 m/seg.

2.1.19.2. Tiempo de cierre.

El cálculo de la sobrepresión viene dado por el tiempo de cierre, t_c de la válvula. En adelante se denominará periodo o fase de la tubería el tiempo en que la onda de sobrepresión va ahí vuelve desde una parte de la tubería a la otra siendo dada por la siguiente ecuación:

$$T = \frac{2L}{a} \quad (\text{Ecuación 2.24})$$

Dónde:

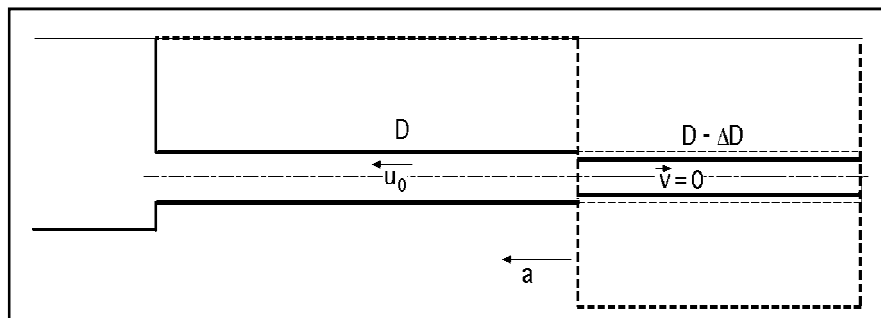
T = fase o periodo de la tubería dada en (s).

L = Longitud de la tubería dada en (m).

a = Velocidad de propagación de la onda dada (m/s)

La onda tiene un recorrido por la tubería de ida y venida con un mismo tiempo T , en el caso de la sobrepresión se lo reconocerá como un signo positivo y la depresión como un signo negativo como lo muestra la gráfica:

GráficoN°4.
TIEMPO DE CIERRE DE UNA VÁLVULA.



Fuente: personales.ya.com/universal/TermoWeb/MecánicaFluidos

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

El tiempo de maniobras de cierre juega un papel importante en el desempeño de la válvula, por ejemplo si se cierra muy rápido la válvula no se verá la actuación de la depresión, por el contrario si la válvula se cierra lentamente, habrá tiempo para que la onda de depresión actúe, antes de la obturación completa. Mediante las siguientes ecuaciones se determinará si existe una maniobra de válvulas lenta o rápida:

$$t_c < \frac{2L}{a} (\text{Sobrepresión})$$

$$t_c > \frac{2L}{a} (\text{Depresión})$$

Debemos tomar en cuenta que si el cierre de la válvula es rápido en consecuencia la sobrepresión es máxima y se calcula con la siguiente ecuación que viene dada por:

$$h_a = \frac{av}{g} \quad (\text{Ecuación 2.25})$$

Dónde:

V = velocidad media (m/s).

h_a = aumento de presión expresados en (mmH₂O)

a = celeridad del pulso de presión (m/s)

Por el contrario para un cierre lento de válvula se puede aplicar la fórmula de Michaud, en la cual toma en cuenta la proporción de la velocidad con T/t_c la cual es válida para maniobras con variación lineal de velocidad y es la siguiente:

$$h_a = \frac{av K}{g t_c} \quad (\text{Ecuación 2.26})$$

$$h_a = \frac{av \frac{2L}{a}}{g t_c} \quad (\text{Ecuación 2.27})$$

$$h_a = \frac{2LV}{gt_c} \quad (\text{Ecuación 2.28})$$

2.1.19.3.El pulso de Joukowsky.

El valor del pulso de Joukowsky representa el máximo cambio de velocidad posible. Es decir, muestra en el fondo la relación causa efecto ante un pulso de presión en el sistema, y viene dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \rho a v \quad (\text{Ecuación 2.29})$$

Dónde:

Δp = Variación en las condiciones del flujo

ρ = Densidad del fluido

a = Celeridad del onda de presión

2.1.20. Flujo y pérdidas hidráulicas para el ariete multipulsor.

La construcción de un ariete multipulsor favorece enormemente la distribución del gasto entre las tres válvulas q implementaremos, claro q al referirnos a estas como similares entre sí. El caudal se verá reflejado de la siguiente forma:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (\text{Ecuación 2.30})$$

Al poseer esta ventaja la resistencia hidráulica se ve dividida en tres frente al recorrido de la altura H_a la cual recorrerá el fluido, favoreciendo de una manera drástica al caudal total que vendría dada por la fórmula:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (\text{Ecuación 2.31})$$

En consecuencia el dispositivo adquiere mayor eficiencia y aprovecha de mejor manera la alimentación inicial del fluido, lo que se reflejará en el volumen de agua que fluirá por el ariete.

$$\sum h_{v1} = \sum h_{v2} = \sum h_{v3}$$

$$K_1 \frac{V_1^2}{2g} = K_2 \frac{V_2^2}{2g} = K_3 \frac{V_3^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 2.32})$$

En función del caudal:

$$Q = VA ; V = \frac{Q}{A}$$

$$K_1 \frac{Q_1^2}{2gA^2} = K_2 \frac{Q_2^2}{2gA^2} = K_3 \frac{Q_3^2}{2gA^2} \quad (\text{Ecuación 2.33})$$

Dónde:

$\sum h_v$ = sumatoria de perdidas hidráulicas

K = coeficiente de resistencia

A = área en (m²)

Q = caudal dado en (m³/s)

g = gravedad con valor de (9,81m/s²)

V = velocidad (m/s)

2.1.21. Cálculo de la eficiencia.

La eficiencia en un ariete está dada por la relación entre la potencia útil entregada en la descarga y la potencia recibida desde la alimentación

$$\eta = \frac{Nu}{Nb} 100 [\%] \quad (\text{Ecuación 2.34})$$

Dónde:

(Nu) = Potencia útil entregada.

(Nb) = Potencia recibida.

2.1.21.1. Eficiencia de D'Aubuisson.

La eficiencia de un ariete desde el punto de D'Aubuisson en la cual obtenemos la llamada relación de donde el autor tomó como referencia el nivel b, considerando solamente el cuerpo del ariete entonces la potencia entregada en la descarga será.

$$Nu = q \cdot H_i \cdot g \cdot \rho ; (w) \quad (\text{Ecuación 2.35})$$

Dónde:

q = caudal de bombeo; (m³/s)

H_i = Altura de impulsión; (m)

$$H_i = h_d + \sum h + h_i \quad (\text{Ecuación 2.36})$$

Dónde:

h_d = diferencia de nivel; (m)

Σh = Sumatoria de pérdidas hidráulicas; (m)

h_i = pérdidas inerciales ; (m)

g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

ρ = densidad del agua (Kg/m^3)

$$N_b = (Q + q) \cdot H_a \cdot g \cdot r ; [W] \quad (\text{Ecuación 2.37})$$

Dónde:

Q = Caudal derramado por la válvula de impulso (m^3/s)

$Q + q$ = Caudal de alimentación (m^3/s)

H_a = Altura de la alimentación (m)

$$N_u = q \cdot H_i \cdot g \cdot \rho ; [W] \quad (\text{Ecuación 2.38})$$

Finalmente,

$$\eta_\lambda = \frac{q \cdot H_i}{(Q + q) H_a} * 100 ; [\%] \quad (\text{Ecuación 2.39})$$

2.1.21.2.Eficiencia de Rankine.

Desde otro punto de vista se determina la eficiencia y como referencia se toma el nivel a, considerando la instalación como un todo. Entonces:

$$Nu = q(Hi - Ha).g.\rho ; [W] \quad (\text{Ecuación 2.40})$$

$$Nb = Q.Ha.g.\rho ; [W] \quad (\text{Ecuación 2.41})$$

Entonces

$$\eta_R = \frac{q(Hi - Ha)}{QHa} 100 ; [\%] \quad (\text{Ecuación 2.42})$$

2.1.22. RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO.

El rendimiento volumétrico es la relación entre el caudal de alimentación (Q + q) y el de descarga (q).

$$\eta_v = \frac{q}{Q + q} 100 ; [\%] \quad (\text{Ecuación 2.43})$$

2.2.SISTEMA HIDRONEUMÁTICO.

Se denomina así a un equipo constituido básicamente por un tanque herméticamente cerrado en el cual se almacena agua y aire a presión con valores convenientes para su distribución y utilización en una red sanitaria o de riego.

El aire a presión actúa como elemento elástico (resorte) impulsando la salida del agua contenida en el tanque conforme a los requerimientos de un consumo que se alimenta desde el mismo.

Como consecuencia de la salida del agua contenida en el tanque disminuye la presión interior en el mismo hasta que un proceso de inyección de agua repone la consumida llevando la presión a un nuevo valor y cerrando un ciclo.

Si se agrega una bomba para inyectar agua en el tanque queda configurado el funcionamiento del sistema hidroneumático según el siguiente esquema:

1.- La bomba inyecta agua a presión en el tanque comprimiendo el aire contenido en el mismo.

En un ciclo inicial el tanque está lleno solamente de aire a la presión atmosférica y la entrada de agua comprime el aire interior aumentando la presión hasta llegar a un valor máximo previamente establecido, que censado por un presostato (interruptor accionado por la presión en el tanque) detiene el funcionamiento de la bomba.

2.-La salida de agua del tanque (por utilización o consumo) se produce a expensas de la presión acumulada en el mismo (disminución). Cuando se llega a un valor mínimo prefijado, censado por el presostato, se pone nuevamente en marcha la bomba.

3.- Se completa en esta forma el ciclo del Sistema Hidroneumático, entre la presión máxima en que el presostato detiene la bomba y la presión mínima en la que el presostato la vuelve a poner en marcha comenzando así un nuevo ciclo.

2.3.Bombas hidráulicas.

Una bomba hidráulica es un dispositivo que recibe energía mecánica de una fuente exterior y la transforma en energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un fluido cuyas moléculas están sometidas a dicha presión; las bombas hidráulicas son elementos encargados de impulsar fluido (aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica en energía hidráulica.

Las bombas están destinadas a suministrar un flujo de líquido aun sistema hidráulico, dado que la presión se crea solamente por una resistencia al flujo la bomba no crea presión en el sistema.

Mientras que la bomba proporciona flujo transmite una fuerza al líquido por que el flujo de líquido encuentra resistencia, esta fuerza se transforma en presión. La resistencia al flujo es el resultado de uno o más obstáculos en la trayectoria del mismo, estos obstáculos se presentan normalmente por el trabajo logrado por el sistema hidráulico, pero puede ser también debido a restricciones como codos, uniones, válvulas, etc., dentro del sistema hidráulico.

Así la presión es controlada por la carga impuesta sobre el sistema o la acción de un dispositivo o equipo regulador de presión.

Las bombas deben tener una fuente continua de líquido disponible en el punto de entrada para suministrar el líquido al sistema.

Ya que la bomba fuerza el líquido a través del punto de salida, un vacío parcial o un área de baja presión se crea en el punto de entrada. Cuando la presión en el punto de entrada de la bomba es más baja que la presión atmosférica local, la presión atmosférica que actúa sobre el líquido en el depósito fuerza el líquido hacia la entrada de la bomba. Si la bomba está situada en un nivel más bajo que el depósito la fuerza de gravedad complementa a la presión atmosférica sobre el depósito.

El proceso de transformación de energía se efectúa en dos etapas:

Aspiración: Con la energía mecánica comienza a girar la bomba y con esto se genera una disminución en la presión en la entrada de la bomba, como el depósito de fluido se encuentra a presión atmosférica, se genera entonces una diferencia de presiones con lo cual se provoca la succión y con ello el impulso del fluido hacia la entrada de la bomba.

Descarga: Al entrar el fluido lo toma y lo traslada hasta la salida y se asegura por la forma constructiva que no retroceda; por esto el fluido no tiene más alternativa que ingresar al sistema que es donde se encuentra espacio disponible, consiguiendo así la descarga.

ImagenN° 1.
BOMBA CENTRIFUGA



Fuente: monografias.com,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011

2.3.1. Clasificación de las bombas.

Generalmente las bombas son clasificadas por su salida volumétrica y presión, siendo esta la cantidad de líquido que una bomba puede entregar en su punto de salida en cierto periodo de tiempo a una velocidad dada. La salida generalmente se expresa en galones por minuto (gpm). Dado que los cambios en la salida volumétrica afectan a la velocidad de la bomba, algunas bombas se clasifican por su desplazamiento, lo cual significa la cantidad de líquido que la bomba puede entregar por ciclo; puesto que la mayoría de las bombas utilizan una impulsión rotatoria el desplazamiento se expresa en pulgadas cúbicas por revolución.

Para una asimilación mejor las clasificaremos según su principio de funcionamiento de la siguiente forma:

- Bombas de desplazamiento positivo (hidrostáticas)
- Bombas de desplazamiento no positivo (hidrodinámicas)
- Bombas impelentes

2.3.1.1. Bombas de desplazamiento positivo.

En las que el principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan bombas volumétricas. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo. A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en:

2.3.1.2. Bombas de émbolo alternativo.

En las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la bomba alternativa de pistón, la bomba rotativa de pistones o la bomba pistones de accionamiento axial.

2.3.1.3. Bombas volumétricas rotativasorotoestáticas.

En las que una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la bomba de paletas, la bomba de lóbulos, la bomba de engranajes, la bomba de tornillo o la bomba peristáltica.

2.3.1.4. Bombas roto dinámicas.

En las que el principio de funcionamiento está basado en el intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido, aplicando la hidrodinámica.

En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido. En este tipo de máquinas el flujo del fluido es continuo. Estas turbo máquinas hidráulicas generadoras pueden subdividirse en:

2.3.1.5. Radiales o centrífugas.

Cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.

2.3.1.5.1. Funcionamiento de las bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico. Los elementos constructivos de una bomba centrífuga son:

Una **tubería de aspiración**, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.

El **impulsor o rodete**, formado por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

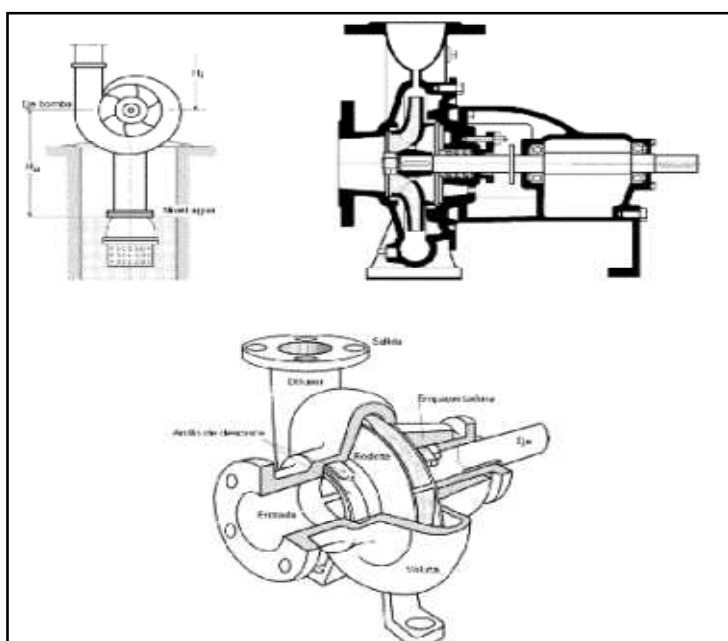
Los **álabes** del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzados los filetes líquidos contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsión.

La **carcasa**, (voluta), está dispuesta en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del rodete, una directriz de álabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo en la voluta.

La finalidad de la voluta es la de recoger el líquido a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarle hacia la brida de impulsión de la bomba. La voluta es también un transformador de energía, ya que disminuye la velocidad (transforma parte de la energía dinámica creada en el rodete en energía de presión), aumentando la presión del líquido a medida que el espacio entre el rodete y la carcasa aumenta.

Imagen N°2.

CORTE Y PARTES DE UNA BOMBA CENTRIFUGA.



Fuente: monografias.com

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

2.3.1.6. Axiales, bombas de flujo axial.

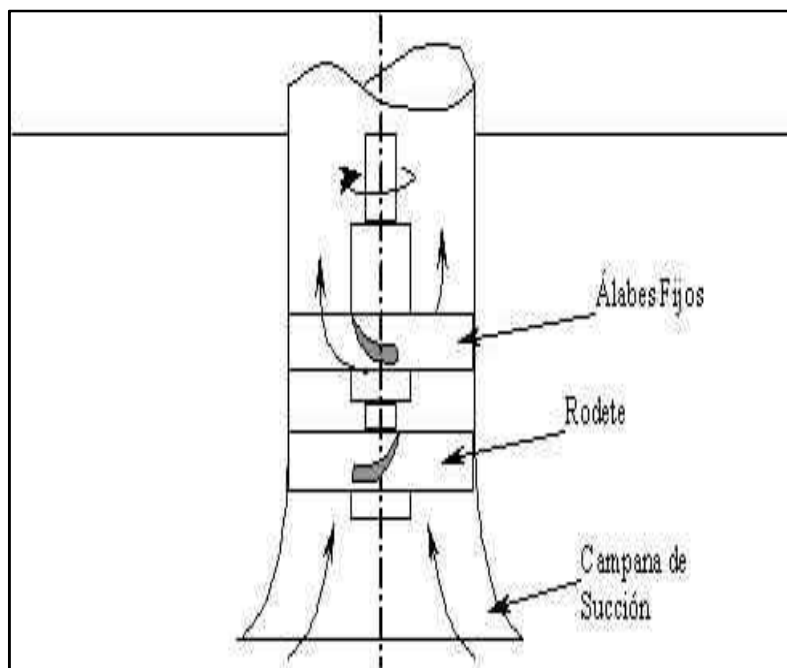
Cuando el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.

El líquido entra en dirección axial y la fuerza centrífuga no juega ningún papel en la generación de la cabeza. El movimiento helicoidal impartido por el rodete al fluido es contrarrestado por los álabes fijos y la descarga se encuentra nuevamente en la dirección axial. El ángulo de inclinación de las aspas tiene gran influencia sobre la cantidad descargada: a menor ángulo, menor cantidad para una velocidad dada.

Las bombas de flujo axial generalmente se ubican suspendidas sobre el pozo de succión con la campana de succión y el rodete sumergidos. El rotor tiene la forma de un propulsor de barco.

Imagen N° 3.

BOMBA DE FLUJO AXIAL.



Fuente: monografias.com

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

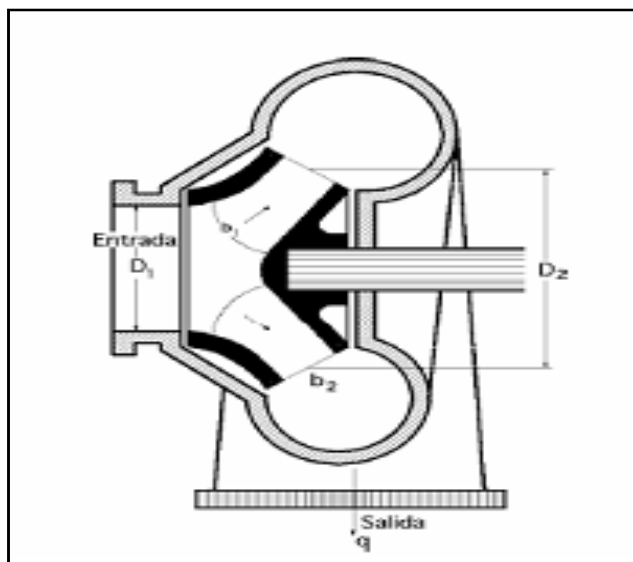
2.3.1.7. Diagonales o helicocentrífugas.

Cuando la trayectoria del fluido se realiza en otra dirección entre las anteriores, es decir, en un cono coaxial con el eje del rodete.

Es decir que el flujo de agua es producido conjuntamente por la acción de la fuerza centrífuga y por el empuje de los álabes, por lo tanto son intermedios de los dos grupos anteriores, tanto en su dirección como en su funcionamiento. La relación entre la altura de elevación y caudal en estos tipos de bombas es intermedia.

Imagen N°4.

BOMBA DIAGONAL O HELICOCENTRÍFUGAS.



Fuente: monografias.com

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

2.4. Golpe de ariete.

El golpe de ariete o choque hidráulico es la variación súbita de la presión de un fluido en consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido

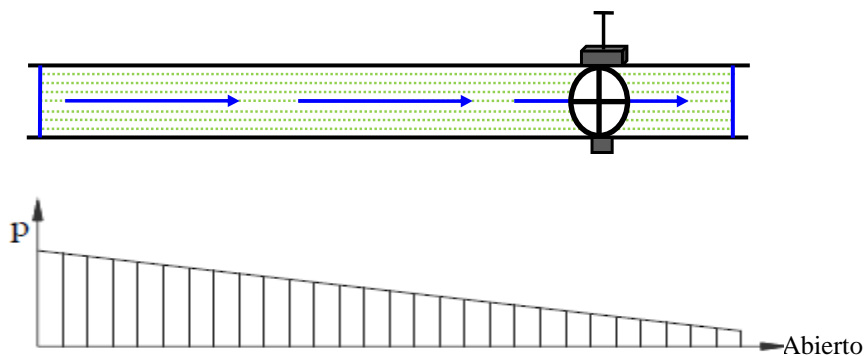
son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad algo menor que la velocidad del sonido en el fluido.

Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería.

Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. En el gráfico 5 (a), se representa la presión al momento de la circulación de un fluido por una tubería.

GráficoN° 5 (a).

REPRESENTACIÓN DE LA PRESIÓN A VÁLVULA ABIERTA.

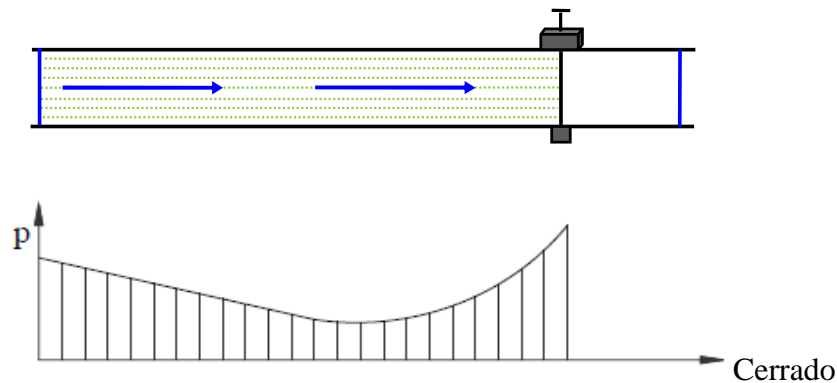


Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El fluido se desplaza en dirección contraria pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. En el gráfico 5 (b), se representa el incremento de presión al momento del cierre de una válvula.

GraficoN°5 (b).

REPRESENTACIÓN DE LA PRESIÓN A VÁLVULA CERRADA.

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

Al reducirse la presión, el fluido puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la onda no se ve disipada, por ejemplo, en un depósito a, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del fluido y a la dilatación de la tubería.

2.4.1. Bomba de ariete.

John Whitehurst de Inglaterra en 1772 inventó el primer aparato para utilizar el efecto del golpe de ariete para bombear agua pero no se tienen detalles sobre el invento. Era un aparato rústico con una válvula de impulsión manual, accionada por un operador.

Pero la primera bomba de ariete similar a las de hoy de la que tenemos noticia fue inventada en 1796 por Joseph Michel Montgolfier quien la instaló en su fábrica de papel. Durante el siglo XIX la bomba de ariete se popularizó mucho, pero con la llegada de la electricidad y los motores baratos ha caído en desuso en los países más ricos aunque sigue utilizándose en países más pobres. La bomba de ariete es una máquina

sencilla que opera bajo el principio de aprovechamiento del golpe de ariete, fenómeno hidrodinámico producido por la detención brusca de una corriente de agua confinada en una tubería rígida. Este fenómeno trae como consecuencia la creación de una onda de alta presión, originada en el lugar en que se produce la detención, que viaja por la tubería. Esta onda posee una presión varias veces mayor que la existente antes de la detención, provocando que el agua fluya hacia el estanque de acumulación.

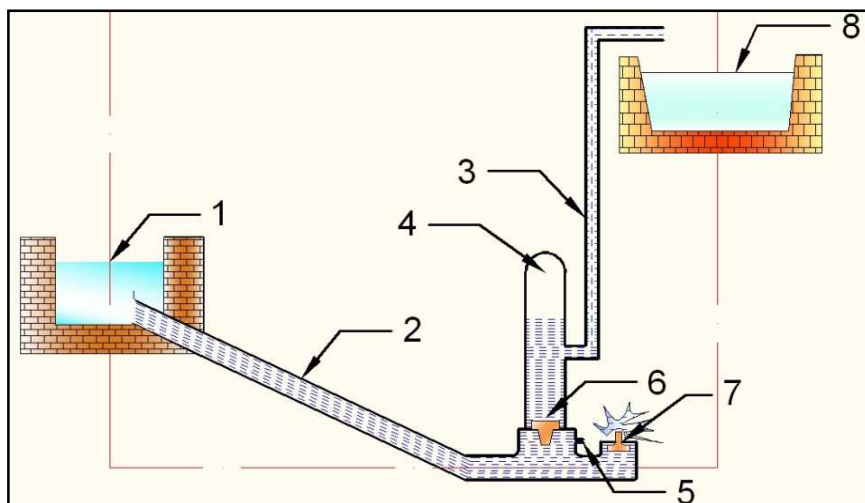
2.4.2. Principio de funcionamiento de la bomba de ariete.

Para comprender mejor el principio de funcionamiento de la bomba de Ariete. Vamos a recurrir a la Gráfico (Nº 6) para su mejor entendimiento. Primero el agua procedente de la fuente de alimentación desciende por gravedad por la tubería de alimentación bajo la acción de la diferencia de nivel, derramándose por la válvula de impulso, hasta tener la velocidad suficiente para que la presión dinámica, sea capaz de cerrarla, contrarrestando su peso. El cierre rápido de la válvula de impulso, produce el efecto conocido como, golpe de ariete, originando una sobrepresión en la tubería de alimentación. La válvula de descarga que se abre por el efecto de dicha sobrepresión, deja pasar cierta cantidad de agua hacia la cámara de aire, comprimiendo el aire existente, y cierta cantidad de agua fluye por la tubería de descarga. El retroceso del agua en la tubería de alimentación, produce una ligera succión en el cuerpo del Ariete o caja de válvula, creando una caída de presión que produce la apertura de las válvulas de ímpetu y el cierre de la válvula de descarga. De esta forma, se crean las condiciones para que se repita el ciclo de operaciones. El aire comprimido continúa impulsando el líquido almacenado en ella por la tubería de descarga, entre ciclos de operaciones; lográndose una entrega de agua casi uniforme hacia el tanque de almacenamiento.

El aire de la cámara neumática se pierde en el flujo bombeado, sino se renovase, manteniendo el nivel aire se saturaría de agua, por esta razón se coloca la válvula de aire en su posición óptima que es debajo de la válvula check. Esta válvula funciona

aprovechando la onda de presión negativa que produce una depresión en la caja del ariete y al producirse dicha depresión, succiona una pequeña cantidad de aire que va a renovar el aire de la cámara.

Gráfico N°6.
ESQUEMA DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

- 1.- Fuente de alimentación.
- 2.- Tubería de alimentación.
- 3.- Tubería de impulsión.
- 4.- Cámara de aire.
- 5.- Válvula de aire.
- 6.- Válvula de descarga.
- 7.- Válvula de impulso.
- 8.- Tanque de almacenamiento.

Si no hubiera una cámara de aire, el agua tendría que volver a recibir una aceleración partiendo de cero en el tubo ascendente. Esto volvería a consumir gran parte de la presión generada y el grado de efectividad sería mucho menor. La longitud del tubo no

influye directamente en el caudal. Sí influye el tiempo de ciclo del transporte mediante la masa del agua que contiene y el tiempo de aceleración. Científico ruso N. Zhukovski (1847-1921). Una tubería larga tiene tiempos de aceleración largos y tiempos de ciclo altos. Si las tuberías son demasiado cortas, la dinámica propia de la válvula de impulsos y de la válvula de retención ejerce una influencia negativa. Debido a su inercia, las válvulas no tienen tiempo suficiente para abrirse y cerrarse por completo en un mismo ciclo.

2.4.3.Elementos para la instalación de una bomba de ariete.

2.4.3.1.Captación de la fuente.

Para proveer una alimentación constante y una caída uniforme de agua, es aconsejable retener el caudal de la fuente de captación, mediante un pequeño embalse, cuyo diseño y construcción variará dependiendo si la fuente de agua es un río, estero, vertiente o canal.

Es aconsejable para consumo humano y animal, tomar las medidas necesarias para evitar la contaminación del agua. En caso de que existan demasiadas partículas en suspensión, se recomienda la construcción de un desarenador o cámara de decantación.El embalse deberá estar provisto de un vertedero de dimensiones suficientes para desviar el creciente caudal de invierno por la crecida de los ríos, para evitar el daño a las estructuras y al muro debido a la acción erosiva de estos caudales.

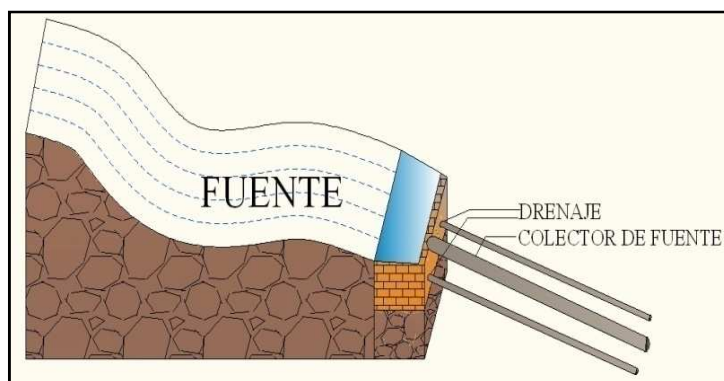
Se recomienda la instalación de una tubería de desagüe con una válvula de compuerta en el fondo del embalse, que permita vaciar el agua almacenada y realizar limpiezas, ampliaciones o reparaciones del embalse y sus estructuras.

En el muro del embalse se conectará y fijará la tubería de alimentación, cuyo extremo inicial quedará sumergido en el agua.

La entrada del agua a la tubería de alimentación debe protegerse con una malla de filtraje, para evitar el ingreso de partículas y objetos en suspensión. Esta malla debe quedar por lo menos 30 cm por debajo del nivel del agua, o a una profundidad mayor a tres veces el diámetro de la tubería de alimentación, para evitar la formación de remolinos y la entrada de aire y objetos flotantes. También se recomienda una distancia mínima de 10 cm por sobre del fondo, para evitar la succión de sedimentos acumulados.

GráficoNº7.

DISEÑO PARA LA CAPTACIÓN DE UNA FUENTE.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

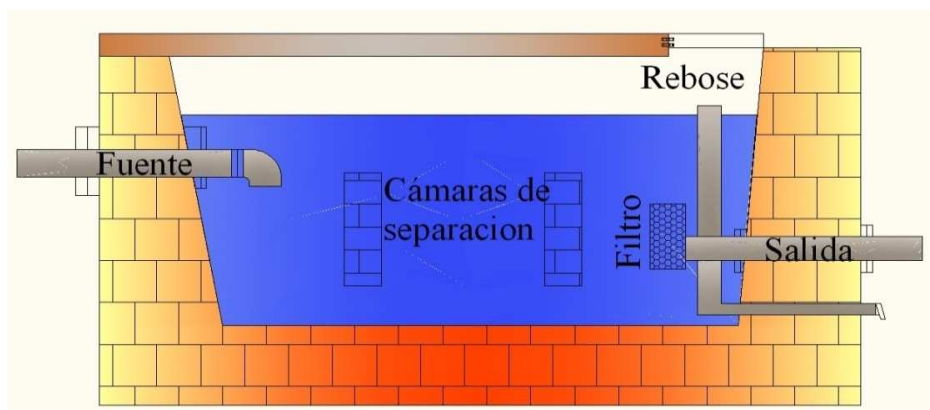
Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

2.4.3.2. Colector de fuente

Conectado al drenaje de la fuente se encuentra el colector de fuente es un pozo que colecta el agua de la fuente y se deja que repose. Por su capacidad de acumulación, el colector de fuente se encarga en sentido inverso de que se mantengan condiciones hidráulicas constantes en la fuente. Los colectores de fuente se fabrican en plástico u hormigón como piezas prefabricadas ajustadas a las condiciones del terreno y al caudal.

En los pozos prefabricados, los tubos de rebose con tapa contra ranas, toma y entrada de aire adicional, así como las cámaras de separación, los dispositivos de cierre y la descarga de fondo se construyen a partir de especificaciones y experiencia práctica.

GráficoN°8.
COLECTOR DE FUENTE



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

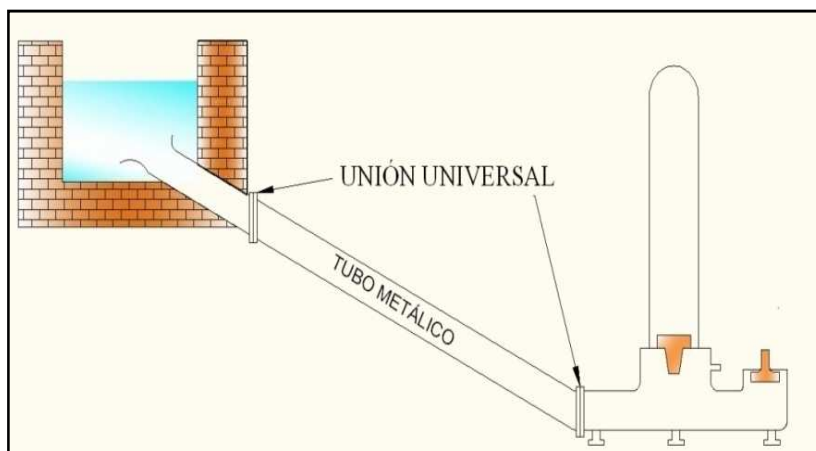
Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

2.4.3.3. Tubería de alimentación.

Esta tubería debe ser rígida y rectilínea, para evitar la formación de bolsas de aire que perjudiquen el rendimiento del ariete.

Con el objeto de resistir los impactos de la sobrepresión generada por efecto del golpe de ariete, el material de esta tubería debe ser metálico, preferentemente acero galvanizado, pudiendo ser utilizado otro tipo de material sólo si es revestido exteriormente con concreto, ya que la dureza del concreto evitaría daños y deformaciones en la tubería, causadas por depresiones o sobrepresiones en el sistema. El diámetro de esta tubería debe ser igual al diámetro de admisión del ariete.

GráficoN°9.
TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

La tubería, al igual que sus uniones, debe ser completamente hermética.

Además, debe estar firmemente anclada en toda su longitud, en lo posible enterrada en el suelo, o fijada a sólidos anclajes en caso de estar sobre el suelo o suspendida en el aire.

2.4.3.4. Detalles en la instalación de la bomba de ariete.

El ariete se debe fijar sobre una base horizontal, en lo posible una sólida base de concreto, o sobre madera dura y resistente, utilizando pernos para su anclaje, con el objetivo de resistir la vibración causada por el martilleo de la válvula de escape.

Se debe instalar una válvula de compuerta con bridas o unión universal en los dos extremos del ariete. Esto es de mucha utilidad práctica ya que permite realizar posibles ajustes, mantención, o reparación del ariete, sin necesidad de vaciar las tuberías de

alimentación y de impulsión. También se utilizan estas válvulas para detener el ariete cuando no se requiere operarlo, para lo cual se procede a cerrarlas.

Debe construirse un adecuado sistema de drenaje para recolectar el agua que escurre a través de la válvula de escape, descargándola lejos de la base de anclaje, evitando su socavamiento. Si hay incidencia de heladas, es recomendable cubrir el ariete y las válvulas de compuerta con un techo. Igualmente, las tuberías de alimentación e impulsión deben protegerse envolviéndolas con sacos plásticos, o enterrarlas en el tramo que sea posible.

Finalmente, es recomendable proteger el ariete con una caseta de madera o concreto, provista de una puerta para su inspección.

2.4.3.5. Tubería de impulsión.

Esta tubería puede ser metálica, pero es posible utilizar también tuberías plásticas (PVC o Polietileno), que cumplan con los requisitos de resistencia a la presión de la instalación. Esta tubería debe ser de un diámetro mayor o igual a la descarga del ariete.

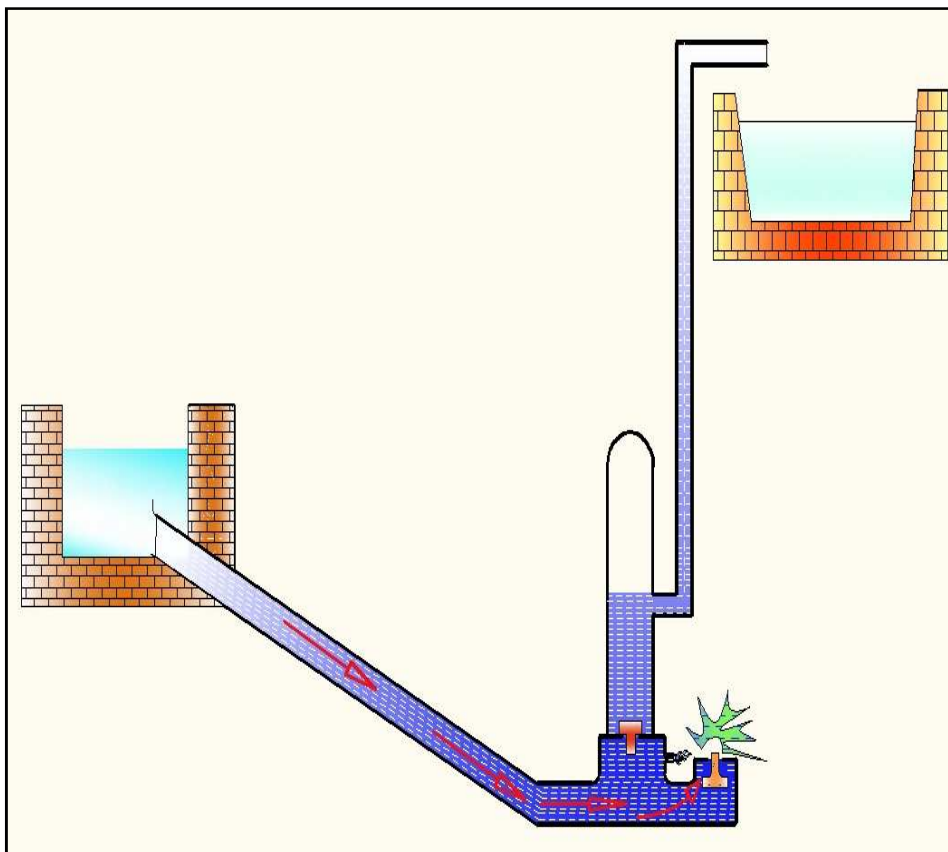
Aunque no es imprescindible, en lo posible debe ser rectilínea, evitando ángulos para reducir pérdidas por fricción. Si esta tubería asciende por un declive y luego baja por una depresión del terreno, es aconsejable instalar una pequeña válvula de alivio en el punto más alto de su trayectoria, para eliminar acumulaciones de aire.

2.4.4. Ciclos de trabajo del ariete.

2.4.4.1. Ciclo1: de aceleración o derrame.

Este periodo se inicia desde el instante en que la velocidad del agua en la tubería de alimentación es nula ($v = 0$), las válvulas de impulso se encuentran abiertas y la de descarga cerrada, el agua se acelera bajo el efecto de la altura de alimentación H_a , hasta que la fuerza del flujo contra las válvulas de impulsión es demasiado potente y las cierra iniciándose el ciclo 2.

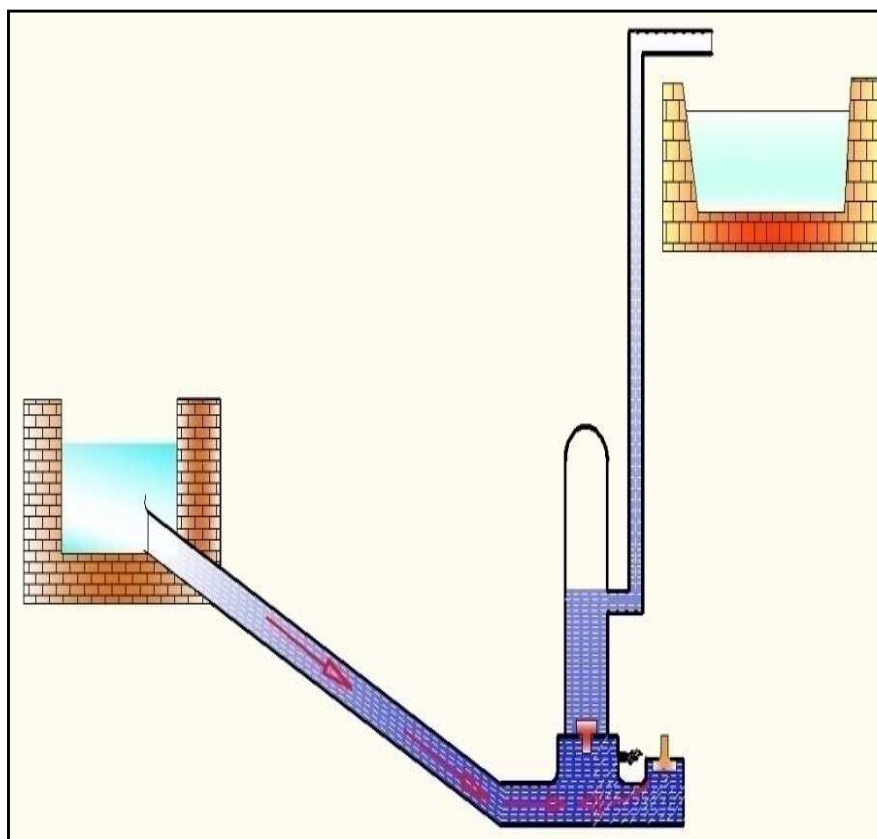
GráficoN°10.
ACELERACIÓN DEL FLUIDO Y DERRAME.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

GráficoNº11.
CIERRE DE LA VÁLVULA DE IMPULSO.



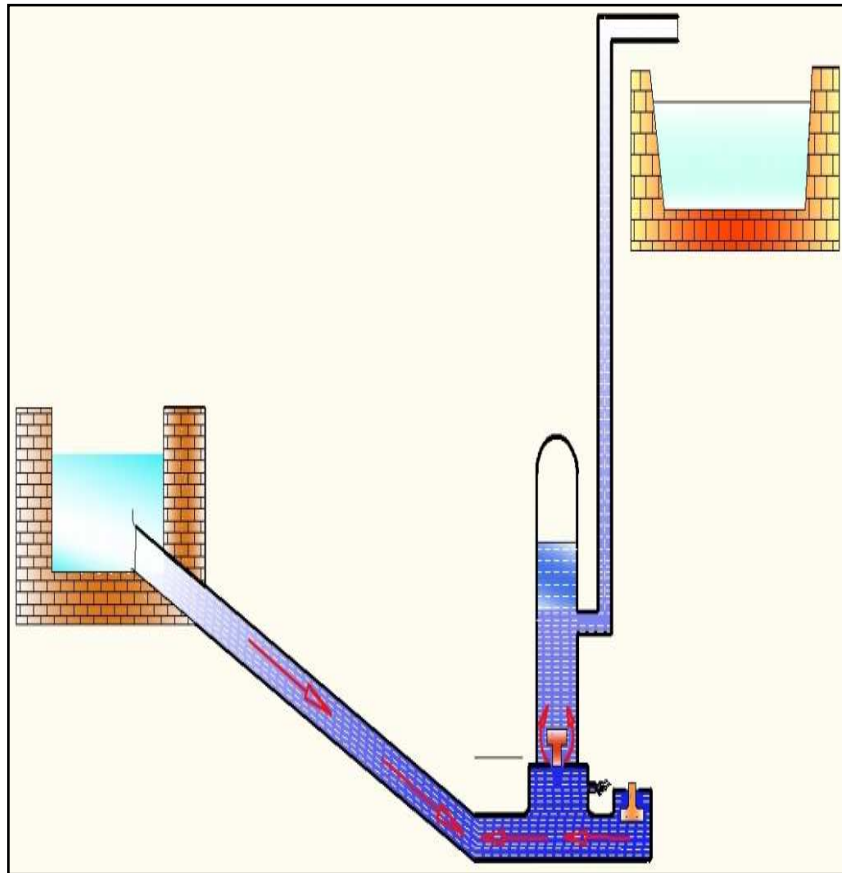
Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

2.4.4.2. Ciclo 2: de retardación o bombeo

Este periodo se inicia desde el instante en que se cierran las válvulas de impulso hasta el momento en que se produce la desaceleración del flujo en la cámara de aire. La columna de agua en la tubería se frena considerablemente y en este instante en la caja de válvulas se produce una sobrepresión, que se amortigua en la cámara de aire.

GráficoN°12.
AMORTIGUACIÓN EN LA CÁMARA DE AIRE



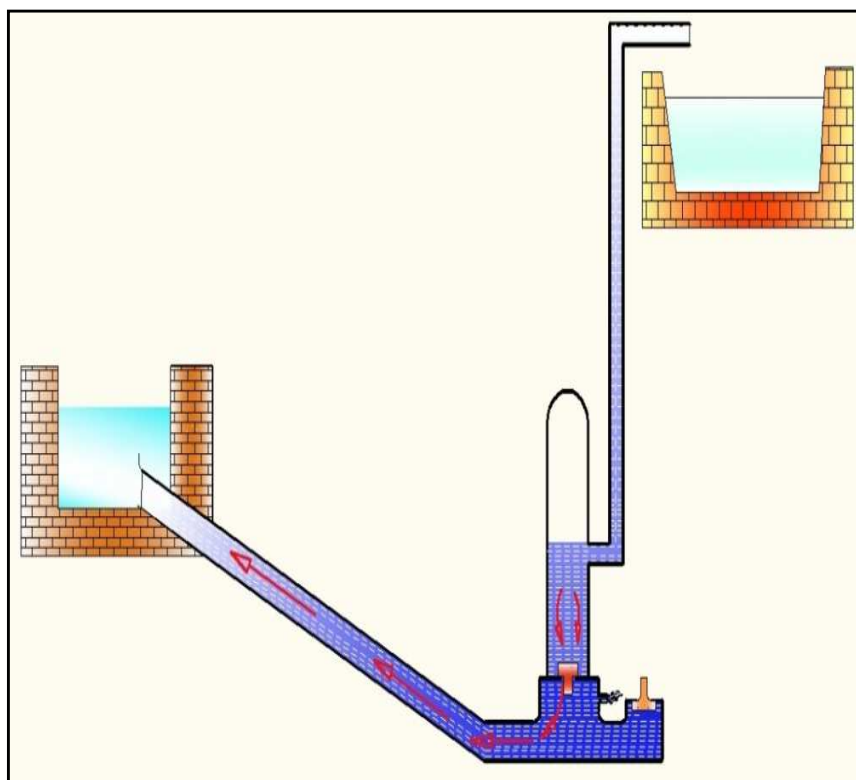
Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

2.4.4.3. Ciclo 3: de retroceso o de flujo invertido

Este periodo incluye el tiempo durante el cual se cierra la válvula de descarga se produce la caída de presión y la reapertura de las válvulas de impulsión al instante en que la velocidad se hace cero ($v = 0$), iniciándose un nuevo ciclo.

GráficoN°13.
CIERRE DE LA VÁLVULA DE DESCARGA.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

2.5.Bombas de ariete existentes en el mercado

Como es de saber común el aumentando tecnologías en busca del desarrollo y eficiencia para todos los equipos es algo que está de moda en nuestros tiempos y la bomba de ariete no es la excepción por lo tanto las empresas han desarrollado diferentes prototipos y diversas formas constructivas en los últimos años, pero existe algo que casi nunca se lo puede alterar que es su principio de funcionamiento.

ImagenN° 5.

ARIETE FINESTRA.

Fuente: Biblioteca virtual
Sornoza y X. Ramírez.

ImagenN°6.

ARIETE JECH

Fuente: Biblioteca virtual **Elaborado por:** F.
Elaborado por: F. Sornoza y X. Ramírez.

ImagenN° 7.

ARIETE AHM CITA 6-L3VARIETE HOREB

Fuente: Biblioteca virtual
Elaborado por: F. Sornoza y X. Ramírez.

Imagen N°8.



Fuente: Biblioteca virtual
Elaborado por: F. Sornoza y X. Ramírez.

ImagineN°9.**ARIETE HYDRAULISCHER WIDDER****Fuente:** Biblioteca virtual**Elaborado por:** F. Sornoza y X. Ramírez.**ImagenN°10****ARIETE IMPAG.****Fuente:**Biblioteca virtual**Elaborado por:** F. Sornoza y X. Ramírez.**ImagenN°11 .****ARIETE ARGENTINO ARROYO****Fuente:**Biblioteca virtual**Elaborado por:** F. Sornoza y X. Ramírez.**ImagenN°12.****Ariete GEA****Fuente:**Biblioteca virtual**Elaborado por:** F. Sornoza y X. Ramírez.

2.6. Análisis por elementos finitos

2.6.1 Introducción

La técnica de análisis por elementos finitos (AEF) consiste en dividir la geometría en la que pequeños elementos, teniendo en cuenta unas ecuaciones de campo en cada elemento, los elementos del entorno de vecindad y las fuentes generadoras de campo en cada elemento.

Habitualmente, esta técnica es muy utilizada en el ámbito de la ingeniería debido a que muchos problemas físicos de interés se formulan mediante la resolución de una ecuación diferencial en derivadas parciales, a partir de cuya solución es posible modelar dicho problema (transmisión del calor, electromagnetismo, cálculo de estructuras, etc.). Esta técnica se encuentra automatizada en las herramientas *software* comercial, llamadas herramientas de análisis por elementos finitos para problemas físicos tanto de propósito general, como aplicadas a problemas físicos particulares.

2.6.2 Historia

El análisis de elementos finitos desde su enfoque matemático fue desarrollado en 1943 por Richard Courant, quien usó el Método de Ritz del análisis numérico y el cálculo variacional para obtener soluciones aproximadas para sistemas oscilatorios. Desde un punto de vista ingenieril, el análisis de elementos finitos se origina como el método de análisis estructural de matrices de desplazamiento, el cual surge luego de varias décadas de investigación, principalmente en la industria aeroespacial inglesa, como una variante apropiada para computadores.^[1] Para finales de los años de la década de 1950, los conceptos claves de matriz de rigidez y ensamble de elementos existe en las formas como se conocen hoy en día, la demanda de la NASA repercutió en el desarrollo del software de elementos finitos NASTRAN en 1965.

2.6.3 Aplicaciones

En estas aplicaciones, el objeto o sistema se representa por un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas y conectadas. Ecuaciones de equilibrio, junto con consideraciones físicas aplicables así como relaciones constitutivas, se aplican a cada elemento, y se construye un sistema de varias ecuaciones. El sistema de ecuaciones se resuelve para los valores desconocidos usando técnicas de álgebra lineal o esquemas no lineales, dependiendo del problema. Siendo un método aproximado, la precisión de los métodos FEA puede ser mejorada refinando la discretización en el modelo, usando más elementos y nodos.

Comúnmente se usa FEA en determinar los esfuerzos y desplazamientos en sistemas mecánicos. Es además usado de manera rutinaria en el análisis de muchos otros tipos de problemas, entre ellos Transferencia de calor, dinámica de fluidos, y electromagnetismo. Con FEA se pueden manejar sistemas complejos cuyas soluciones analíticas son difícilmente encontradas.

2.6.4 Análisis por elementos finitos

En general, hay tres fases en cualquier tarea asistida por computador:

1. Pre-procesamiento. Definir el modelo de elementos finitos y los factores ambientales que influyen en él.
2. Solución del análisis. Solucionar el modelo de elementos finitos.
3. Post-procesamiento de resultados usando herramientas de visualización.

2.6.5 Pre-procesamiento

El primer paso en FEA, pre-procesamiento, es construir un modelo de elementos finitos de la estructura a ser analizada. En muchos paquetes de FEA se requiere de la entrada de una descripción topológica de las características geométricas de la estructura. Ésta puede ser 1D, 2D, o 3D. El objetivo principal del modelo es replicar de manera realista los parámetros importantes y características del modelo real.

La manera más sencilla para conseguir similaridad en el análisis es utilizar planos pre existentes, modelos CAD, o datos importados de un ambiente FEA. Una vez se ha creado la geometría, se utiliza un procedimiento para definir y dividir el modelo en "pequeños" elementos. En general, un modelo de elementos finitos está definido por una malla, la cual está conformada por elementos y nodos.

Los nodos representan puntos en los cuales se calcula el desplazamiento (análisis estructural). Los paquetes de FEA enumeran los nodos como una herramienta de identificación. Los elementos están determinados por conjuntos de nodos, y definen propiedades localizadas de masa y rigidez. Los elementos también están definidos por la numeración de la malla, la cual permite referenciar la correspondiente deflexión o esfuerzo (en análisis estructural) para una localización específica.

2.6.6 Análisis (cómputo de la solución)

En la siguiente etapa en el proceso de análisis de elementos finitos se lleva a cabo una serie de procesos computacionales que involucran fuerzas aplicadas, y las propiedades de los elementos de donde producir un modelo de solución. Tal análisis estructural permite la determinación de efectos como lo son las deformaciones, estiramiento o *estrés* que son causados por fuerzas estructurales aplicadas como lo son la fuerza, la presión y la gravedad.

2.6.7 Post-procesamiento (visualización)

Estos resultados entonces pueden ser estudiados utilizando herramientas visuales dentro del ambiente de FEA para ver y para identificar completamente las implicaciones del análisis. Herramientas numéricas y gráficas permiten la localización precisa de información como esfuerzos y deformaciones a ser identificadas.

CAPÍTULO III

CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR.

3.1. Introducción.

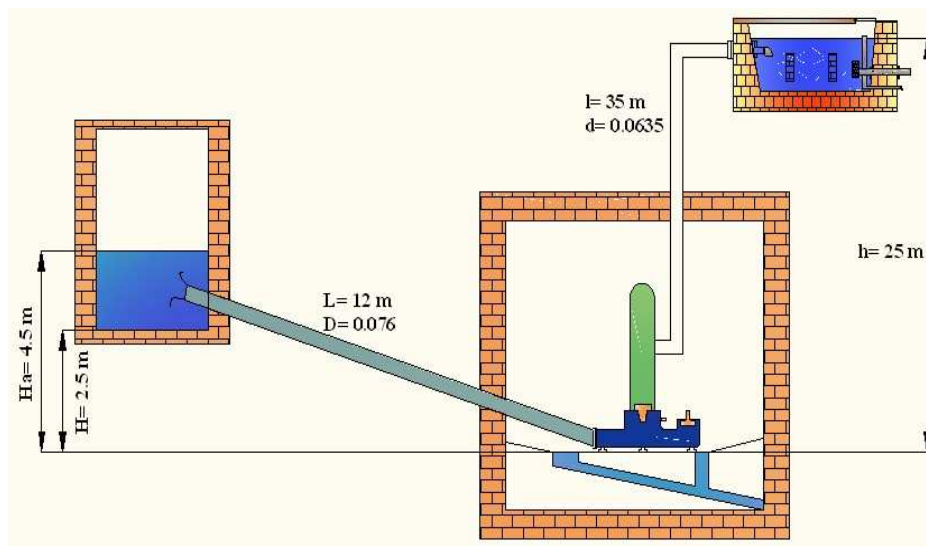
Para esta parte de la investigación tendremos que dividir este capítulo en dos secciones ya que las condiciones a las cuales deben someterse las piezas de la maquina están dispuestas a dos tipos de trabajo, para esto se dividirá el cálculo en:

- Diseño de las partes hidráulicas
- Diseño de los componentes mecánicos

3.2.Exposición de la parte hidráulica de un ariete multipulsor.

Al referirnos a la parte hidráulica estaremos tratando todos los cálculos referentes a los accesorios por los cuales circula fluido o gas, diámetros y longitudes de los mismos como son: dimensiones de toda la instalación, longitud del conducto de impulsión, determinación del tipo de régimen, perdidas por fricción y en accesorios, sobrepresiones y rendimiento.

GráficoN°14.
DESCRIPCIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO



H_a = altura de alimentación

D = diámetro de tubería de alimentación

h = altura de descarga

L = longitud tubería de alimentación

l = longitud del conducto de descarga

d = diámetro del conducto de descarga

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

3.2.1. Cálculo para la selección del ariete hidráulico.

Como primer paso para seleccionar un ariete hidráulico debemos tener en cuenta la cantidad de agua para abastecer el consumo para el cual estamos diseñando el equipo.

Para este caso en particular queremos dotar de agua a una familia de 8 personas adultas, bebida para 10 vacunos adultos y riego para un pequeño terreno, $\frac{1}{4}$ de hectárea. Según la O.M.S. el consumo promedio de una persona en Sudamérica es de 170 litros de agua

por día. Entonces para obtener el caudal requerido por el ariete nos basamos en los siguientes parámetros:

Consumo humano domestico:	170 lts/día/persona.
Consumo bebida animal:	40 lts/día/animal.
Requerimiento critico de riego:	6 lts/día/m ² .

Para lo cual:

$$Q = \frac{[(170 \text{ litros} \times 8 \text{ personas}) + (40 \text{ litros} \times 10 \text{ animales}) + (6 \text{ litros} \times 2500 \text{m}^2)]}{1440 \text{ minutos} (24 \text{ horas})}$$

$$Q_r = 11.6 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

Sabiendo que $h = 2.5 \text{ mts}$, y $H = 25 \text{ mts}$. Obtenemos la eficiencia del ariete hidráulico en función de la relación de alturas h/H , según fórmula de Wodicka.

Como $h/H = 0.1$ entonces, $\& = 0.039$ visto en anexos.

$$Q \geq \frac{Q_r}{\&}$$

$$Q \geq \frac{11.6}{0.039} \geq 297.43 \frac{\text{lts}}{\text{min}}$$

De acuerdo a los datos existentes y concordando con la mayoría de autores el ariete seleccionado corresponde al de:

$$4 \text{ " } x \text{ 1 } \frac{1}{2} \text{ "}$$

3.2.2. Cálculo de la longitud de la tubería de alimentación.

La longitud ideal del conducto de alimentación del ariete hidráulico según Peter Weinmann, corresponde a una relación de 1:4, lo que nos dice que por cada metro de caída vertical para alimentar al ariete hidráulico se proyectaran cuatro metros a la longitud al conducto de alimentación.

Según Kenneth R. Fox, el largo óptimo del conducto de alimentación es de seis veces la altura de caída vertical.

Para nuestro trabajo tomaremos el segundo autor para obtener una mayor distancia y por ende, mas velocidad.

$$L = 6 H \quad \rightarrow \quad L = 6 (2 \text{ mts}) \quad \rightarrow \quad L = 12 \text{ mts}$$

Todos los fabricantes de arietes hidráulicos concuerdan en que el ángulo de inclinación del conducto de alimentación debe estar entre 10° y 45°, para lo cual procederemos.

$$\text{sen } \theta = \frac{\text{desnivel}}{\text{longitud}} \rightarrow \text{sen } \theta = \frac{2}{12} \rightarrow \theta = 9^\circ$$

3.2.3. Definición del tipo de régimen.

Para poder calcular el tipo de régimen en la tubería de alimentación utilizaremos Reynolds, Cabe recordar que la tubería de alimentación del ariete seleccionado es de 3 pulgadas = 0.762 m, para fines de cálculo la velocidad de un fluido es de 1 m/s y en el Ecuador a temperatura ambiente la viscosidad cinemática es de $\nu = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sg}$, entonces.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \rightarrow Re = \frac{1 * 0.0762}{1.14 * 10^{-6}} \rightarrow Re = 66842.11$$

Notamos que el valor calculado pertenece al régimen turbulento.

3.2.4. Calculo de la rugosidad relativa.

A partir de la formula vista en el capítulo dos, calcularemos la rugosidad relativa donde ε es la rugosidad equivalente absoluta, y para el hierro galvanizado es de $\varepsilon = 0.015 \text{ cm}$, según Ronald V. Giles y el diámetro interior de la tubería de alimentación es 7.6 cm, donde obtenemos que:

$$\varepsilon_r = \frac{D}{\varepsilon} \rightarrow \varepsilon_r = \frac{0.0762 \text{ m}}{1.5 * 10^{-4} \text{ m}} \rightarrow \varepsilon_r = 508$$

3.2.5. Cálculo del factor de fricción

La siguiente fórmula nos permite el cálculo directo del valor del factor de fricción, fue desarrollada por P.K. Swamee y A.K. Jain (1976)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(500)} + \frac{5.74}{(66842)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.024$$

En el diagrama de Moody encontramos que el factor de fricción es de 0.026 (ver anexo 3)

3.2.6. Cálculo de pérdidas primarias en la alimentación del ariete

Para calcular las pérdidas por fricción en la tubería de alimentación utilizaremos la ecuación de Darcy explicada en el capítulo dos, es necesario tener en cuenta que para el estudio tomaremos la velocidad de 1.6 m/s, demostrada por Miguel Hadzich.

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_L = 0.026 * \frac{12}{0.0762} * \frac{1.6^2}{2 * 9.81}$$

$$h_L = 0.557 \text{ m} \approx 55.7 \text{ cm}$$

3.2.7. Determinación del caudal circulante en la tubería de alimentación.

Hay que tener presente que el régimen de trabajo al cual se encuentra sometido nuestro equipo es turbulento, por los cálculos anteriormente realizados, así que aplicaremos las expresiones vistas en el capítulo dos para este caso en particular.

$$Q = -6,958 \sqrt{D^5 h_{roz}} \log_{10} \left(\frac{1}{3.7 \frac{D}{\epsilon}} + \frac{0,5667 v}{D^{1.5}} \sqrt{\frac{L}{h_{roz}}} \right)$$

$$Q = -6,958 \sqrt{0,076^5 * 0,557} \log_{10} \left(\frac{1}{3.7 * 500} + \frac{0,5667 * 1,14 * 10^{-6}}{0,076^{1.5}} \sqrt{\frac{12}{0,557}} \right)$$

$$Q = 0.025 \frac{m^3}{s}$$

3.2.8. Calculo de los coeficientes de resistencia por pérdidas secundarias

Las pérdidas de energía son proporcionales a la cabeza de velocidad del fluido al pasar este alrededor de un accesorio, a través de una dilatación o contracción de la sección de flujo.

Para lo cual analizaremos desde la entrada a la tubería de alimentación hasta las válvulas de impulsión, hay que tener en cuenta que las válvulas del ariete son similares en consecuencia el caudal se distribuye uniformemente en cada una y siendo la pérdidas menores las mismas en cada válvula.

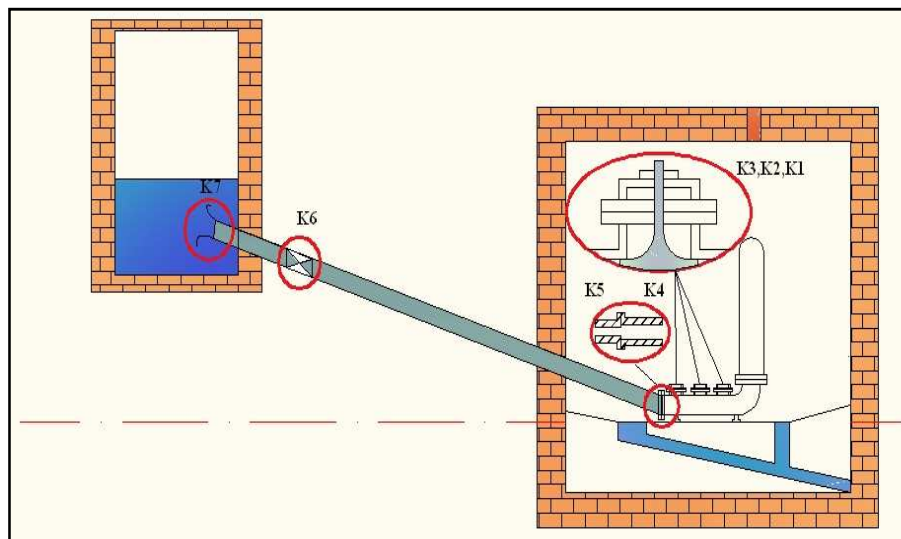
$$\sum h_{V1} + \sum h_{V2} + \sum h_{V3}$$

Reemplazando por las ecuaciones vistas en el capítulo dos tenemos.

$$K_1 \frac{V_1^2}{2g} + K_2 \frac{V_2^2}{2g} + K_3 \frac{V_3^2}{2g}$$

GraficoN°15.

PÉRDIDAS SECUNDARIAS POR ACCESORIOS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

Coefficientes de pérdidas de carga en accesorios(ver anexo2)

$K_1 = K_2 = K_3 = R_{(s)} = 5,89$ (Válvulas de impulsión)

$K_4 = 0,54$ (Ensanchamiento brusco), $K = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$, siempre que $V_1 > V_2$

$K_5 = 0,1-0,4$ (codo de 10° a 40°)

$K_6 = 3,0$ (Válvula de control)

$K_7 = 0,03-0,1$ (Boquilla conoidal o tobera)

J. Krol, plantea una fórmula para calcular el coeficiente de resistencia de las válvulas de impulsión limitada por el peso de las mismas (0,1 – 0,8) Kg; donde s es la carrera de la válvula, $s = 0.35$ pulgadas. (9 mm).

$$R_{(s)} = \frac{2,43 - 1,06s + 10^{(0,95-13,3s)}}{s}$$

$$R_{(s)} = \frac{2,43 - 1,06(0,35) + 10^{[0,95-(13,3*0,35)]}}{0,35} = 5.89$$

3.2.9. Cálculo de la altura de alimentación

Utilizaremos la formula analizada en el capítulo dos

$$Ha = \frac{v^2}{2g} + \left(1 + f \frac{L}{D} + \sum K\right)$$

$$Ha = \frac{1,6^2}{2 * 9,81} \left(1 + 0,026 \frac{12}{0,076} + 9,93 \right)$$

$$Ha = 1.96 \text{ m}$$

3.2.10. Cálculos del área de las válvulas de impulsión.

Para nuestro diseño tomaremos un diámetro $D_1 = 50 \text{ mm}$ y $D_2 = 8 \text{ mm}$ para la salida de cada una de las válvulas y contrapeso, respectivamente, ya que es el diámetro efectivo en cual las válvulas desarrollan su trabajo.

$$A = \frac{\pi D_1^2}{4} \rightarrow \frac{\pi(0.05)^2}{4} \rightarrow 1.96 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

Si este valor lo multiplicamos por tres obtendremos el valor del área total de salida (tres válvulas)

$$A_T = 3(A_1 - A_2) \rightarrow A_T = 3 \left(\frac{\pi 0.05^2}{4} - \frac{\pi 0.008^2}{4} \right) \rightarrow 5.89 * 10^{-3}$$

Una vez obtenida el área total de salida podemos obtener el diámetro total de salida.

$$D_T = \sqrt{\frac{4A_T}{\pi}} \rightarrow D_T = \sqrt{\frac{4(5.65 * 10^{-3})}{\pi}} \rightarrow 0.085 \text{ m}$$

3.2.11. Calculo del caudal necesario para alimentar un ariete hidráulico multipulsor

Existen criterios diversos en lo que respecta a la alimentación de arietes hidráulicos de un solo impulsor, Según “Green y Carter” el caudal necesario para alimentar un ariete de 4” es de $90 - 204 \frac{lt}{min}$ y según la compañía fabricantes de arietes “Lidgerwood” es de $140 - 311 \frac{lt}{min}$, Hay que tener en cuenta que estos caudales son aplicables para arietes monopulsos solamente y no se aplican para arietes multipulsos, ya que en estos el caudal es mayor por lo tanto: $Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$Q = Av$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gH_a}{1 + f \frac{L}{D_T} + \sum K}}$$

$$Q = \frac{\pi(0.085)^2}{4} \sqrt{\frac{2(9.81)(1.96)}{1 + 0.026 \frac{12}{0.085} + 9.93}}$$

$$Q = 9.2 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Como podemos observar el caudal necesario es de $Q = 9.2 * 10^{-3} \frac{m^3}{s}$, para alimentar al ariete hidráulico multietapas.

3.2.12. Cálculo de la velocidad de salida en las válvulas

$$v = \sqrt{\frac{2gH_a}{1 + f \frac{L}{D_T} + \sum K}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(9.81)(1.96)}{1 + 0.026 \frac{12}{0.085} + 9.93}}$$

$$v = 1.62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.2.13. Duración de un ciclo de trabajo.

Según J. A. Eytelwein el tiempo de aceleración es de 0.9s, el tiempo de bombeo es 0.052s y el tiempo de retardo es 0.048s, el ciclo es suma total de estos tiempos y para nuestro caso utilizaremos tiempos reales.

$$T_{ciclo} = T_a + T_d + T_r, (s)$$

$$T_{ciclo} = 0.9 + 0.052 + 0.048, (s)$$

$$T_{ciclo} = 1s$$

T_a =duración del periodo de aceleración, (s)

T_d = duración del periodo de retardación, (s)

T_r = duración del periodo de retroceso, (s)

T_{ciclo} = Tiempo de duración del ciclo, (s)

3.2.14. Cálculo de los caudales existentes en un ciclo de trabajo.

Para empezar calcularemos el caudal bombeado por el ariete de tres válvulas.

Hay que tener en cuenta que el diámetro de las válvulas de impulsión será tres veces mayor.

$$qb = \frac{1}{T} \cdot \frac{\pi D_{v.d.}^2}{4} \int_{T_a}^{T_a+T_d} v(t) dt$$

$$qb = \frac{1}{1} \cdot \frac{\pi(0.1)^2}{4} \int_{0.9}^{0.9+0.052} 1.6 dt$$

$$qb = 6.5 * 10^{-4} \frac{m^3}{sg}$$

Para el caudal perdido de la misma manera tomamos el área de salida de las tres válvulas

$$qp = \frac{1}{T} \cdot 3 \frac{\pi D_{v.i}^2}{4} \left[\int_0^{T_a} v(t) dt + \int_{T_a+T_d}^{T_a} v(t) dt \right]$$

$$qp = \frac{1}{1} \cdot 3 \frac{\pi \cdot (0.085)^2}{4} \left[\int_0^{0.9} 1.6 dt + \int_{0.9+0.052}^{0.9} 1.6 dt \right]$$

$$qp = 7.7 * 10^{-3} m^3/sg$$

3.2.15. Cálculo de la altura de entrega del ariete hidráulico.

Para el cálculo de altura desarrollada por el ariete tendremos que sumar todas las pérdidas que se generan en la misma.

$$H_{entrega} = h_{descarga} + h_{LP} + h_S + h_{iner}$$

3.2.15.1. Perdidas primarias en la tubería de descarga.

Tomaremos la formula anteriormente vista para perdidas primarias, con la diferencia que el factor de fricción del plástico es de 0.007

$$h_{LP} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{LP} = 0.007 \frac{25}{0.0381} * \frac{1.6^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{LP} = 0.6 m \rightarrow 60 cm$$

3.2.15.2. Pérdidas secundarias en la tubería de descarga

Continuando con las pérdidas secundarias procederemos como lo hemos venido haciendo para esto con la diferencia que el coeficiente de resistencia de los codos de 45° es de 0.35 – 0.45

$$h_L = h_{codo\ 1} + h_{codo\ 2}$$

$$h_S = 0.45 + 0.45$$

$$h_S = 0.9\ m \rightarrow 90\ cm$$

3.2.16. Pérdidas inerciales en la tubería de descarga.

Para calcular las pérdidas inerciales utilizaremos la fórmula desarrollada en el capítulo dos

$$h_{iner} = \frac{l}{g} \frac{dv}{dt}$$

$$h_{iner} = \frac{25}{9.81} \frac{1.6}{15}$$

$$h_{iner} = 0.27 \text{ m} \rightarrow 27 \text{ cm}$$

3.2.17. Desarrollo de la altura de entrega

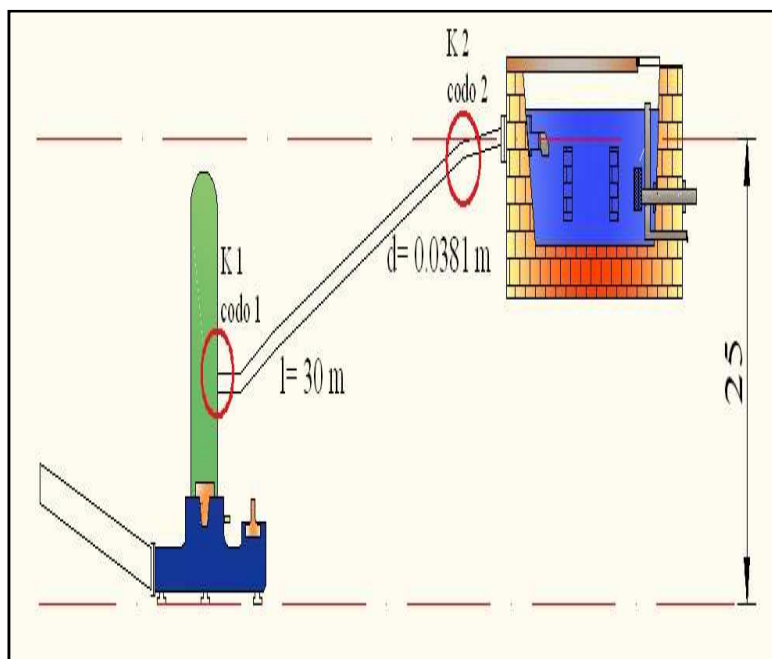
$$H_{entrega} = h_{descarga} - (h_{LP} + h_S + h_{iner})$$

$$H_{entrega} = 25 - (0.6 + 0.9 + 0.27)$$

$$H_{entrega} = 23.23 \text{ m}$$

GráficoN°16.

PÉRDIDAS SECUNDARIAS EN LA TUBERÍA DE DESCARGA



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

3.2.18. Cálculo de celeridad de la onda de presión

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{KD}{eE}}}$$

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 0.0127}{2 \cdot 10^6 \cdot 0.0025}}}$$

$$a = 1390.12 \text{ m/sg}$$

3.2.19. Tiempo de cierre de la válvula

$$T = \frac{2L}{a}$$

$$T = \frac{2 \cdot 12}{1390.12}$$

$$T = 0.01726$$

Como podemos notar el cierre determinado es rápido porque $t_c = 0.01 < \frac{2L}{a} = 0.0172$, una vez que se ha obtenido el tiempo de cierre de la válvula, procedemos a calcular el pulso de Joukowski.

3.2.20. Cálculo del pulso de joukowsky

Como es de conocimiento la ecuación de Joukowsky es el balance de fuerzas.

$$\Delta p = \rho a v$$

$$\Delta p = 1000 * 1390 * 1.6$$

$$\Delta p = 2224000 \text{ Pa}$$

Y para este caso el cierre de la válvula es rápido y calculamos el pulso de Joukowsky.

$$h_a = \frac{a v}{g}$$

$$h_a = \frac{1390 * 1.6}{9.8}$$

$$h_a = 226.94$$

La carga mínima ($H_{Tot.min}$), que soportara la cámara de impulsión será equivalente a:

$$H_{Tot.min} = H_a - h_a$$

$$H_{Tot.min} = 1.96 - 226.94$$

$$H_{Tot.min} = -224.98 \text{ m}$$

La carga máxima ($H_{Tot.max}$), que soportara la cámara de impulsión será:

$$H_{Tot.max} = H_a + h_a$$

$$H_{Tot.max} = 1.96 + 226.94$$

$$H_{Tot.max} = 228.9 \text{ m}$$

3.2.21. Cálculo del coeficiente de arrastre de la válvula de impulsión

$$C_d = \frac{0.282 - 8.854 s + 0.8 * 10^{(0.52-270 s)}}{s}$$

$$C_d = \frac{0.282 - 8.854 * 0.01 + 0.8 * 10^{(0.52-270*0.01)}}{0.01}$$

$$C_d = 19.87$$

3.2.22. Cálculo de las fuerzas hidráulicas en las válvulas de impulsión.

El empuje que ejerce el agua sobre la parte inferior de la válvula, el momento en que el agua golpea la misma está dada por:

$$F_d = C_d \left(\frac{\rho v_0^2}{2} \right) A_d$$

$$F_d = 19.87 \left(\frac{1000 * 1.6^2}{2} \right) 0.000565$$

$$F_d = 14.37 \text{ N} \rightarrow 1.46 \text{ Kg}$$

3.2.23. Cálculo del volumen total en la cámara de aire

$$V_t = \frac{\pi D^2 L}{4} + \frac{\pi D^2}{8}$$

$$V_t = \frac{\pi(0.18)^2 0.5}{4} + \frac{\pi 0.075^2}{8}$$

$$V_t = 0.0149 \text{ m}^3$$

3.2.24. Cálculo de la eficiencia

$$\eta = \frac{Nu}{Nb} 100 \text{ [\%]}$$

$$\eta = \frac{148.12}{204.78} 100$$

$$\eta = 72.32 \%$$

Donde (Nu) es la potencia de entrega en la descarga del ariete hidráulico multipulsor UTE 1.

$$Nu = q.Hi.g.\rho ; [W]$$

$$Nu = 6,5.10^{-4} * 23.23 * 9.81 * 1000$$

$$Nu = 148,12 W$$

Y (Nb) es la potencia que recibe el ariete hidráulico multipulsor desde la tubería de alimentación.

$$Nb = (Q + q).Ha.g.r ; [W]$$

$$Nb = (7,7 \cdot 10^{-3} + 6,5 \cdot 10^{-4}) * 2,5 * 9,81 * 1000$$

$$Nb = 204,78 \text{ W}$$

3.2.24.1. Eficiencia de D' aubuisson.

D' Aubuisson propone el cálculo de la eficiencia, considerando el ariete como una máquina.

$$\eta_{A'} = \frac{q \cdot Hi}{(Q + q)Ha} * 100 ; [\%]$$

$$\eta_{A'} = \frac{6,5 \cdot 10^{-4} \cdot 23,23}{(7,7 \cdot 10^{-3} + 6,5 \cdot 10^{-4}) * 2,5} * 100$$

$$\eta_{A'} = 72,33 \%$$

3.2.24.2. Eficiencia de Rankine.

La eficiencia de Rankine considera al ariete como una bomba.

$$\eta_R = \frac{q(H_i - H_a)}{QH_a} 100 \ ; \ [%]$$

$$\eta_R = \frac{6,5 \cdot 10^{-4} (23,23 - 2,5)}{7,7 \cdot 10^{-3} * 2,5} 100$$

$$\eta_R = 69,99 \%$$

3.2.25. Rendimiento volumétrico

El rendimiento volumétrico es la relación entre el caudal de alimentación y el de descarga.

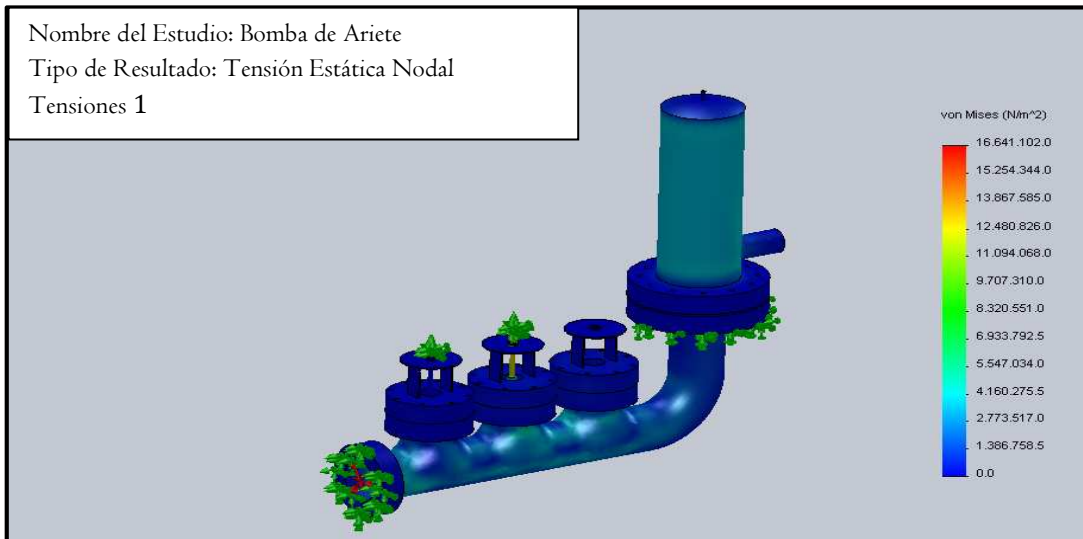
$$\eta_v = \frac{q}{Q + q} 100 \ ; \ [%]$$

$$\eta_v = \frac{6,5 \cdot 10^{-4}}{7,7 \cdot 10^{-3} + 6,5 \cdot 10^{-4}} 100$$

$$\eta_v = 7,78 \%$$

3.2.26. Análisis por elementos finitos de la bomba de ariete hidráulico multietapas

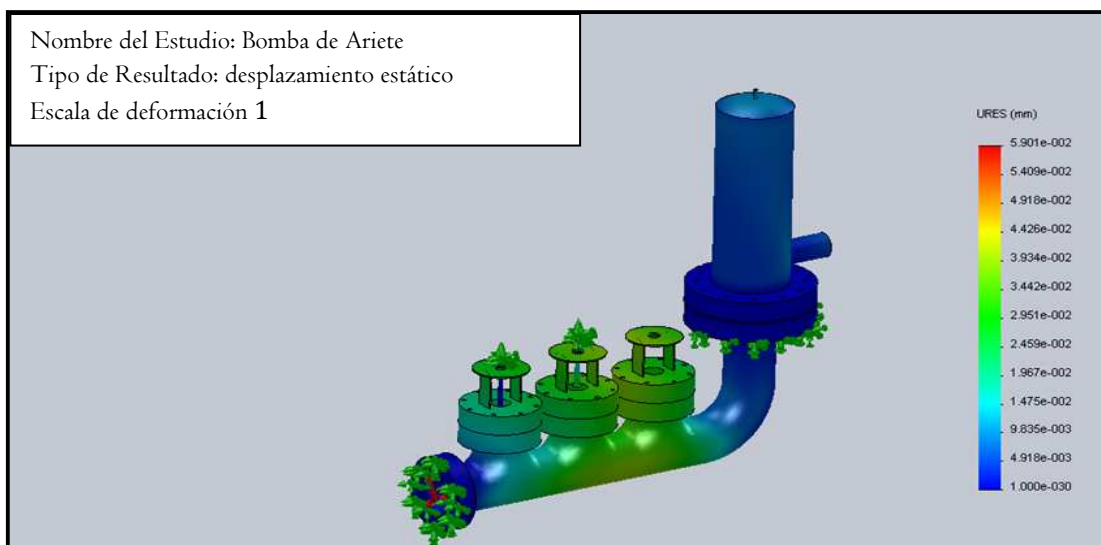
Imagen N°13.
ESTUDIO DE TENSIONES.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

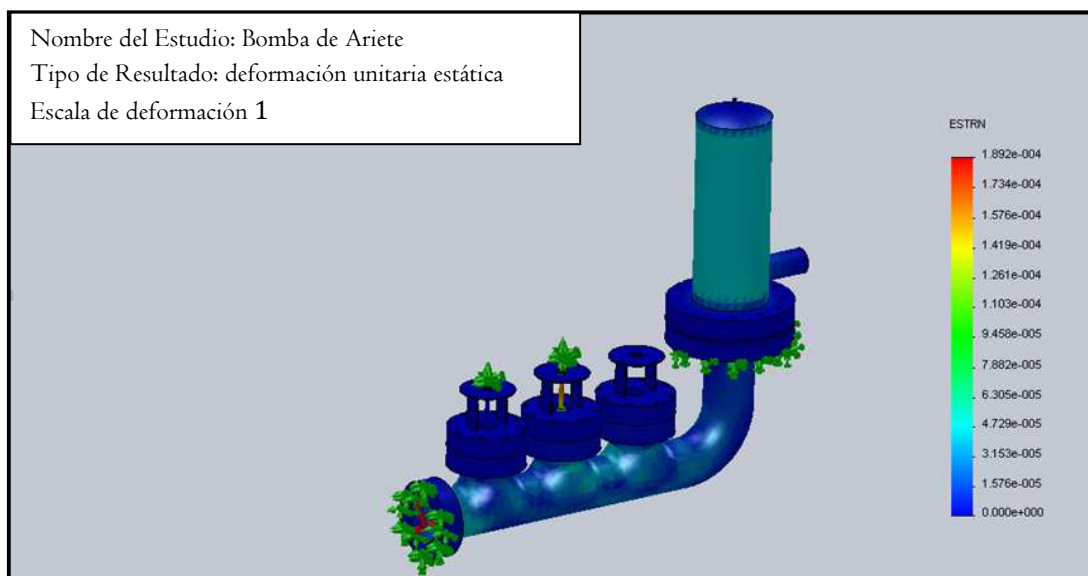
Imagen N°14.
ESTUDIO DE DESPLAZAMIENTOS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

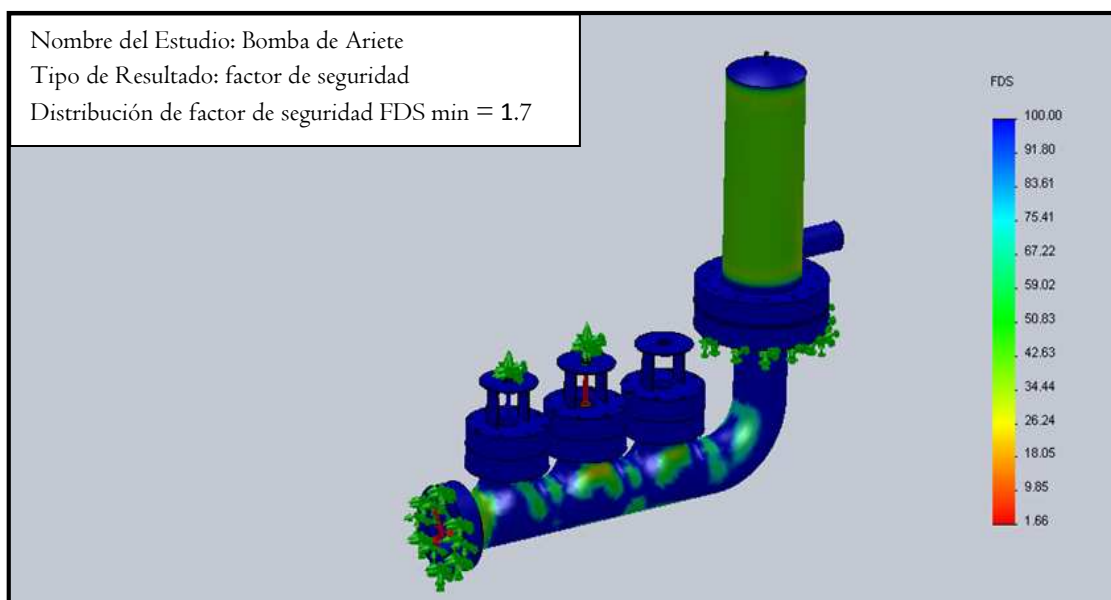
Imagen N°15.
ESTUDIO DE DEFORMACIONES UNITARIAS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

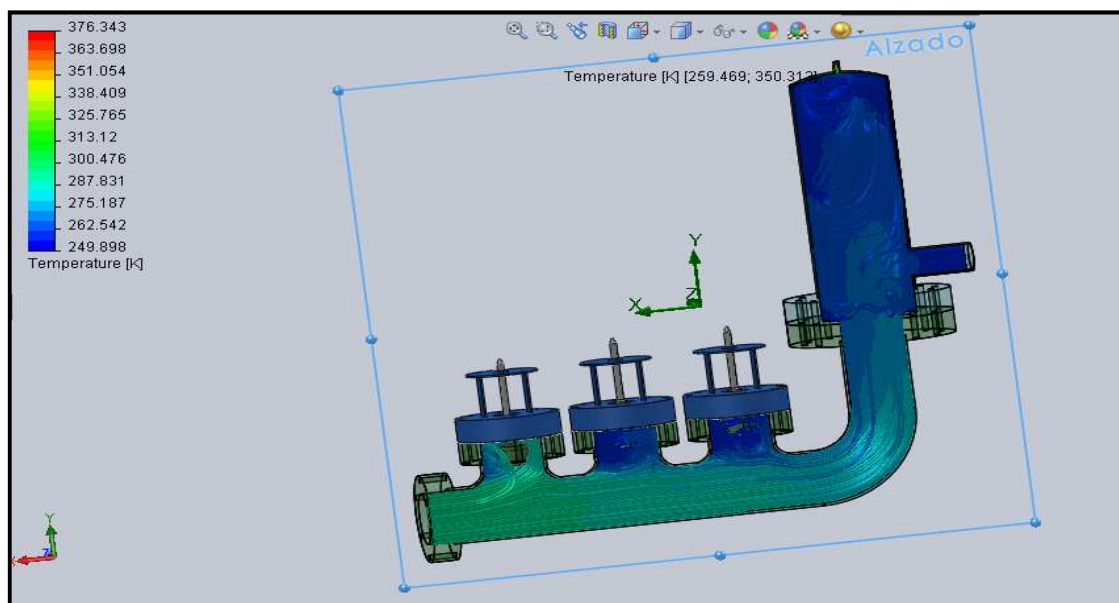
Imagen N°16.
ESTUDIO DE FACTOR DE SEGURIDAD.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

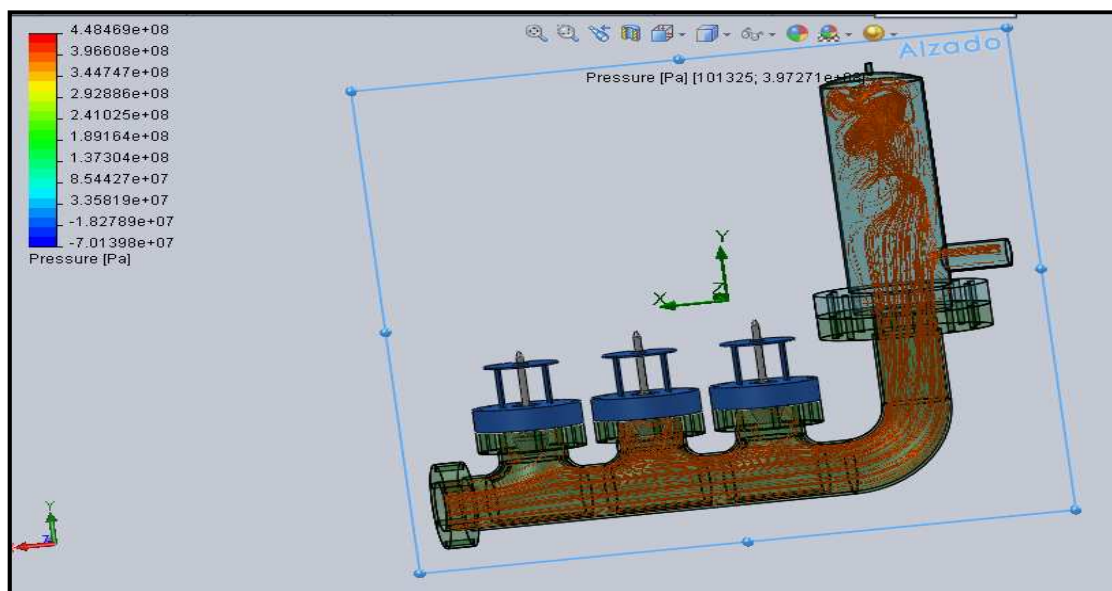
Imagen N°17.
ESTUDIO DE TEMPERATURA DEL FLUIDO.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

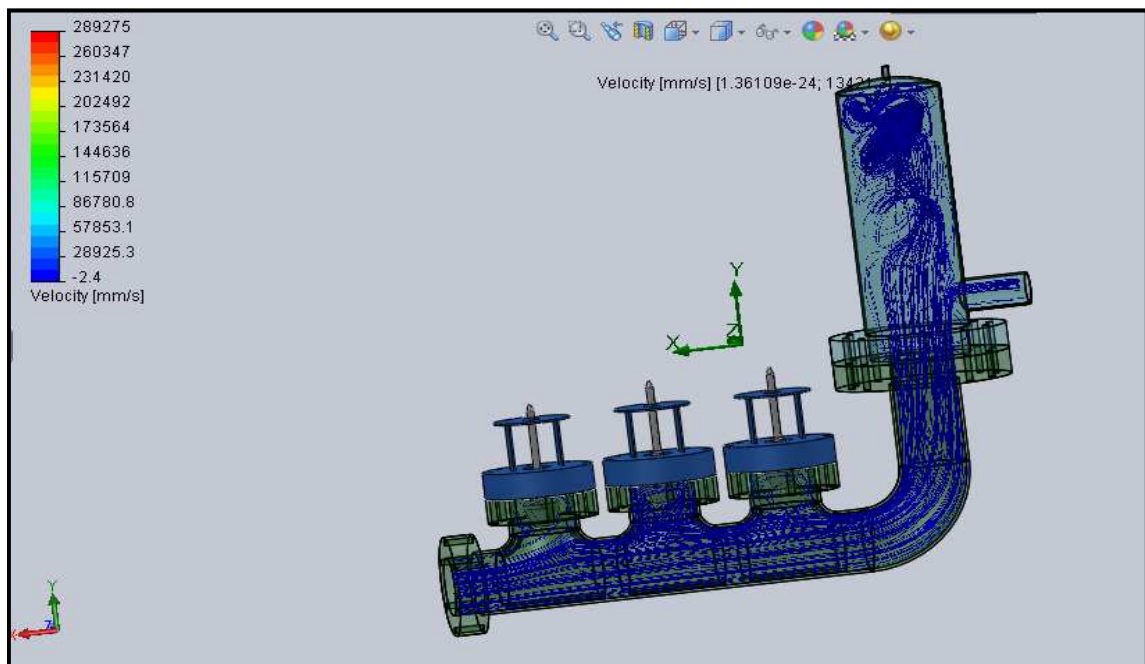
Imagen N°18.
ESTUDIO DE PRESIÓN DEL FLUIDO.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

Imagen N°19.
ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DEL FLUIDO.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

CAPITULO IV.

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1. Construcción

A continuación se detalla de una manera gráfica todo el proceso de construcción y funcionamiento de una bomba de ariete hidráulico multi etapas. Al realizar una serie de pruebas, hemos podido llegar a dilucidar las curvas características de la bomba en función del caudal, eficiencia y altura, las cuales nos permitirán describir el funcionamiento en condiciones de trabajo.

Cabe recordar que todos los resultados expresados en este documento, son la acumulación de pruebas de ensayo y error para el caso único y particular de la bomba de ariete hidráulico multi etapas.

FotoN°1.

CORTE DEL MATERIAL PARA REALIZAR EL DISEÑO.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

Foto N°2.

SOLDADURA DE LA BASE- TANQUE HIDRONEUMÁTICO.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

Foto N°3.

SOLDADURA PARA LAS BASES DE LAS BRIDAS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

FotoN° 4.
SOLDADURA DE LAS BRIDAS PARA LAS VÁLVULAS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez / 2011.

Foto N°5.
LIMPIEZA DE LA ESCORIA



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

FotoN° 6.
ESMERILADO DE LAS PIEZAS MAQUINADAS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Foto N°7.
MAQUINADO DE LA VÁLVULA DE IMPULSIÓN.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Foto N°8.
VÁLVULA DE IMPULSIÓN TERMINADA.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Foto N° 9.
ENSAMBLE DE LAS BRIDAS Y EMPAQUES.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Foto N°10.
ENSAMBLE DE LAS BRIDAS Y EMPAQUES



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Foto N°11.
AJUSTE DE LA VÁLVULA DE AIRE.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011

Foto N°12.
PARTES CONSTITUTIVAS DE LA BOMBA.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

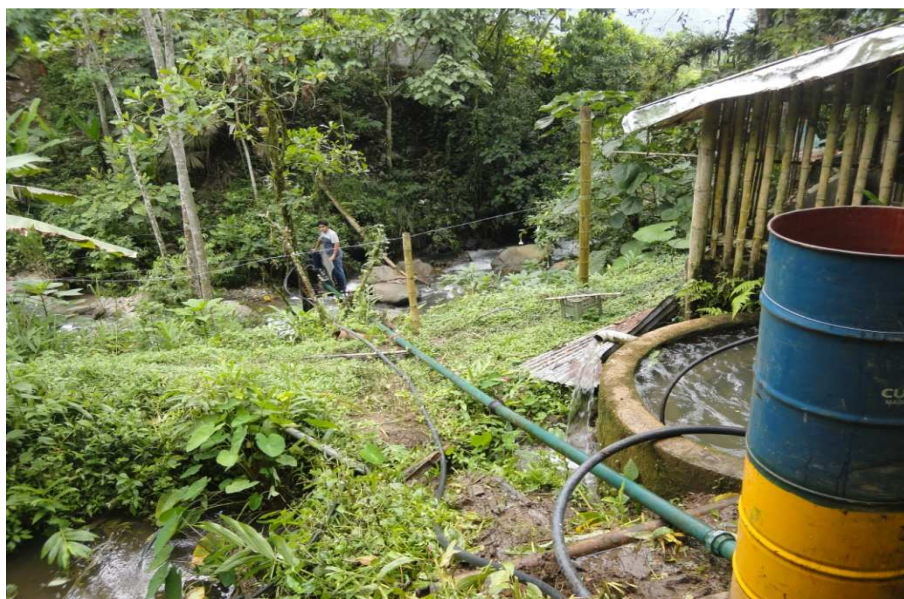
Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

FotoN° 13.
MONTAJE EN EL LUGAR DE FUNCIONAMIENTO.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

FotoN° 14.**MONTAJE EN EL LUGAR DE FUNCIONAMIENTO.**

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Foto N°15.**ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA.**

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Foto N°16.
FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA.

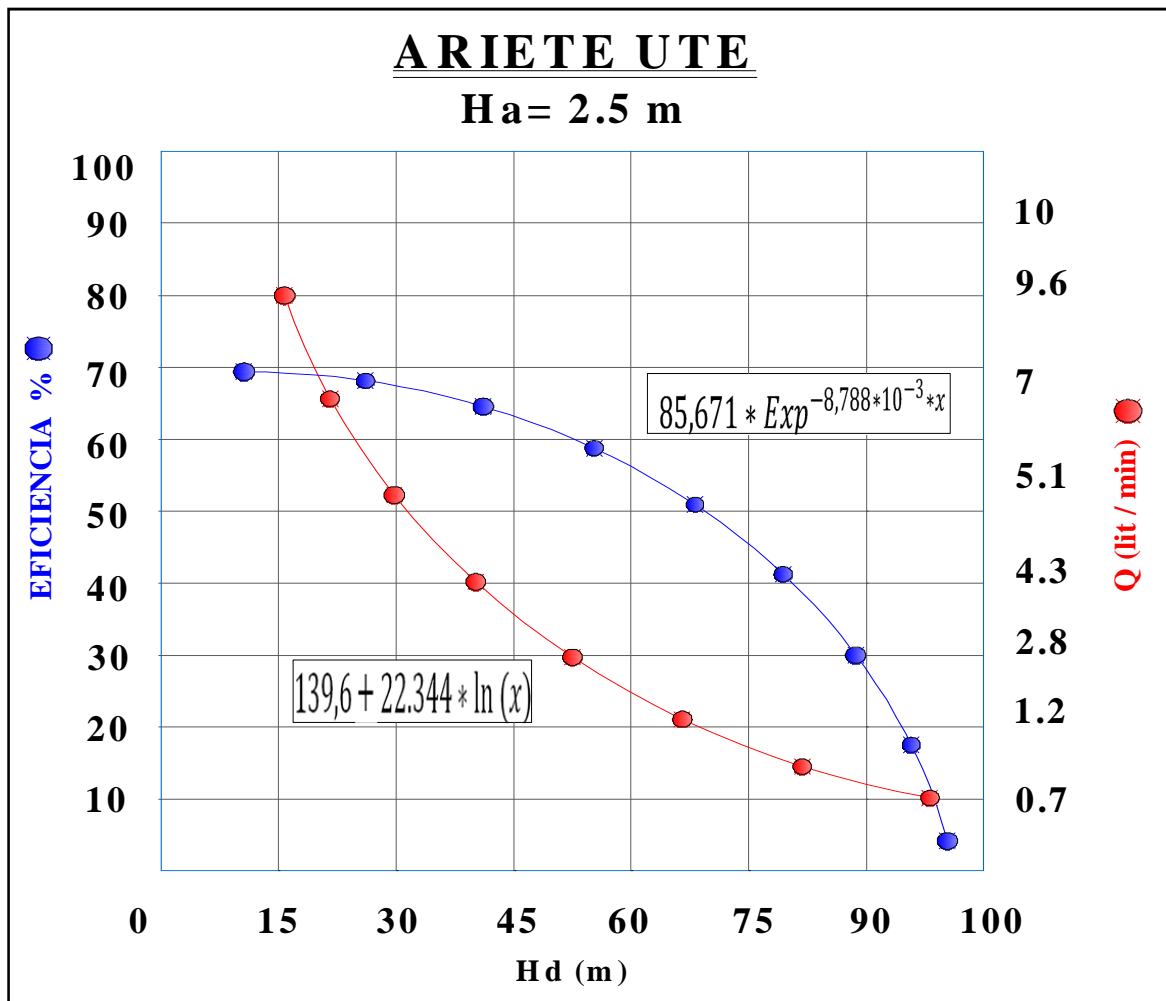


Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

A continuación se presenta las curvas de eficiencia y caudal volumétrico con respecto a la altura de una forma ideal, cabe destacar que los valores expresados en las curvas graficadas se tomaron de los datos reflejados en las pruebas de campo a la bomba de ariete hidráulico multietapas.

CurvaNº1.
CURVA CARACTERÍSTICA BOMBA DE ARIETE UTE 1.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Como podemos observar en la parte superior la ecuación de eficiencia con respecto a la altura responde a su ecuación.

$$Y = 139,6 + 22,344 * \ln(x)$$

Y la curva de caudal con respecto a la altura se desarrolla a partir de la formula.

$$Y = 85,671 * Exp^{-8,788 * 10^3 * x}$$

CAPITULO V.

MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA BOMBA DE ARIETE

5.1. Información general:

5.1.1. Descripción.

La bomba de ariete multietapas de tipo AHM con modificación de diseño en su cámara de aire reposicionándola en forma vertical, de tres válvulas multipulsoras ajustables a la altura de alimentación requerida por el usuario, sin contar con sus válvulas de aluminio con recubrimiento de bronce fosfórico haciendo de esta bomba de ariete multipulsora un elemento de factible vida útil en condiciones precarias del campo.

La bomba presenta las siguientes mejoras:

- Sello mecánico reforzado en la cámara de aire.
- Arandela de bronce en cada válvula.(especificado en el despiece)
- Arandela para la regulación del avance de las válvulas.

Nota: cada uno de los elementos son especificados en el despiece de los planos

5.1.2. Aplicaciones.

Llenado continuo las 24 horas de tanques elevados sin utilización de energía eléctrica o combustible fósil, utilizados para:

- Irrigación de campos.
- Suministro de agua para uso humano y animal
- Suministro de agua para procesos químicos

5.1.3. Datos técnicos:

Caudal (Q) \longrightarrow 9,5lts/min

Presión (P) \longrightarrow 20 PSI

H (elevación) min/Hmax \longrightarrow \leftarrow (10/100) metros

5.2. Instalación de la bomba de ariete.

5.2.1. Instrucciones de seguridad.

Este manual contiene las instrucciones básicas que se deben considerar para la instalación correcta de la bomba de ariete multietapas, así como para la operación y el mantenimiento respectivo con el fin de prolongar la vida útil de la bomba.

Es de trascendente importancia que la persona a cargo de la instalación de la bomba o el operador asimile el manual de tal manera que se garantice al cien por ciento el funcionamiento de la misma, en las condiciones requeridas por el mismo dispositivo.

5.2.2. Consecuencias derivadas al no acatar la información del manual.

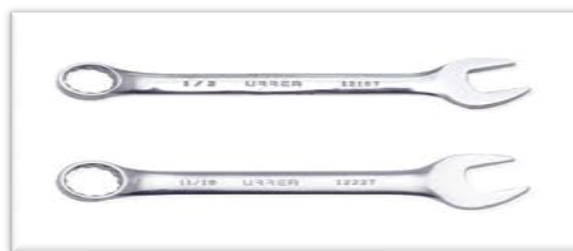
El incumplimiento de las instrucciones de instalación y mantenimiento puede originar en la bomba de ariete multietapas, daños y perjuicios en la operación del dispositivo como los enumeraremos a continuación:

- Desgaste prematuro del vástago de las válvulas.
- Falta de presión del equipo.
- Mal funcionamiento por válvulas mal reguladas.
- Ruptura en el vástago de las válvulas
- Mala lubricación en las válvulas.
- Obstrucciones en el interior de la bomba.
- Sellos mecánicos insuficientes.

5.2.3. Herramientas necesarias para la instalación de los equipos

Imagen N°13.

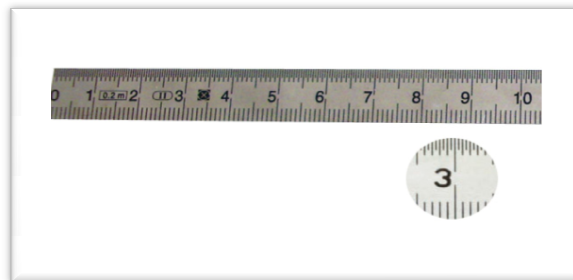
LLAVES DE 14 MM



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez.

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Imagen N°14.
REGLETA FLEXIBLE PARA LA CALIBRACIÓN



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

ImagenN° 15.
LLAVES DE TUBO DE 36 “.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez.

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Imagen N°16.
CEPILLO CON CERDAS DE ACERO



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Imagen N°17.
CINTA DE TEFLÓN DE ALTA CALIDAD.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez.

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Imagen N°18.
GRASA LUBRICANTE



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Imagen N°19.
ABRAZADERA DE 1 1/2"



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Imagen N°20.
ADAPTADOR DE 1 ½"



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Imagen N°21.
UNIÓN GALVANIZADA DE 1 ½"



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

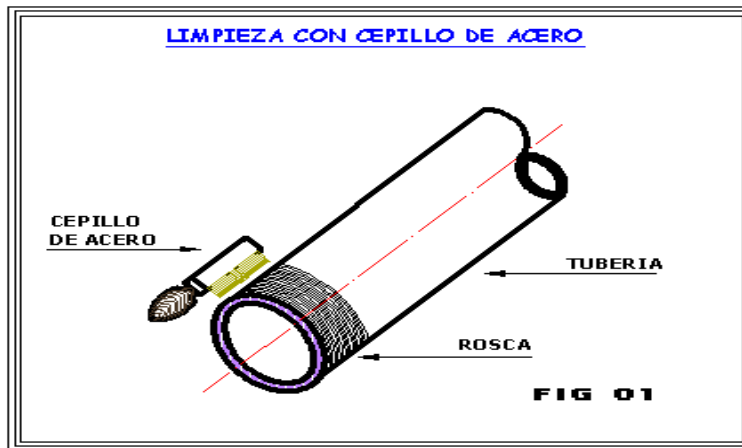
Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

5.2.4.Preparación de los diferentes dispositivos de la bomba de ariete multietapas



Usando el cepillo con cerdas de acero se procede a limpiar todas las asperezas existentes en los materiales como las bridas, rosca de tuberías de alimentación a fin de crear un cierre hermético en todo el sistema y no existan fugas que desencadenen en una falta de presión en el dispositivo.

GráficoNº17.
LIMPIEZA DE LAS ROSCAS DE LOS TUBOS



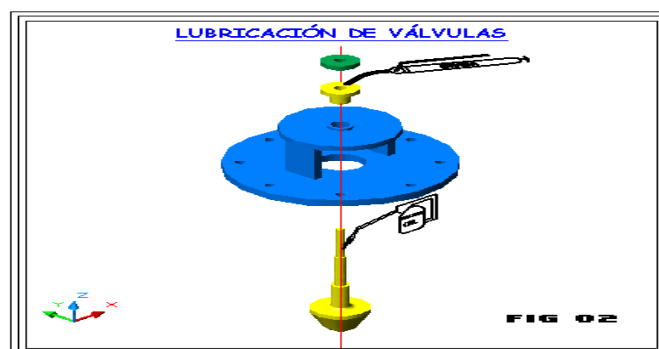
Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

5.2.5. Lubricación de válvulas

Antes de ser instaladas en la brida porta válvulas es importante lubricar el vástago de las válvulas a fin de evitar el desgaste prematuro de estas por la fricción entre materiales, otra manera de evitar esto es el nivelar de manera correcta el cuerpo de la bomba, el siguiente gráfico explica el modo de evitar este problema.

GráficoNº18.
LUBRICACIÓN DE LAS VÁLVULAS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

5.2.6. Preparación de la cámara de aire y de las bridas porta válvulas.

La conexión de la cámara de aire debe realizarse previamente incluyendo el material sellante neopreno, q esta medido de acuerdo a los correspondientes diámetros de las bridas de cada una de las fases de la cámara de aire, en el siguiente gráfico se explica el modo correcto de ajuste de los pernos, que se realizan de extremo a extremo, lo que facilitará un ajuste perfecto del sistema:

GráficoN°19.
SELLE DE LAS JUNTAS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Como siguiente paso es importante que el manómetro sea bien colocado mediante el uso de la cinta aislante, a fin de evitar fugas de presión por este instrumento de medición.

GráficoN°20.
MONTAJE DEL MANÓMETRO.

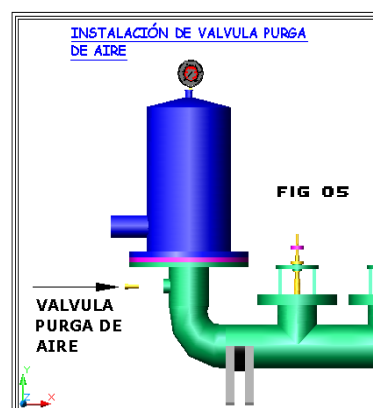


Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Como siguiente punto se procede a roscar la purga de aire que se ubica en la parte baja de la cámara de aire, este dispositivo ayudará a que se mantenga un nivel apropiado de aire para realizar el bombeo de agua.

GráficoN° 21.
PURGA DE AIRE



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Como último paso roscamos la unión de 1 ½" a la salida de la bomba, sin olvidar usar la cinta aislante para asegurarnos que no existan fugas en el sistema, y después se roscara el adaptador de la manguera con su debida abrazadera.

GráficoN°22.
MONTAJE DEL ADAPTADOR



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

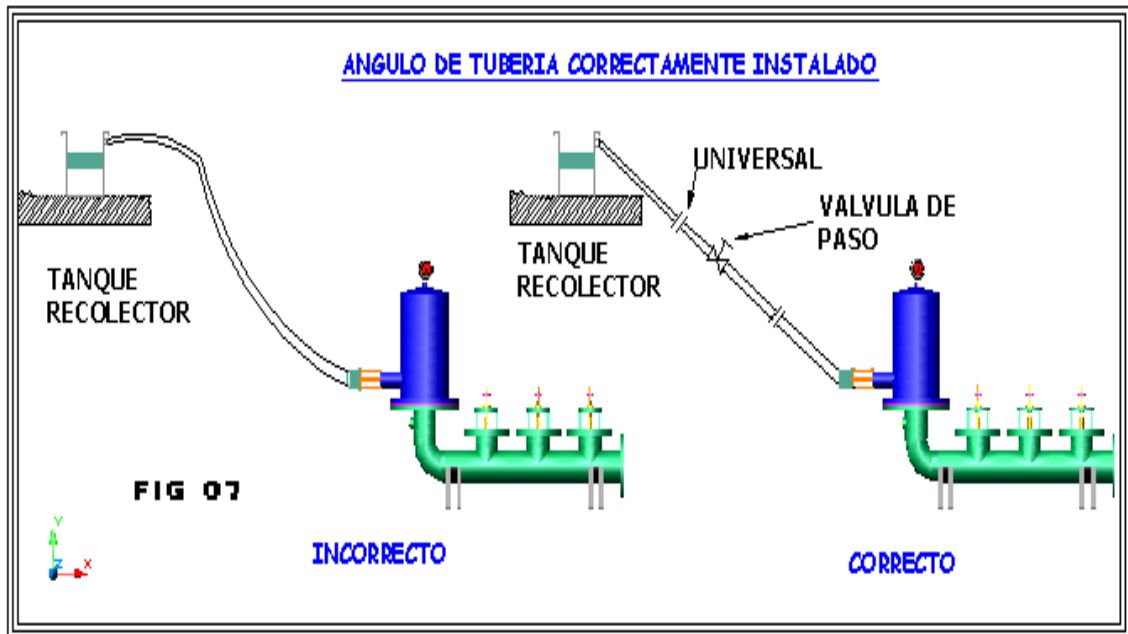
Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

5.2.7. Instalación de la bomba de ariete

Para la instalación de la bomba se toma ciertas consideraciones como la nivelación de la misma, ángulo de alimentación de las tuberías, material de las tuberías de alimentación. En los siguientes gráficos se explicará la manera correcta de instalación de la bomba.

5.2.7.1. Angulo de la tubería

GráficoN°23.
MONTAJE DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

El tubo de entrada debe tener una fuerte resistencia a los golpes de ariete por lo que se insiste en que el material usado para la alimentación de la bomba sea de un metal rígido, el cual no puede ser plástico.

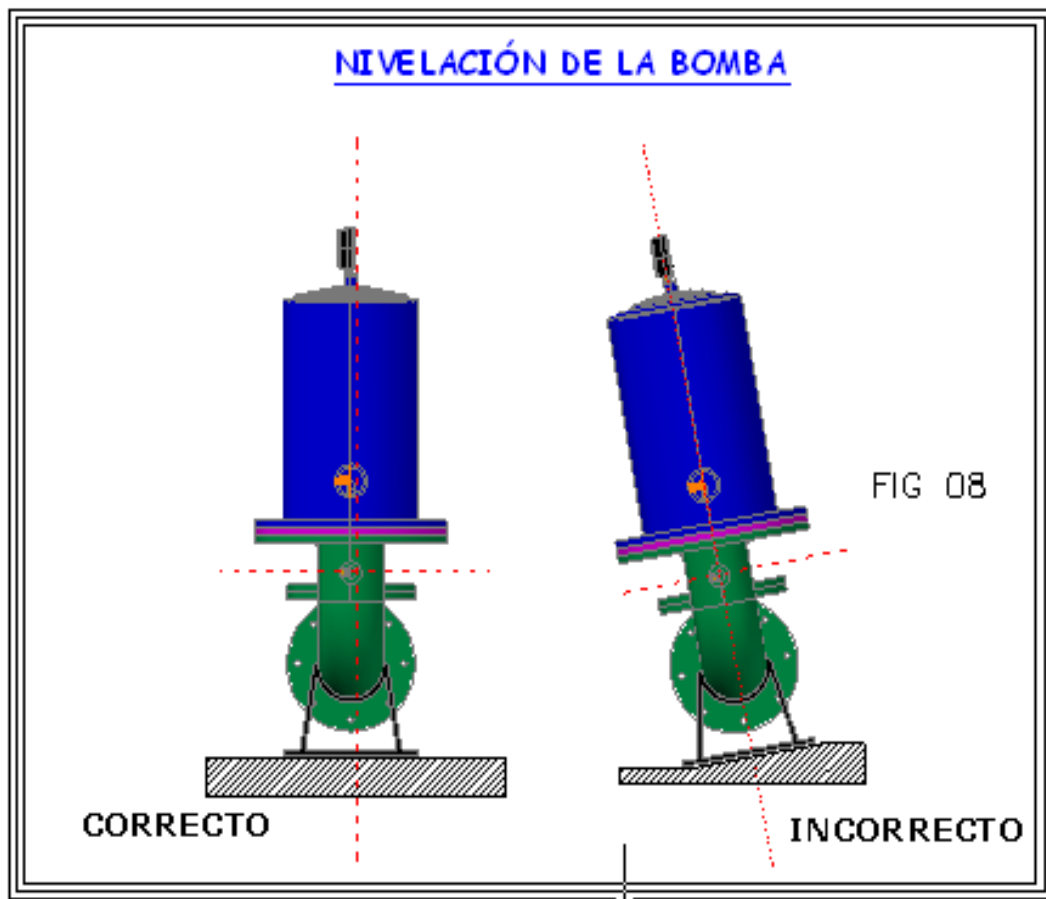
Anteriormente hacíamos énfasis en que el sistema debe ser totalmente hermético, no puede tener ninguna fuga a fin de no reducir la presión del sistema. El gráfico crea un recordatorio particular, que nos recalca que el ducto de entrada debe tener una pendiente constante, en el tubo de alimentación no se puede tener ningún tipo de curvas.

Nota: Es recomendable usar uniones universales en las tuberías de alimentación por su facilidad de instalación y desmontaje.

5.2.7.2 Nivelación de la bomba

Es indispensable que la bomba de ariete posea un nivel adecuado, con el objetivo de evitar el desgaste de válvulas o el atascamiento o ruptura por desgaste de material. Véase en el gráfico la manera eficiente de instalar la bomba.

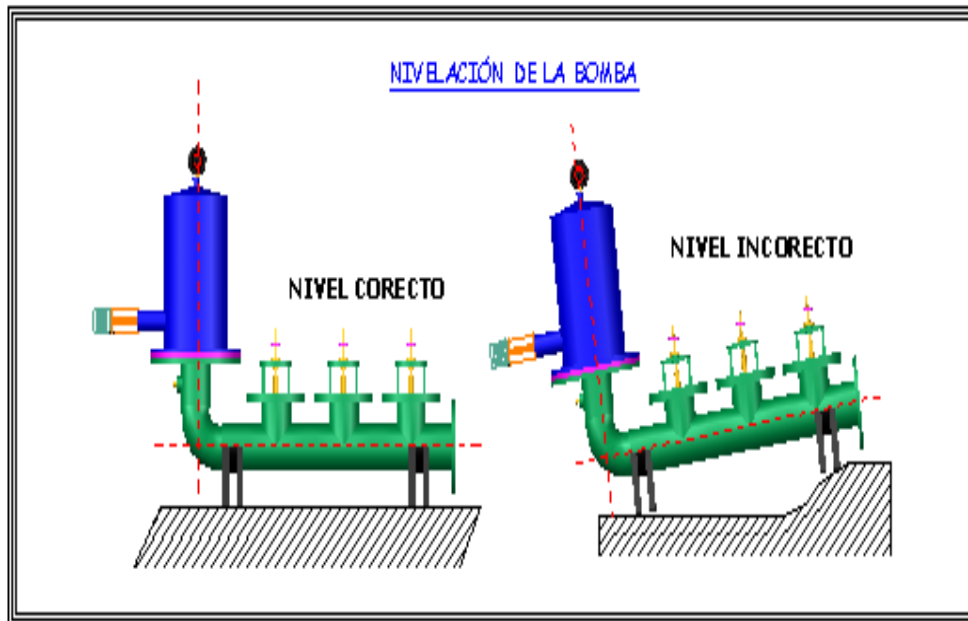
GráficoN° 24.
APOYO CORRECTO DE LA BOMBA.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

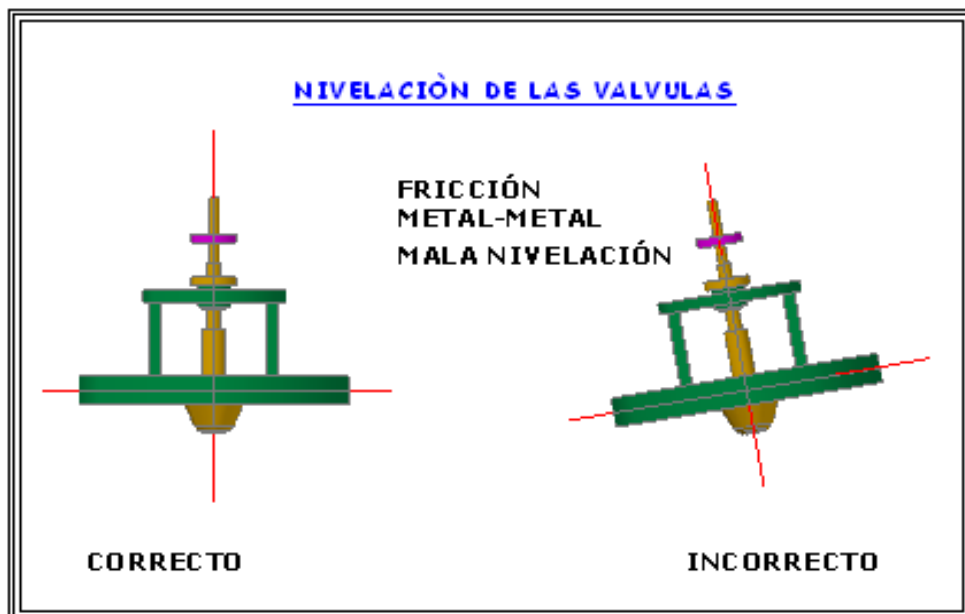
GráficoNº25.
NIVELACIÓN DE LA BOMBA.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

GráficoNº26.
NIVELACIÓN DE LAS VÁLVULAS.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

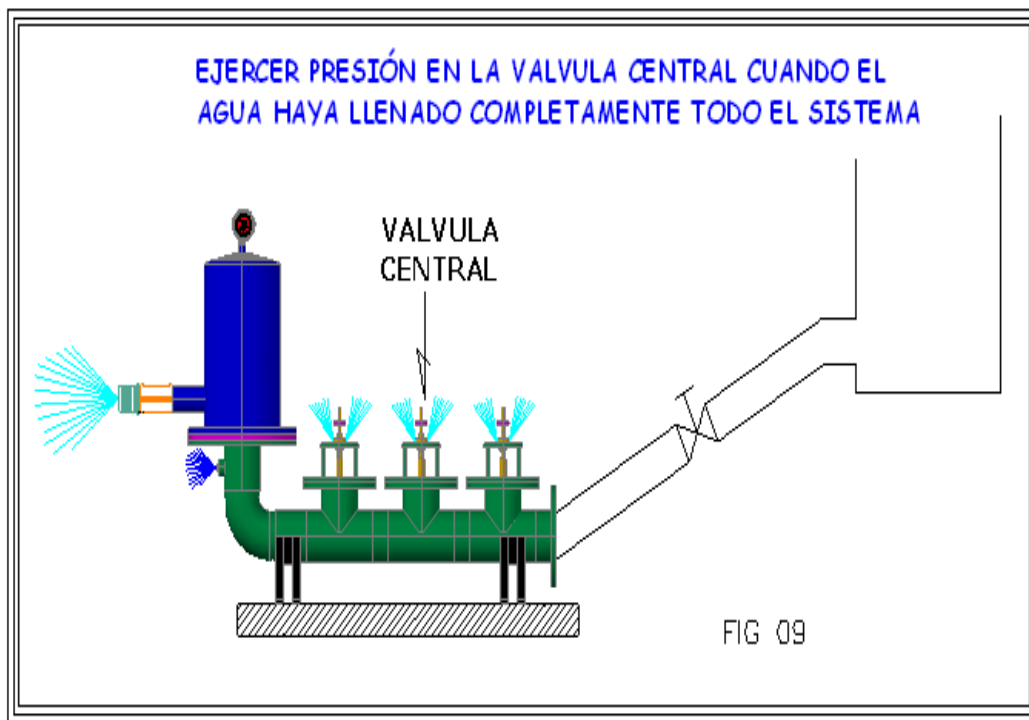
Nota: Recordemos lo mencionado anteriormente, en caso de haber un desnivel en la bomba causará que las válvulas se desgasten prematuramente.

5.3. Operación de la bomba de ariete

En realidad el mecanismo de la bomba es automático pero al principio necesita una pequeña maniobra en la válvula central para que el sistema comience a funcionar.

GráficoN°27.

PUESTA EN MARCHA DE LA BOMBA.



Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

5.4. Mantenimiento y desmontaje

El mantenimiento de la bomba se realiza cada seis meses y consiste en la limpieza del cuerpo de la bomba de impurezas existentes en el agua, así como el desmontaje de los porta válvulas, como ya se dijo estas necesitan una re lubricación a fin de evitar el desgaste prematuro de metal contra metal.

5.5. Identificación de problemas.

Problemas:

- 1) Válvulas atascadas.
- 2) Desgaste prematuro de válvulas.
- 3) El bombeo no llega a la altura indicada por la curva de desempeño.
- 4) Falta de aire en la cámara.

Soluciones:

- 1) Es probable que suceda el cese de funcionamiento de una de las válvulas o en si de todas ellas, esto se debe a problemas de nivel de la bomba. Como ya se explicó en las instrucciones de instalación la bomba no debe tener ningún decline. Tómese en cuenta si existen en los porta válvulas problemas de suciedad o desechos que obstruyan el ascenso y descenso de las válvulas.
- 2) Nivel instalado en la bomba de manera inadecuada.
- 3) Revise que los ajustes en la cámara de aire sean los adecuados como muestra la instalación. Otro problema puede ser un mal ajuste en la manguera de salida de la bomba, lo que genera pérdidas de presión en el sistema.
- 4) Revisar que la válvula de purga de aire no tenga desechos que la obstruyan.

CAPÍTULO VI

COSTOS

6.1. Introducción

En este capítulo analizaremos los costos inmersos en el diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de una bomba de ariete hidráulico multietapas; y realizando un análisis costo-beneficio de la implementación de este tipo de bombas comprobar si existe un verdadero ahorro de recursos en comparación con los sistemas de bombeo convencionales (bomba eléctrica o combustibles fósiles) utilizados para este tipo de actividad.

6.2. Relación de materiales

El costo de un producto está formado por el precio de los materiales directos, materiales indirectos, el precio de la mano de obra directa empleada en su producción, para el funcionamiento del equipo y el costo de depreciación de la maquinaria.

A continuación detallaremos los materiales utilizados para la construcción de una bomba de ariete hidráulico multietapas, así como los valores en dólares de los mismos

Tabla N° 1.

ILUSTRACIÓN DE LOS COSTOS DE LOS MATERIALES.

N°	DESCRIPCIÓN	CANT	DIMENSIONES	V/U	V/T
<u>A</u>	<u>Fuente de alimentación</u>				
A1	Tanques de reserva	2	(0.6 x 1.20)	10	20
<u>B</u>	<u>Estructura soporte Fuente de alimentación</u>				
B1	PERFIL METÁLICO (CORREA)	3	(0.06 x 0.002 x 6)	14.6	43.6
B2	TUBO CUADRADO	2	(2.54 x 2.54 x 6)	20	40
<u>C</u>	<u>Tubería de impulsión</u>				
C1	TUBO H/G ISO II ROSC.	2	(6 x 3")	113.92	227.85
C2	UNIVERSAL H/G ISO II	4	(3")	35	140
C3	LLAVE DE ESFERA	1	(3")	65.40	65.40
<u>D</u>	<u>Cuerpo de la bomba</u>				
D1	TEE A/C P/S C/40	3	(4")	15	45
D2	CODO A/C P/S C/40 90°	1	(4")	8.9	8.9
D3	NEPLO A/C C/40	5	(0.05 x 4")	6	30
D4	PLATINA	1	(6 x 1 ½")	8	8
D5	RODELA	1	(18 x 0.05) cm	3.5	3.5
D6	RODELAS	3	(13 x 0.05) cm.	3	9
D7	RODELAS	8	(20 x 0.05) cm.	5	40
D8	PERNOS Y TUERCAS	24	(3/8 x 1")	0.25	6
<u>E</u>	<u>Válvulas de impulsión</u>				
E1	TOCHO DE ALUMINIO	3	(0.25 x 2 ½")	20	60

E2	ANILLOS DE BRONCE FOSFORICO	3	(2 ½"x 1½ x 0.001)	8	24
<u>F</u>	<u>Válvula de descarga</u>				
F1	RODELA	1	(30 x 0.05)cm.	6	6
F2	PERNO INOX.	1	(3/8" x 2")	1.2	1.2
F3	VÁLVULA CHECK.	1	(0.011)	1.5	1.5
<u>G</u>	<u>Cámara de aire.</u>				
G1	RODELAS	2	(30 x 0.05)cm.	6	12
G2	PERNOS Y TUERCAS 3/8	12	(1 ½")	0.22	2.64
G3	NEPLO ROSC.	1	(0.2 x 1 ½")	2.5	2.5
G4	LLAVE DE ESFERA	1	(1 ½")	45	45
G5	ACOPLE H/G	1	(5 x 1 ½")	1.8	1.8
G5	TUBO H/G ISO II	1	(0.45 x 6")	8	8
<u>H</u>	<u>Tubería de impulsión.</u>				
H1	MANGUERA NEGRA REFORZADA	20	(1 ½")	0.92	18.4
TOTAL					870.29

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.3. Costo de las horas máquina de trabajo

Tabla N° 2.

ILUSTRACIÓN HORAS MAQUINA DE TRABAJO.

Maquina	Horas/trabajo	Costo/hora	Costo total
Torno	10	20	200
Taladro	1	10	10
Suelda eléctrica	10	15	150
Compresor	1	10	10
Plasma	1/2	40	20
Moladora	2	5	10
TOTAL			400.00

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.4. Costo de los materiales para el acabado

Tabla N° 3.

ILUSTRACIÓN MATERIALES DE ACABADO.

Cant. (litros)	Descripción	C/U \$	Costo total \$
4	Diluyente	3	8
1	Fondo	10	10
½	Esmalte blanco	5	5
½	Esmalte verde	5	5
½	Esmalte azul	5	5

2	Anticorrosivo	6	12
TOTAL		45.00	

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.5. Costo de los materiales indirectos

Tabla N° 4.

ILUSTRACIÓN DE COSTO MATERIALES INDIRECTOS

Cant.	Descripción	C/U	Costo total
8	Transporte	2	16
½	Aceite lubricante	2	1
8	Guaípe	0.25	2
1	Cinta	1.5	1.5
TOTAL		20.50	

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.6. Costo total del equipo

Tabla N° 5.

ILUSTRACIÓN DEL COSTO TOTAL DEL EQUIPO.

Costo total de los materiales	870.29
Costo de las horas maquina	400
Costo de los materiales para el acabado	45
Costo de los materiales indirectos	20.50
TOTAL	1335.79

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.7. Costo de consumo de la bomba centrífuga

En economía el concepto ingreso puede hacer referencia a las cantidades que recibe una empresa por la venta de sus productos o servicios, por otra puede hacer referencia al conjunto de rentas recibidas por los usuarios.

Ingresos empresariales:

Cuando el ingreso proviene de actividades productivas, se puede clasificar en varios tipos:

- Ingreso marginal: Generado por el aumento de la producción en una unidad.
- Ingreso medio: Ingreso que se obtiene, en promedio, por cada unidad de producto vendida; es decir, es el ingreso total dividido en el total de unidades vendidas.
- Ingreso del producto marginal: Ingreso generado por la utilización de una unidad adicional de algún factor de producción (trabajo, capital), por ejemplo, la utilización de un trabajador más, etc.

En general, las personas, las familias, las empresas, etc., buscan aumentar sus ingresos o rentas.

Si éstos se elevan, su consumo y su ahorro pueden aumentar, llevando, en muchos casos, a un mejor nivel de vida y de bienestar.

Para este caso en particular los ingresos, vienen expresados en el ahorro que significa tener una bomba de ariete hidráulico

6.8. Costo de consumo de la bomba centrífuga en un año

Tabla N° 6.

ILUSTRACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA BOMBA

CONSUMO BOMBA CENTRIFUGA 1/2 HP EN UN AÑO	
1/2 HP = 373 w = 0.373Kw	
<i>Costo promedio del Kw/h en Santo Domingo = 0.12 ctvs.</i>	
0.373 Kw * 0.12 ctvs Kw/h =	0.04476 \$/h
0.04476 ctvs/h * 24 h =	1.07424 \$
1.07424 \$ * 30 dias =	32.2272 \$
32.2272 \$ * 12 meses =	386.7264 \$
Valor total en dolares de un año consumo.	386.726

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,.

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Tabla N° 7.

ILUSTRACIÓN DEL CONSUMO EN EL TIEMPO DE LA BOMBA.

TASA DE CRECIMIENTO 4,35%					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Valor del consumo	386,726	403,55	421,10	439,42	458,54
Costo de la bomba	85	0	0	0	0
Mantenimiento	0	30	31,31	32,67	34,09
TOTAL	471,726	433,549	452,408	472,088	492,624

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.9. Depreciación del equipo

La depreciación es la pérdida de valor contable que sufren los activos fijos por el uso a que se les somete y su función productora de renta. En la medida en que avance el tiempo de servicio, decrece el valor contable de dichos activos.

6.9.1. Sujetos de la depreciación.

6.9.1.1. Vida de los activos depreciables.

Los activos fijos que sufren depreciación tienen una vida limitada, al menos desde el punto de vista legal y contable.

La vida de un activo depreciable termina cuando ha perdido todo su costo, es decir, cuando se ha depreciado totalmente.

6.9.1.2. La vida legal o contable:

La vida contable de un activo fijo depreciable comienza desde la fecha en que la empresa lo compra y lo empieza a explotar económicamente hasta la fecha en que se cumple su depreciación total.

Las leyes tributarias Ecuatorianas establecen una vida legal normal para los activos fijos así:

Edificios 10 años.

Muebles y enseres. 10 años

Maquinaria y equipo 10 años.

Vehículos 5 años.

A esta vida legal también se le llama vida útil probable.

Vida efectivad e un activo fijo depreciable va desde la fecha de compra de dicho activo hasta cuando la empresa no lo utiliza más, bien por desgaste total (inservible), bien por obsoleto (inadecuado), o bien por cualquier otra razón que lo haga inoperante y por lo tanto quede definitivamente fuera de servicio.

La vida legal está preestablecida por la misma ley; en cambio la vida efectiva o real está dada por el buen o mal uso que se haga del activo.

6.9.2. Tasas de depreciación:

Las tasas de depreciación son los porcentajes en que anualmente se va reduciendo el costo de los activos por razón del desgaste o deterioro que sufren al ser usados.

Cada año el activo vale menos contablemente porque cada año está más desgastado, más deteriorado, y la empresa debe cuantificar este desgaste y contabilizarlo.

Tabla N° 8.
ILUSTRACIÓN DE LA DEPRECIACIÓN DE LA BOMBA

DEPRECIACION			
<i>Vida útil en años al 10% de depreciación anual.</i>			10
Años	Valor del Activo	Depreciación	Depreciación Acumulada
1	1335.79	133.579	133.579
2	1335.79	133.579	267.16
3	1335.79	133.579	400.74
4	1335.79	133.579	534.32
5	1335.79	133.579	668.90
6	1335.79	133.579	801.47
7	1335.79	133.579	935.05
8	1335.79	133.579	1068.63
9	1335.79	133.579	1202.21
10	1335.79	133.579	1335.79

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.9.2.1. Indicadores

Con estos indicadores se obtienen indicios importantes acerca del desempeño de la rentabilidad del equipo frente a los de su clase en el mercado. Algunos indicadores permiten examinar la labory otros reflejan algunos componentes específicos.

Son útiles como las medidas de interrelación entre las partes de una empresa que están representadas en los activos, los pasivos y los resultados. Hay indicadores que resumen los principales aspectos del desempeño.

Los indicadores se utilizan en el análisis financiero para uso externo (acreedores, inversores) y también como elementos de planeamiento y control de la empresa.

Al plantearse en un lenguaje normalizado, permiten expresar los objetivos de la dirección; por ejemplo apuntamos a un margen de 10% sobre las ventas.

La mayoría de los indicadores para uso externo se extraen de los estados contables; a veces se requiere alguna información adicional. La expresión de los indicadores se hace en forma relativa y por eso se pueden hacer comparaciones en el tiempo y entre empresas, eliminando los efectos numéricos de las diferencias de tamaño.

Tabla N° 9.

ILUSTRACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS

INDICADORES					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	471,7260	433,5486	452,4079	472,0877	492,6235
Egresos	50,0000	50,0000	50,0000	50,0000	50,0000
FLUJO	421,7260	383,5486	402,4079	422,0877	442,6235

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.9.2.2. Van

Valor actual neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n es el número de períodos considerado.

El tipo de interés es k . Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos, se utilizará el coste de oportunidad.

Tabla N° 10.

ILUSTRACIÓN DEL VAN EN LA BOMBA.

Años	FF	FF Acum.	FNFA
0	(1.335,79)		(1.335,79)
1	421,73	421,73	404,15
2	383,55	805,27	352,24
3	402,41	1.207,68	354,15
4	422,09	1.629,77	355,99
5	442,62	2.072,39	357,74
		VAN	488,47

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

6.9.2.3. Tir

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

Tabla N° 11.

ILUSTRACIÓN DE LA TIR EN LA BOMBA.

Año	Proyecto
0	-1.335,79
1	421,73
2	383,55
3	402,41
4	422,09
5	442,62
TIR	16,46

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

El porcentaje de la TIR es de 26.10 % de la tasa de actualización del VAN, por consiguiente concluimos que nuestro proyecto es viable.

6.10. Relación costo – beneficio

Para el desarrollo de esta parte de la investigación, utilizaremos una bomba existente en el mercado de ½ HP de uso residencial, y realizaremos una tabla comparativa para demostrar el ahorro de recursos en caso de existirlos en un tiempo estimado de 5 años, cabe recordar que para el estudio optimizaremos una bomba centrífuga ideal la cual estará encendida y en condiciones máximas de trabajo durante los 365 días del año.

Tabla N° 12.

ILUSTRACIÓN DEL COSTO-BENEFICIO DE LA BOMBA.

	ARIETE MULTIPULSOR	BOMBA CENTRIFUGA
Costo total equipo	898.77	70
Costo total consumo	0	1933.632
Costo de mantenimiento	50	50
TOTAL \$	948.77	2003.632

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez,

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

Como podemos apreciar en la tabla, en el transcurso de 5 años hemos obtenido un ahorro sustancial de \$ 1054.862, sin olvidar que contribuimos con la naturaleza al utilizar energía renovable.

6.11. Periodo de recuperación de la inversión

Se define como el tiempo necesario para que la suma de los flujos del proyecto iguale al desembolso inicial, es decir, el tiempo que tarda en recuperarse el desembolso inicial.

De acuerdo con este criterio, un proyecto de inversión será ejecutable siempre que su plazo de recuperación sea inferior o igual al plazo que establezca la dirección de la empresa, y de entre diferentes inversiones alternativas será preferible aquella con el menor plazo de recuperación.

El periodo de recuperación se calcula con la siguiente fórmula:

$$X + \frac{X_1 - Y}{Z}$$

X = número primario cuya sumatoria no cubre la inversión inicial

XI = inversión inicial

Y = valor de la sumatoria de los flujos antes de cubrir la inversión inicial

Z = Flujo de la sumatoria de los años que supera la inversión inicial

El siguiente cuadro se detalle el periodo de recuperación de capital

Tabla N° 13.

ILUSTRACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

AÑO	FLUJO DE FONDOS	ACUMULADO
0		-1335,79
1	421,73	-914,06
2	383,55	-530,52
3	402,41	-128,11
4	422,09	293,98
5	442,62	736,60

Fuente: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez

Elaborado por: Fabián Sornoza y Xavier Ramírez/ 2011.

$$PRC = \frac{(1335.79 - 293.98)}{422.09}$$

$$PRC = 2.46823068$$

$$PRC = 2 \text{ años } 5 \text{ meses } 18 \text{ días}$$

El periodo en que se recupera la inversión de la bomba que se construyó es de 2 años 5 meses 18 días.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. Conclusiones:

- Este diseño nos permite demostrar que se pueden desarrollar maneras alternativas para el bombero de agua, consiguiendo un ahorro sustancial de recursos económicos, y creando precedentes en el uso de energía renovable.
- La construcción de la bomba de ariete hidráulica multietapas se realizó utilizando materiales de costo mínimo, cumpliendo con las normas establecidas para la construcción de las mismas, soportando el esfuerzo mecánico en condiciones máximas de trabajo.
- El funcionamiento de la bomba de ariete nos permitió constatar que existen ventajas como: una fácil operación, mínimo mantenimiento y una larga vida útil, ya que no presenta daños en sus elementos constitutivos, los cuales son notorios en los sistemas de bombeo convencionales.
- El desarrollo de este proyecto generó interés en los habitantes de sector de la vía Quito, demostrando que se puede aprovechar los recursos hídricos existentes en la geografía del sector a favor de las comunidades para mejorar su calidad de vida.
- La elaboración y aplicación de proyectos sobre bombeo mediante energías renovables en comunidades rurales aportan grandes beneficios como son:

seguridad energética, el crecimiento socioeconómico, y cuidado al medio ambiente.

- Esta bomba ofrece un funcionamiento ininterrumpido por muchos años por estar fabricada en acero galvanizado con la ventaja de que puede ser instalada a la intemperie, ya que no necesita una caseta de bombeo.

- La investigación demostró el beneficio de adquirir una bomba de ariete multietapas; la cual resulta ser más rentable que una bomba centrífuga con similares características.

- La implementación de este tipo de bombas nos permite descubrir nuevas alternativas en el desarrollo de sistemas de bombeo aprovechando el recurso hídrico existente.

7.2. Recomendaciones:

- Realizar las válvulas de impulsión en materiales alternativos, no corrosivos y de bajo costo económico, con la misma eficiencia en condiciones máximas de trabajo.
- Comprobar que los sellos mecánicos en la cámara de aire sean instalados de manera correcta, ya que una mínima fuga puede causar una severa disminución de presión.
- Verificar que entre la válvula de impulsión y la brida porta válvulas exista un selle hermético, con la finalidad que no disminuya el choque hidráulico
- Incentivar mediante la realización de esta tesis, el desarrollo, uso, ventajas y aplicaciones de equipos y sistemas que utilicen energía renovable.
- Planificar estudio de diseño y construcción encaminados a la utilización de polímeros, teniendo en cuenta que las pérdidas se disminuyen y se eliminan impurezas propias del material por efectos de la corrosión.
- Incentivar mediante esta tesis el desarrollo de proyectos similares los cuales estén enfocados a la preservación del ambiente.

- Adecuar un laboratorio de mecánica de fluidos en las inmediaciones de la universidad para instalar el equipo y poder demostrar el golpe de ariete de una manera didáctica.

BIBLIOGRAFIA

1. Mecánica De Fluidos E Hidráulica, Giles Ronald
2. Mecánica de fluidos, Víctor Streeter
3. Mancebo del castillo, Uriel. Teoría del golpe de ariete y sus aplicaciones en la ingeniería hidráulica. Noriega editores. 1987.
4. Henaó Gaviria, Edgar. Diseño y construcción de unidad experimental del golpe de ariete. Tesis de grado. 1980.
5. Campo, Alfredo. Orozco, Eugenio. El golpe de ariete principios básicos parte i. Proyecto de grado. 1983.
6. Izquierdo, P, R y Alberto V: Ariete Hidráulico, Diseño, construcción y explotación. Publicaciones internas, ISMM, Cuba. 1992.
7. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia25/HTML/articulo05.htm>
8. <http://www.energia.holguin.cu/publicaciones/pub2.html>
9. <http://ecologiapracticable.blogspot.com/2007/08/bomba-de-ariete-hidraulico.html>
10. <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoentuberias/golpedearieteenbombas/golpearieteenbombas.htm>
11. <http://news.soliclima.com/divulgacion/eficienciaenergetica/fabriquelousted-mismo-el-ariete-hidraulico>

12. <http://prueba2.aguapedia.org/aguapossible/manual/captacion/BrinqueiraArieteHidraulico/weinmann.pdf>
13. http://www.terra.org/data/ariete_super.pdf
14. http://www.wot.utwente.nl/publications/breurram_es.pdf
15. <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/28-gestion-del-agua/252-el-ariete-hidraulico-un-sistema-de-construccion-sencillo.html>
16. http://www.funica.org.ni/docs/riego_01.pdf
17. <http://doctorwong.wordpress.com/category/ariete-hidraulico/>
18. <http://cosmosproyectual.zoomblog.com/archivo/2007/06/30/como-construir-un-ariete-hidrulico-sen.html>
19. www.wikipedia.com
20. <http://www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml>
21. Tachke J: H: P: M.: Arietes Hidráulicos, Investigación comparativa, Delf. 1985.
22. <http://www.rincondelvago.com>
23. <http://www.aguamarket.com/>
24. <mailto:ingesol@jet.es>
25. <mailto:luisanibal1980@hotmail.com>
26. <http://www.monografias.com/trabajos23/bombas-y-compresores/bombas-y-compresores.shtml>

27. <mailto:info@tecnoedu.com>

28. www.tecnoedu.com

29. www.personales.ya.com/universal/termoweb

30. E-Mail: oadisio@uncoma.edu.ar

ANEXOS

ANEXO 1

Diámetro y tipo de tubería		VELOCIDAD (m/seg)										
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0	4,5	6,0	9,0
10 cm	Comercial vieja	435	415	410	405	400	395	395	390	385	375	370
	Comercial usada	355	320	310	300	290	285	280	270	260	250	250
	Tubería nueva	300	265	250	240	230	225	220	210	200	190	185
	Muy lisa	240	205	190	180	170	165	155	150	140	130	120
15 cm	Comercial vieja	425	410	405	400	395	395	390	385	380	375	365
	Comercial usada	335	310	300	285	280	275	265	260	250	240	235
	Tubería nueva	275	250	240	225	220	210	205	200	190	180	175
	Muy lisa	220	190	175	165	160	150	145	140	130	120	115
20 cm	Comercial vieja	420	405	400	395	390	385	380	375	370	365	360
	Comercial usada	320	300	285	280	270	265	260	250	240	235	225
	Tubería nueva	265	240	225	220	210	205	200	190	185	175	170
	Muy lisa	205	180	165	155	150	140	135	130	120	115	110
25 cm	Comercial vieja	415	405	400	395	390	385	380	375	370	365	360
	Comercial usada	315	295	280	270	265	260	255	245	240	230	225
	Tubería nueva	260	230	220	210	205	200	190	185	180	170	165
	Muy lisa	200	170	160	150	145	135	130	125	115	110	105
30 cm	Comercial vieja	415	400	395	395	390	385	380	375	365	360	355
	Comercial usada	310	285	275	265	260	255	250	240	235	225	220
	Tubería nueva	250	225	210	205	200	195	190	180	175	165	160
	Muy lisa	190	165	150	140	140	135	125	120	115	110	105
40 cm	Comercial vieja	405	395	390	385	380	375	370	365	360	350	350
	Comercial usada	300	280	265	260	255	250	240	235	225	215	210
	Tubería nueva	240	220	205	200	195	190	180	175	170	160	155
	Muy lisa	180	155	140	135	130	125	120	115	110	105	100
50 cm	Comercial vieja	400	395	390	385	380	375	370	365	360	350	350
	Comercial usada	290	275	265	255	250	245	235	230	220	215	205
	Tubería nueva	230	210	200	195	190	180	175	170	165	160	150
	Muy lisa	170	150	135	130	125	120	115	110	105	100	95
60 cm	Comercial vieja	400	395	385	380	375	370	365	360	355	350	345
	Comercial usada	285	265	255	250	245	240	230	225	220	210	200
	Tubería nueva	225	200	195	190	185	180	175	170	165	155	150
	Muy lisa	165	140	135	125	120	120	115	110	105	100	95
75 cm	Comercial vieja	400	385	380	375	370	365	360	355	350	350	345
	Comercial usada	280	255	250	245	240	230	225	220	210	205	200
	Tubería nueva	220	195	190	185	180	175	170	165	160	155	150
	Muy lisa	160	135	130	120	115	115	110	110	105	100	95
90 cm	Comercial vieja	395	385	375	370	365	360	355	355	350	345	340
	Comercial usada	275	255	245	240	235	230	225	220	210	200	195
	Tubería nueva	215	195	185	180	175	170	165	160	155	150	145
	Muy lisa	150	135	125	120	115	110	110	105	100	95	90
120 cm	Comercial vieja	395	385	370	365	360	355	350	345	345	340	335
	Comercial usada	265	250	240	230	225	220	215	210	200	195	190
	Tubería nueva	205	190	180	175	170	165	160	155	150	145	140
	Muy lisa	140	125	120	115	110	110	105	100	95	90	90

ANEXO 2

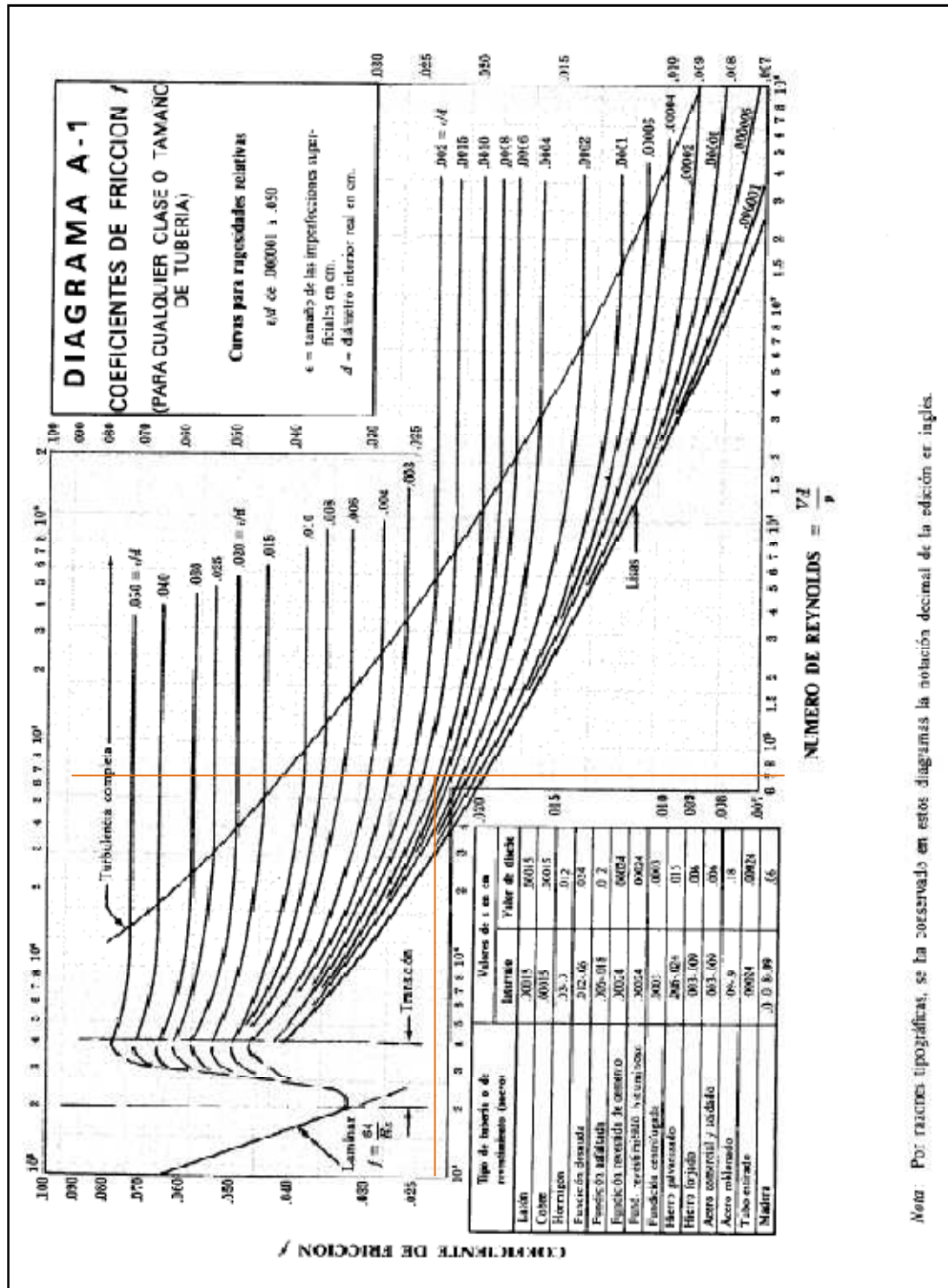
TABLA 4

PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS

(Subíndice 1 = aguas arriba y subíndice 2 = aguas abajo)

Accesorio	Pérdida de carga media										
1. De depósito a tubería – conexión a ras de la pared (pérdida a la entrada)	$0,50 \frac{V_2^3}{2g}$										
– tubería entrante	$1,00 \frac{V_2^3}{2g}$										
– conexión ahocinada	$0,05 \frac{V_2^3}{2g}$										
2. De tubería a depósito (pérdida a la salida)	$1,00 \frac{V_1^3}{2g}$										
3. Ensanchamiento brusco	$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$										
4. Ensanchamiento gradual (véase Tabla 5)	$K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$										
5. Venturímetros, boquillas y orificios	$(\frac{1}{c_v^2} - 1) \frac{V_2^3}{2g}$										
6. Contracción brusca (véase Tabla 5)	$K_c \frac{V_2^3}{2g}$										
7. Codos, accesorios, válvulas*	$K \frac{V^3}{2g}$										
<p>Algunos valores corrientes de K son:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>45° codo</td> <td>0,35 a 0,45</td> </tr> <tr> <td>90° codo</td> <td>0,50 a 0,75</td> </tr> <tr> <td>Tes.</td> <td>1,50 a 2,00</td> </tr> <tr> <td>Válvulas de compuerta (abierta)</td> <td>aprox. 0,25</td> </tr> <tr> <td>Válvulas de control (abierta)</td> <td>aprox. 3,0</td> </tr> </tbody> </table>		45° codo	0,35 a 0,45	90° codo	0,50 a 0,75	Tes.	1,50 a 2,00	Válvulas de compuerta (abierta)	aprox. 0,25	Válvulas de control (abierta)	aprox. 3,0
45° codo	0,35 a 0,45										
90° codo	0,50 a 0,75										
Tes.	1,50 a 2,00										
Válvulas de compuerta (abierta)	aprox. 0,25										
Válvulas de control (abierta)	aprox. 3,0										

ANEXO 3



Nota: Por razones tipográficas, se ha conservado en estos diagramas la notación decimal de la edición en inglés.

ANEXO 4

A. COMO DETERMINAR EL TAMAÑO DE UN HIDRO-ARIETE VULCAN

Para la instalación de un Hidro-Ariete es indispensable conocer los factores siguientes:
(ver diagrama)

D - Desnivel o caída vertical del agua de abastecimiento.
A - Altura vertical a donde se bombeará o llevará el agua.
L - Longitud del tubo de entrada.
l - Longitud del tubo de salida o descarga.
Q - Cantidad de agua disponible en litros por minuto LPM.
q - Cantidad de agua que se necesitaría durante 24 horas.

B. COMO DETERMINAR LA CANTIDAD DA AGUA DISPONIBLE

Cualquier riachuelo, fuente o manantial de agua con una producción mínima de 2.25 LPM, y un desnivel o caída de 1m mínimo son apropiados para accionar

un Hidro-Ariete Vulcan. Mientras más abundancia de agua, mayor el tamaño de Hidro-Ariete que se puede utilizar, y mayor cantidad de agua bombeada. Determine la cantidad de agua durante la época de sequía, y no durante las lluvias. Represe el riachuelo o fuente en tal forma que toda el agua salga por un tubo; con un recipiente de un volumen conocido p. ej. 100 litros calcule el lapso de tiempo en llenarlo. Asumamos que se llenó en 5 minutos; tendríamos $100 \div 5 = 20$ LPM: ésta sería la cantidad de agua disponible.

C. COMO ESCOGER UN HIDRO-ARIETE DE TAMAÑO ADECUADO

Conociendo la cantidad de agua disponible, en éste caso 20 LPM, el cuadro siguiente nos indica que se podrían utilizar los Hidro-Arietes de 1" x 1/2" o el de 1 1/4" x 3/4" con una capacidad máxima de 2727 litros en 24 horas.

LISTA Y TAMAÑOS DE LOS HIDRO-ARIETES VULCAN Fig.2

Tamaños y Ø de tuberías		LPM necesarios para su funcionamiento		Litros en 24 horas		Código de referencia	Peso en Kg.	
Entrada	Salida	Mínimo	Maxímo	Mínimo	Maxímo		Neto	Bruto
1	1/2	2.25	13.5	227	2727	Dobberen	38	76
1 1/4	3/4	4	18	454	2727	Dobberen	38	76
1 1/2	1	9	27	1800	4500	Dobbering	38	76
2	1	22	45	2700	9000	Docent	51	124
2 1/2	1	36	113	3375	13500	Docile	95	230
3	1	54	136	4500	22500	Dochter	95	230
4	1 1/4	90	204	9000	45000	Doddering	181	364
5	1 1/2	136	272	18000	81800	Doedelzak	241	614
6	2	227	454	27000	136000	Doeken	458	847

Nota: Ø tuberías en pulgadas - Litros y kilos aproximados

ANEXO 5

TABLA DE RENDIMIENTOS DE LOS HIDRO-ARIETES VULCAN

Caída en metros.	Elevación de descarga en metros															
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	40	20	10	6												
2	80	40	20	13	10	8										
3		60	30	20	15	12	10									
5			50	34	35	20	16	14	12							
10				68	51	40	34	29	25	22	20	18	17	15	14	14
20							66	56	50	44	40	36	33	30	28	28

Fig.3

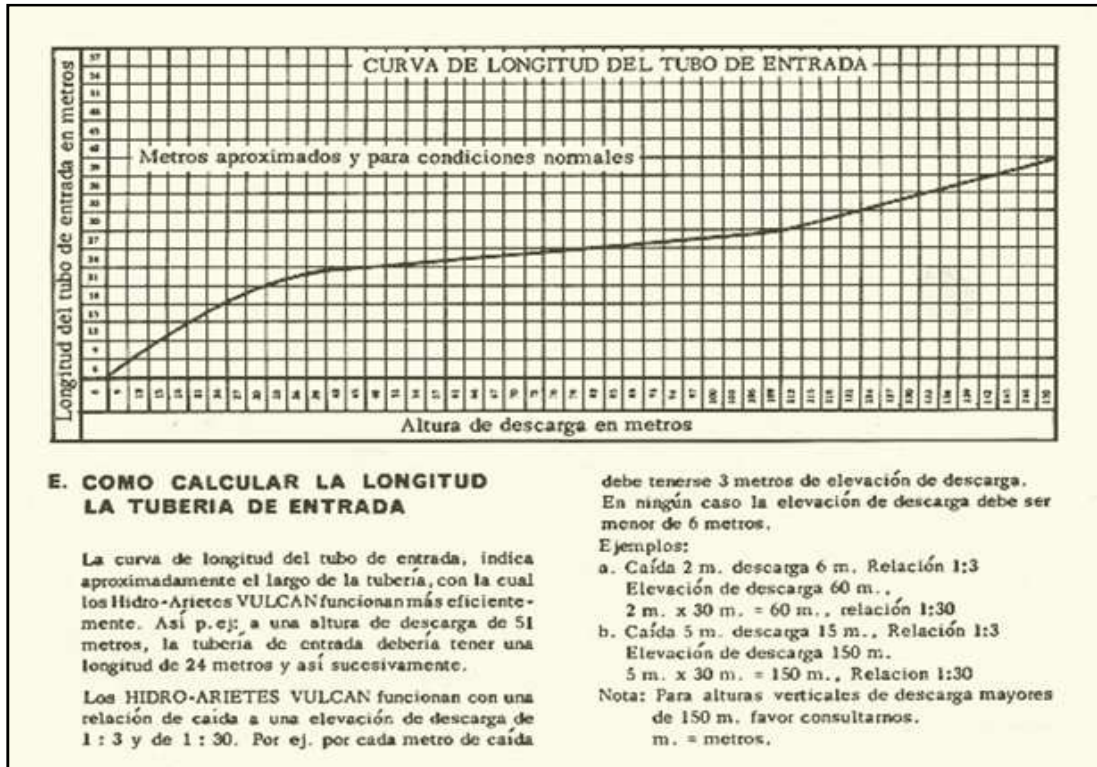
D. COMO UTILIZAR LA TABLA DE RENDIMIENTOS

Para el cálculo de rendimiento en litros durante 24 horas de bombeo es necesario considerar, la caída y la elevación de descarga (ver Fig. 1, D y A). Conociendo estos dos factores localice el factor o número opuesto a la caída, y bajo la elevación de descarga. (ver Fig.3) y multiplíquelo por los LPM

de agua disponible: en éste caso, 20 LPM (ver punto B).

Ejemplo: Asumiremos una caída de 5 metros y una elevación de descarga de 30 metros: la Fig.3 nos indica el factor 34, o sea 34×20 LPM = 680 litros de agua durante 24 horas de funcionamiento.

ANEXO 6



ANEXO 7

Tablas importantes.

En la siguiente tabla se ilustra el funcionamiento de los arietes fabricados por la compañía Lidgerwood Industrial. Se puede apreciar claramente la disminución en la cantidad de l/min suministrados con el aumento de la relación H/h. También se ve que aumentan a mayor diámetro de entrada y también la cantidad de agua necesaria a la entrada.

Tubería (D(n))		Entrada (l/min)	Suministro (l/h)				
Entrada	Salida		H/h	6:1	8:1	10:1	12:1
3/4	3/8	5		32	20	12	
		7		44	28	18	
1	1/2	7		44	28	18	11
		10		64	40	25	16
		15		95	60	38	24
1y1/2	3/4	15		95	60	38	24
		20		128	80	50	31
		25		160	100	63	40
2	1	25		160	100	63	40
		35		225	140	88	55
		45		285	180	112	72
2y1/2	1y1/4	45		285	180	112	72
		60		380	240	150	95
		75		480	300	186	120
3	1y1/2	75		480	300	186	120
		100		640	400	250	160
		125		800	500	330	200

ANEXO 8

Esta tabla muestra información sobre arietes Colombianos.

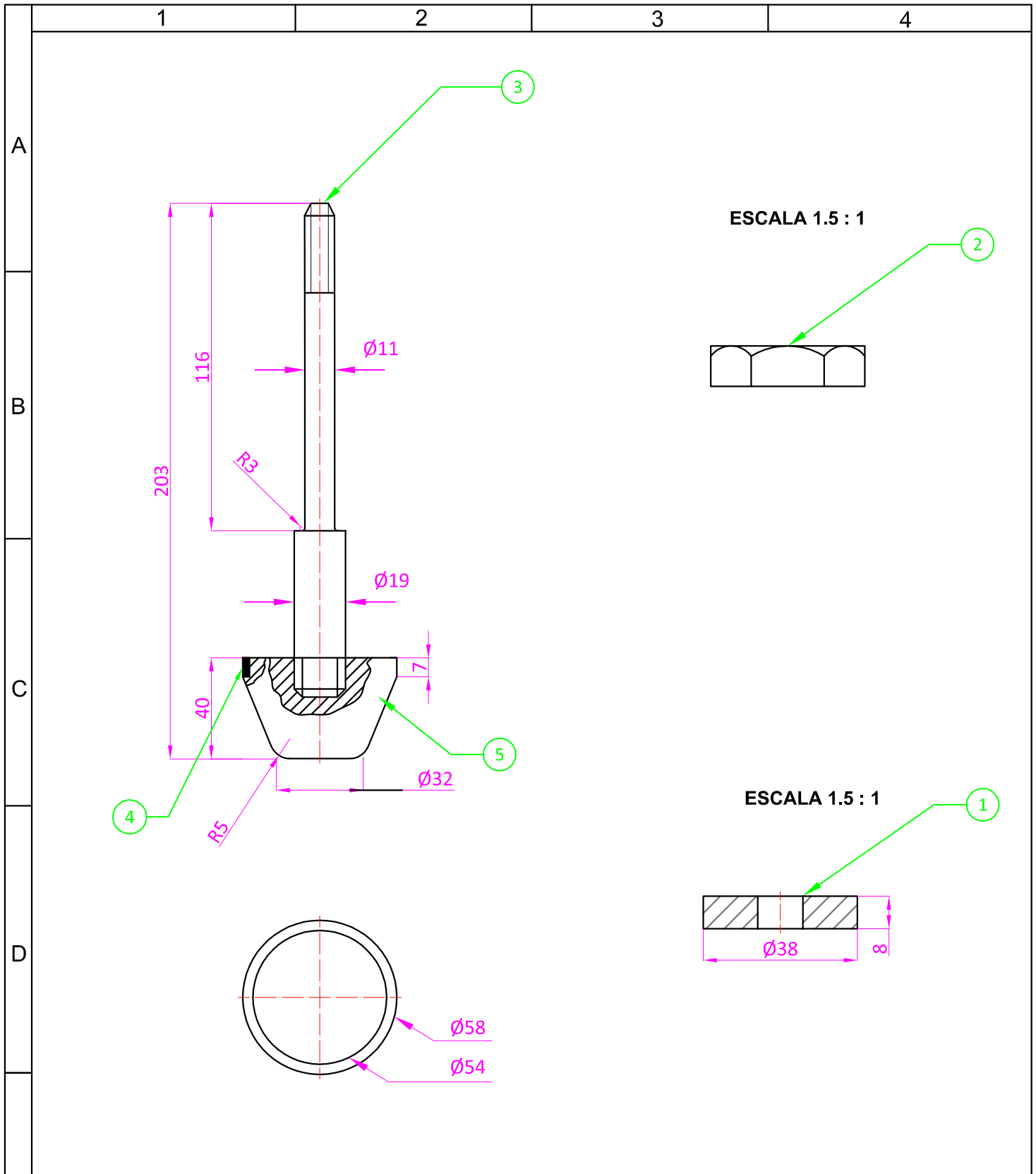
Características de los Arietes Fabricados en Colombia				
Marca	Número	Tubería D(in)		Caudal mínimo (l/min)
		entrada	salida	
VIGIG	3	1	1/2	4.14
VIGIG	4	1y1/4	3/4	2.47
VIGIG	5	2	1	4.6
TIAQ	3	1	1/2	10.2
TIAQ	4	1y1/4	3/4	2.82
TIAQ	5	2	1	5

ANEXO 9

Teniendo el resultado del cociente se entra a la tabla por la primera fila y se busca este número. Se desciende por la columna correspondiente hasta llegar al número más cercano a la demanda requerida. Si el número se encuentra en dos posiciones en la misma columna entonces se debe comparar el caudal disponible de la fuente con el número de la columna del caudal, si son muy parecidos se escoge el tamaño menor, si el disponible es mayor se escoge el ariete más grande.

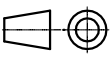
Número del ariete	Caudal (l/m)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ENTREGA PARA ALMACENAR																			
2	3.8	30	23	19	15	13	11	9	8	6	5	4	4	3	3	2	1.5	1.5	
	7.6	64	49	38	30	26	22	18	15	13	11	9	8	6	5	5	3.4	3	
3	7.6	64	49	38	30	26	22	18	15	13	11	9	8	6	5	5	3.4	3	
	11.4	95	72	57	45	38	32	27	23	19	16	14	12	10	8	7	5.2	4.5	
	15.1	12.9	98	76	60	53	43	36	30	26	22	18	16	13	11	9	7.1	6.1	
4	11.4	95	72	57	45	38	32	27	23	19	16	14	12	10	8	7	5.2	4.5	
	15.1	129	98	76	60	53	43	36	30	26	22	18	16	13	11	9	7.1	6.1	
	18.9	159	121	95	73	68	55	49	38	32	28	23	20	17	14	11	9.1	7.6	
	22.7	193	148	113	95	79	66	55	45	39	33	27	24	20	16	14	10.6	7.9	
	16.5	223	170	136	110	95	79	64	53	45	39	32	20	23	19	16	12.5	10.6	
5	22.7	193	148	113	95	79	66	55	45	39	33	27	24	20	16	14	10.6	7.9	
	26.5	223	170	136	110	95	76	64	53	45	39	32	28	23	19	16	12.5	10.6	
	30.3	257	197	155	125	106	87	72	60	51	44	36	32	26	22	18	14.3	12.1	
	34.1	288	219	174	140	121	98	81	68	58	50	41	36	30	25	20	16.3	13.6	
	37.8	322	249	193	159	136	106	91	76	64	55	45	40	33	28	23	18.2	15.1	
	41.6	356	272	212	174	148	117	98	83	71	61	50	44	37	30	25	20.1	16.7	
	45.4	386	299	235	189	163	129	106	91	77	66	54	48	40	33	27	21.6	18.2	
	49.2	420	322	254	204	174	140	117	98	84	72	59	51	43	36	29	23.5	19.7	
	53	450	348	272	219	189	159	125	106	90	77	63	56	47	39	32	25.4	21.2	

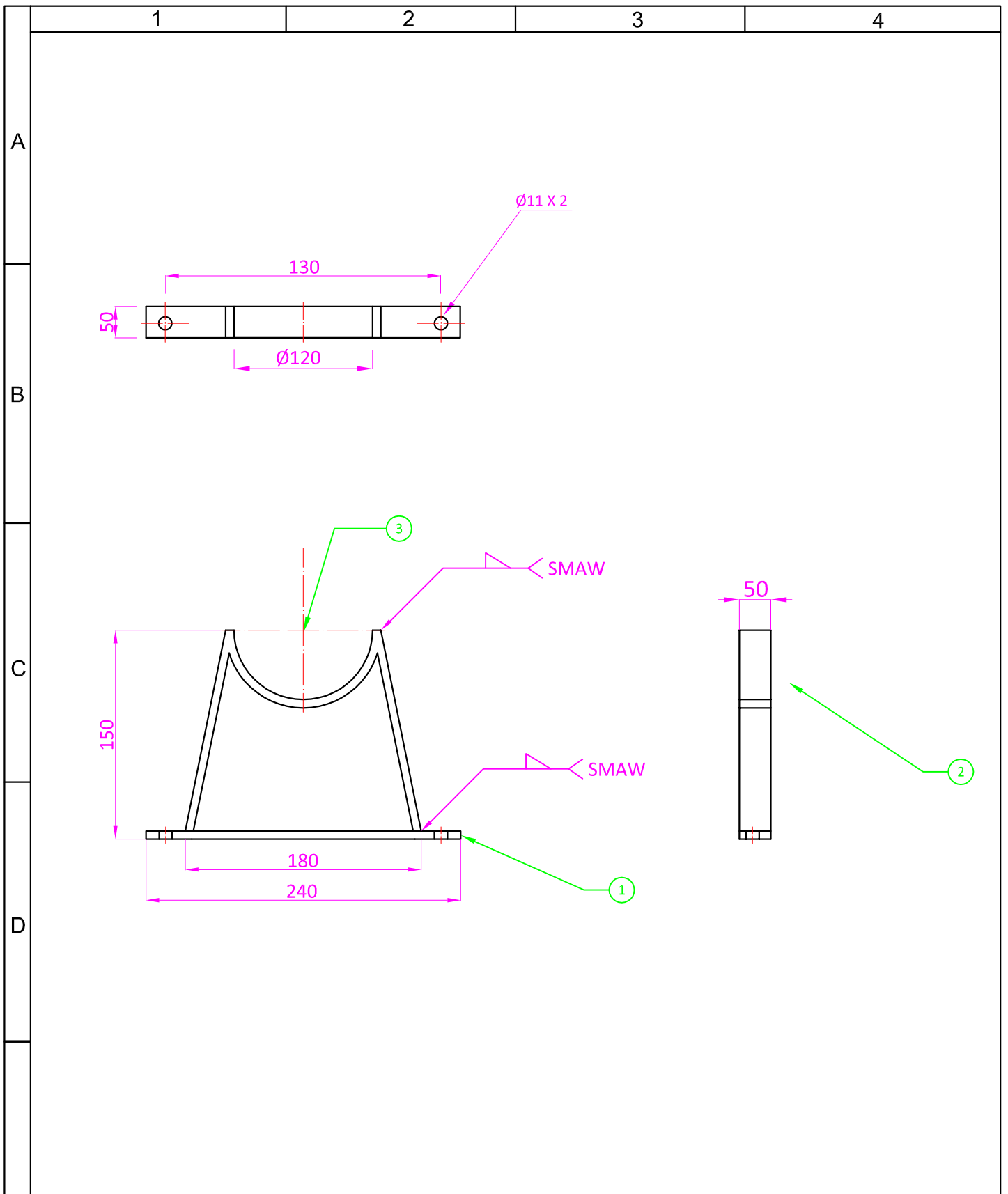
PLANOS



5	3	Cuerpo de la válvula	Acero inoxidable martensítico
4	3	Anillo de cierre hermético	Bronce SAE 40
3	3	Parte roscada 11mm	Acero al carbono
2	3	Tuerca de seguridad rosca 11mm normalizada	Acero al carbono
1	3	Arandela rosca 11mm Ø38 X 8	Bronce SAE 40
Nº	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL

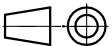
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

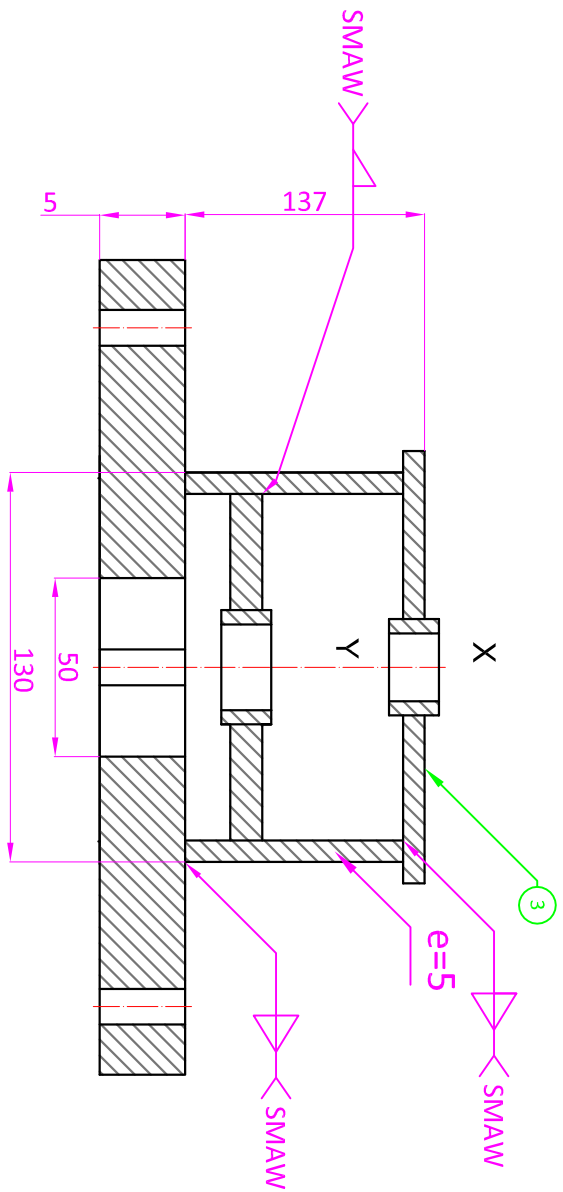
PROYECTO: TESIS	CONTIENE:	FECHA: 25-11-2011
DISEÑO: F. SORNOZA X. RAMIREZ	VALVULA DE IMPULSION	ESCALA: 1:1 
REVISO: ING. JAVIER DIAZ		PLANO BA 1 - 7



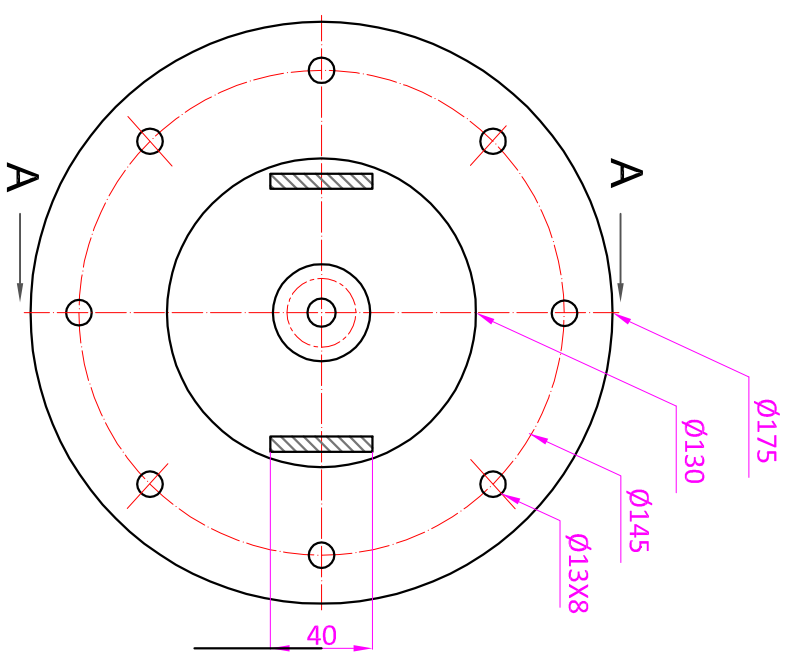
3	2	Base reposo tubería esp=5mm	Acero al carbono
2	4	Platina base soporte esp=5mm	Acero al carbono
1	2	Platina de sujeción esp=5mm	Acero al carbono
Nº	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

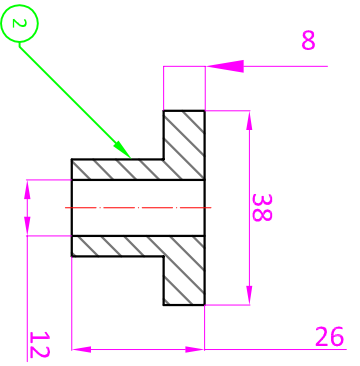
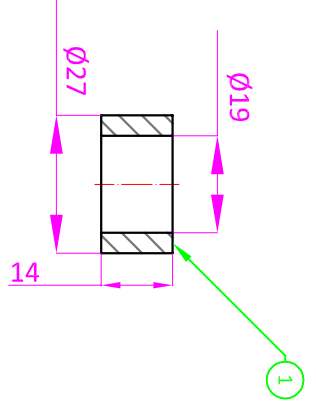
PROYECTO: TESIS	CONTIENE: BASE SOPORTE DE LA BOMBA	FECHA: 25-11-2011
DISEÑO: F. SORNOZA X. RAMIREZ		ESCALA: 4:1 
REVISO: ING. JAVIER DIAZ		PLANO BA 2 - 7



Corte A-A



Detalle X-Y



ESCALA 1.5 : 1

ESCALA 1.5 : 1

Nº	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL
3	6	SopORTE para eje desplazamiento de la válvula	Acero al carbono
2	1	Manzana rosca interna NPT Ø12	Acero al carbono
1	3	Bocin rosca externa NPT Ø19 en bronce	Acero al carbono

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

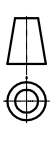
CONTIENE:

FECHA: 25-11-2011

DISEÑO: F. SORNOZA X. RAMIREZ

SOPORTE DE LA VALVULA DE IMPUSION

ESCALA: 4:1



REVISO: ING. JAVIER DIAZ

PLANO BA 3 - 7

1

2

3

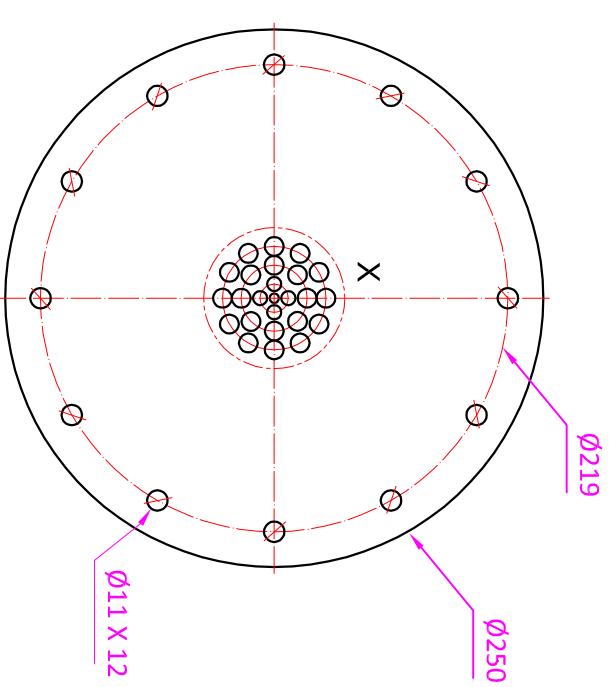
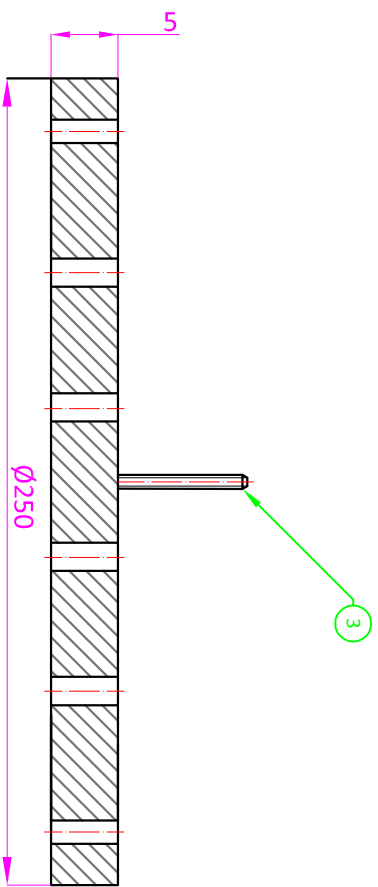
4

5

6

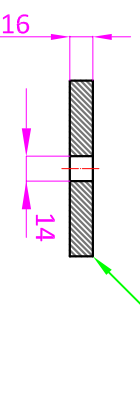
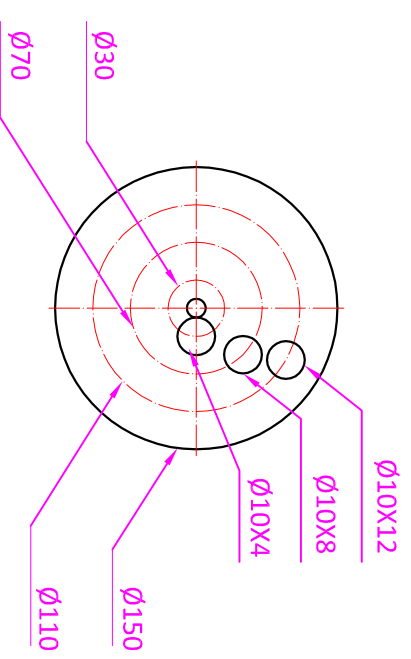
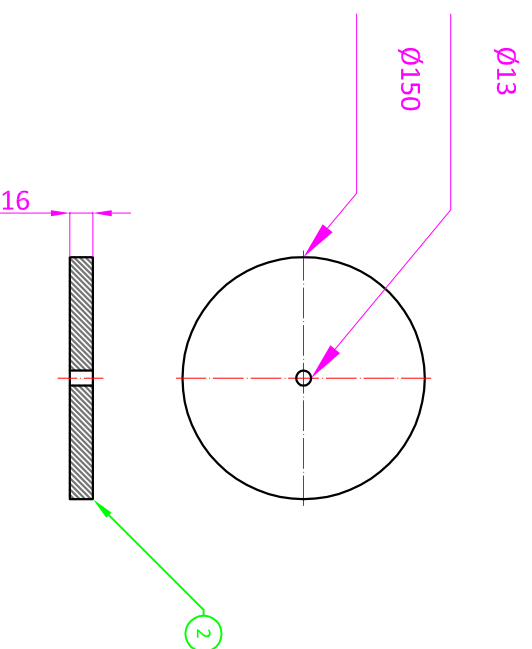
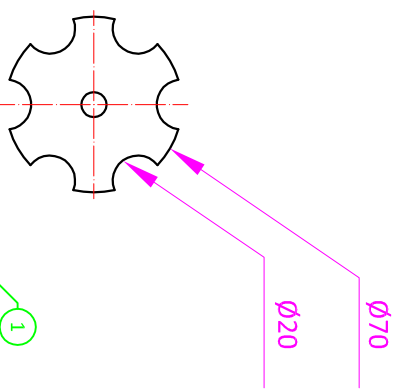
7

8



ESCALA 1.5 : 1

Detalle X



ESCALA 1.5 : 1

Nº	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL
3	1	Perno 3/8" NPT 2 1/2" todo roscado	Acero Inoxidable
2	1	Tapón Ø150 X 10	Neopreno
1	1	Arandela de seguridad rosca interior 3/8" NPT esp=8mm	Acero Inoxidable

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

CONTIENE:

FECHA: 25-11-2011

DISEÑO: F. SORNOZA X. RAMIREZ

VALVULA DE DESCARGA

ESCALA: 4:1

REVISO: ING. JAVIER DIAZ

PLANO BA 4 - 7

F

E

D

C

B

A

1

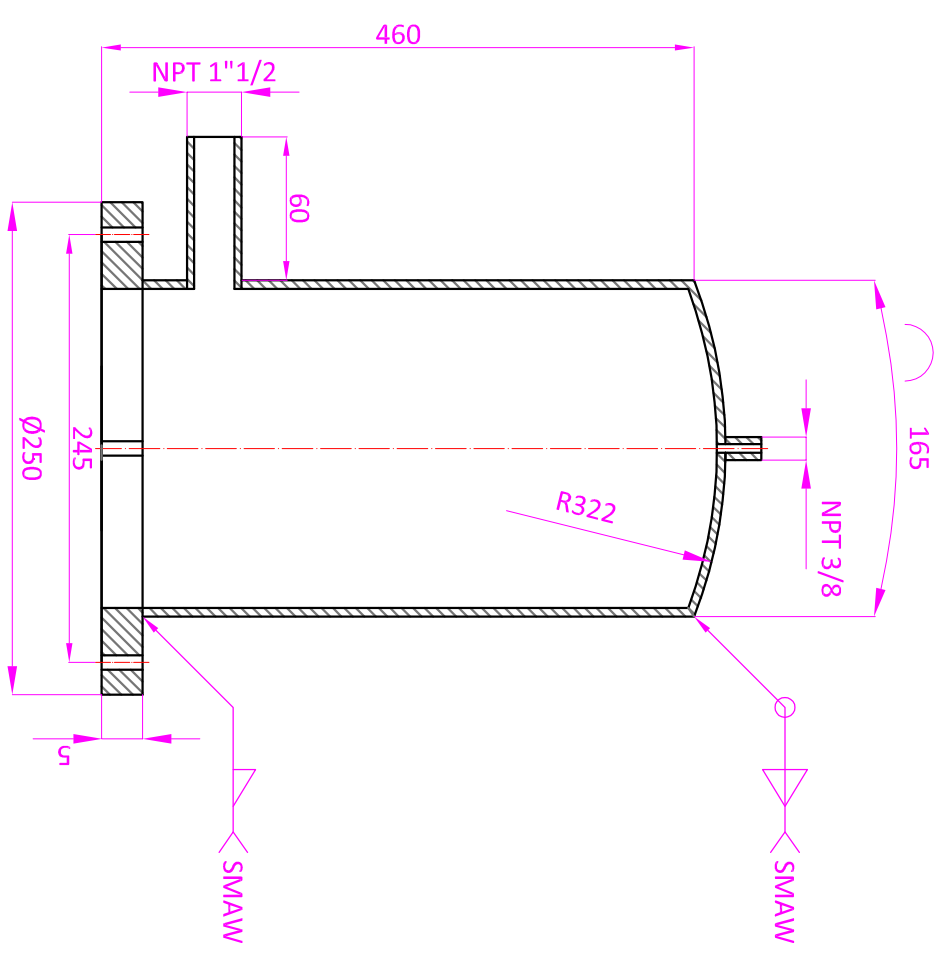
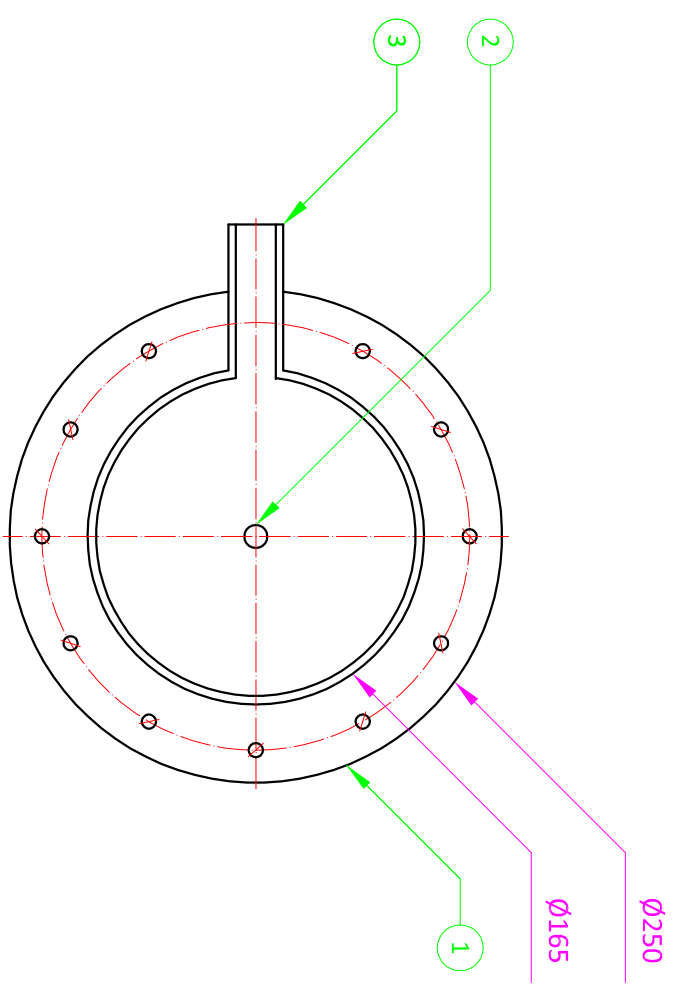
2

3

4

5





3	1	Neplo HG 1 1/2" 6 cm rosado	Acero al carbono
2	1	Unión HG 1/2" NPT	Acero al carbono
1	1	Brida normalizada NH 7" para soldar	Acero al carbono
Nº	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

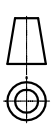
CONTIENE:

FECHA: 25-11-2011

DISEÑO: F. SORNOZA X. RAMIREZ

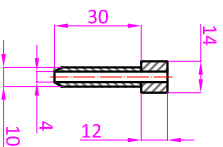
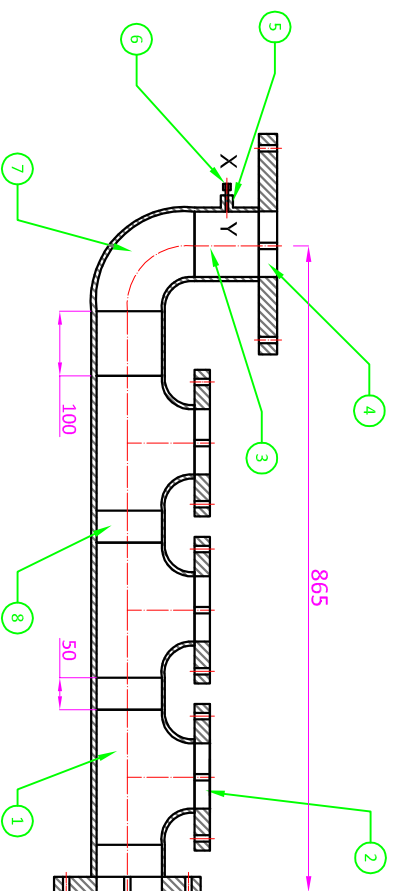
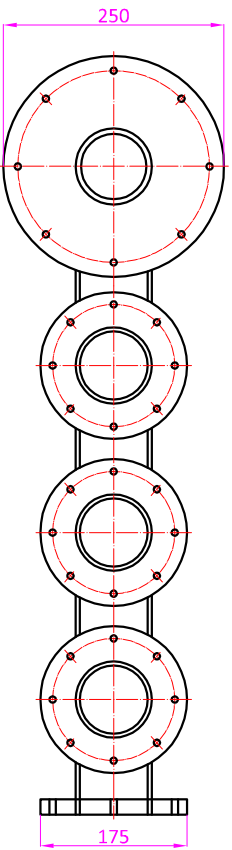
TANQUE BOMBA DE ARIETE

ESCALA: 4:1

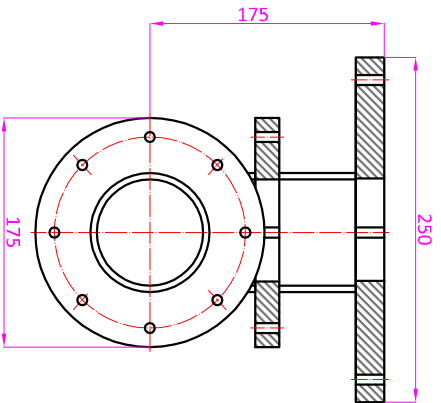


REVISO: ING. JAVIER DIAZ

PLANO BA 5 - 7



Detalle X-Y



ESCALA 1,5 : 1

Nº	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL
8	3	Neplo 5cm NH 4" para soldar	Acero al carbono
7	1	Codo 90° codo cedula 40 NH 4" para soldar	Acero al carbono
6	1	Válvula aerreadora rosca externa 3/8 NPT con perforación interior 4mm	Bronce SAE 40
5	1	Bocin de Ø19X19 con rosca interna 3/8 NPT	Acero al carbono
4	1	Brida normalizada 7"	Acero al carbono
3	2	Neplo 10cm NH 4" para soldar	Acero al carbono
2	4	Brida normalizada 4"	Acero al carbono
1	3	T cedula 40 NH 4" para soldar	Acero al carbono

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

PROYECTO: TESIS

CONTIENE:

DISEÑO: F. SORNOZA X. RAMIREZ

BOMBA DE ARIETE

REVISO: ING. JAVIER DIAZ

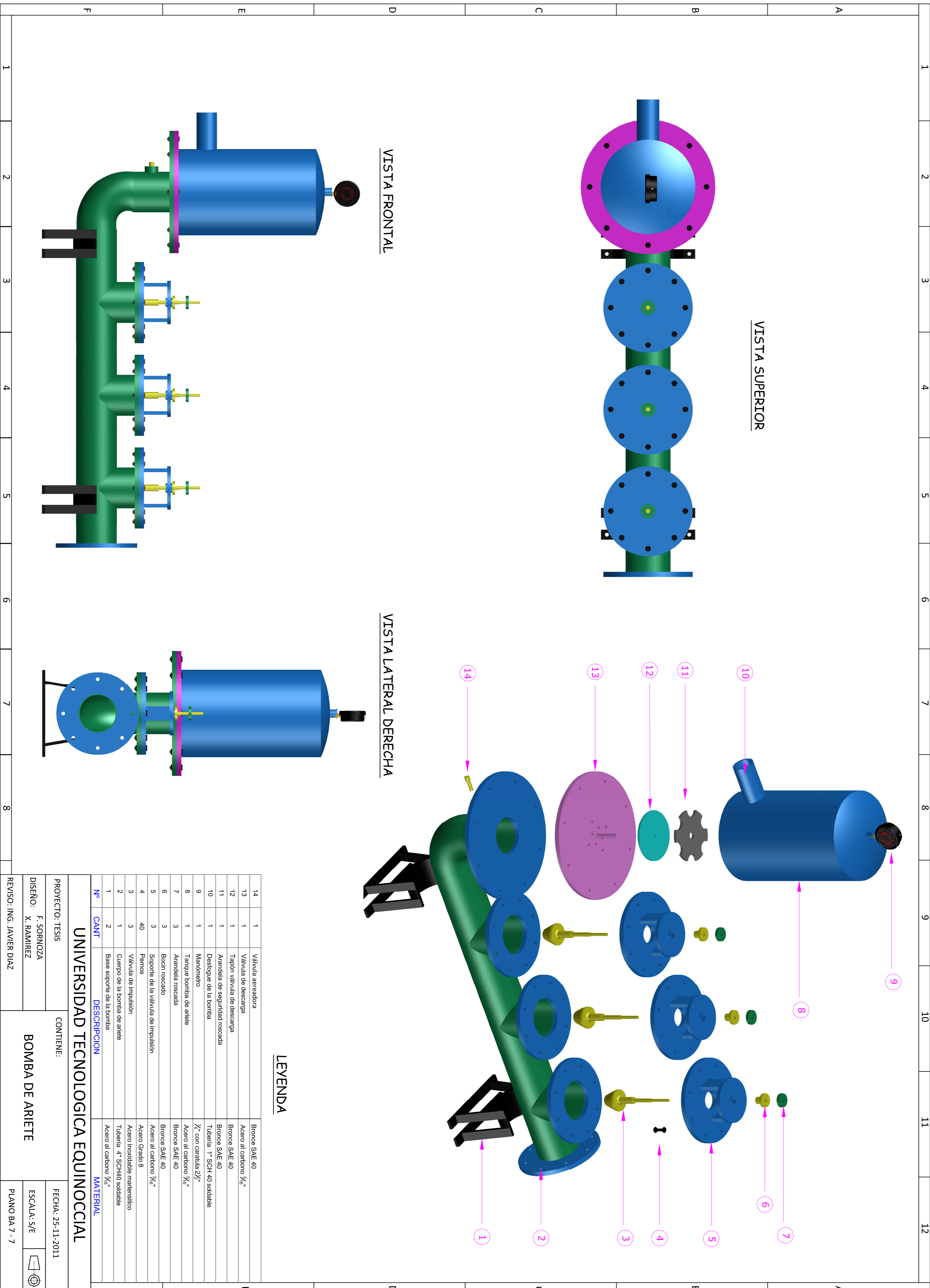
CUERPO DE LA BOMBA

FECHA: 25-11-2011

ESCALA: 2:1



PLANO BA 6 - 7



VISTA SUPERIOR

VISTA LATERAL DERECHA

LEYENDA

14	1	Válvula aerodadora	Bronce SAE 40
13	1	Válvula de descarga	Acero al carbono 3/8"
12	1	Tapon válvula de descarga	Bronce SAE 40
11	1	Arandela de seguridad roscada	Bronce SAE 40
10	1	Deslizador de la bomba	Tubera 1" SCH 40 soldable
9	1	Maldonado	1/2" con carquilla 27"
8	1	Tanque bomba de aceite	Acero al carbono 3/8"
7	3	Arandela roscada	Bronce SAE 40
6	3	Bocin roscado	Bronce SAE 40
5	3	Soporte de la válvula de impulsión	Acero al carbono 3/8"
4	40	Pernos	Acero Grado 8
3	3	Válvula de impulsión	Acero inoxidable martensítico
2	1	Cuerpo de la bomba de aceite	Tubera 4" SCH40 soldable
1	2	Bases soporte de la bomba	Acero al carbono 3/8"
Nº		DESCRIPCION	MATERIAL
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL			

PROYECTO: TESIS	CONTIENE:	FECHA: 25-11-2011
DISEÑO: F. SOMNOZA	BOMBA DE ARIETE	ESCALA: 3/E
DISEÑO: X. RAMIREZ		
REVISOR: ING. JAVIER DIAZ		PLANO BA 7 - 7