



T  
628.14  
MEJ

## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

### **Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

**“Diseño de un sistema de distribución hidráulica para conducción de agua tratada a operaciones industriales”**

#### **TESIS DE GRADO**



Previo a la obtención del Titulo de:

BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

#### **INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

**David Mejía Alburquerque**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2008**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, mis padres, mi novia, mi tío Felipe, mis primos y a todas las personas que de manera directa e indirecta ayudaron a la realización de este trabajo y de mi trayectoria estudiantil.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

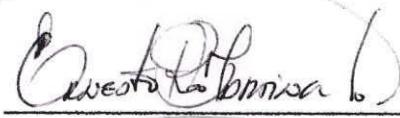
## DEDICATORIA

Este trabajo realizado con  
mucho esfuerzo, lo dedico a  
mi padre, quien tuvo la  
intención de verme  
convertido en un Ingeniero  
Mecánico y a cada una de las  
personas que me ayudaron  
en la realización de la misma.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Franco

Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS



Eduardo Orcés

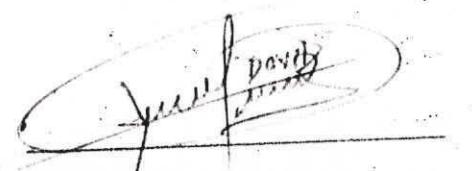
Ing. Eduardo Orcés P.  
VOCAL

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



  
David Ricardo Mejía Alburquerque

## RESUMEN

Hoy en día, el mundo entero siente la necesidad de proteger y cuidar el medio en el cual se desarrolla la vida, nuestro planeta; debido a las condiciones en las cuales nos encontramos y a los tantos pronósticos dictados por varios expertos en el tema medioambiental.

Para ello, unos miles de personas trabajan diariamente con el afán de encontrar nuevas estrategias o técnicas que resulten menos nocivas para el ecosistema, otros nos dedicamos a aplicar dichas técnicas, dándole el enfoque práctico y de esta manera lograr mantener un planeta más limpio y puro para los que vendrá después de nosotros, nuestros hijos.

El presente trabajo pretende colaborar con esta cadena medio ambientalista, en la que estamos inmersos científicos, doctores, ingenieros, abogados, economistas, tecnólogos, asistentes, obreros y todo aquel que ame la vida y las maravillas de las cuales gozamos día a día.

Entendido lo anterior, la tesis se basa en el Diseño de una Red Hidráulica para distribución de agua recuperada a través del tratamiento adecuado, el cual que se llevará a cabo en las instalaciones de una EMPRESA Cervecería ubicada en la ciudad de Guayaquil en el Km. 16 ½ vía Daule.



En la actualidad, la entidad a la que se hace referencia, compra el 100% del agua que requiere a la Empresa de Agua Potable de la ciudad (INTERAGUA), y diariamente genera un gran volumen de aguas residuales que debe ser desalojado; lo que les genera un elevado costo de producción debido a la gran demanda anual que requieren de este elemento.

En el proceso productivo, parte de esta agua es utilizada sin ningún tratamiento adicional y otra es ablandada para posteriormente insertarla a todos aquellos sectores que lo necesitan para su normal funcionamiento. Al finalizar este proceso existe un gran volumen de efluentes, producidos particularmente en operaciones de limpieza y envasado, que requieren ser evacuados, lo cual corresponde al 65% del total de agua consumida.

Estas aguas residuales presentan una carga orgánica elevada y fácilmente biodegradable, sólidos en suspensión originados en la descarga de productos intermedios, Nitrógeno debido principalmente a la malta, aditivos y al uso de detergentes utilizados para la limpieza de tanques, PH fuertemente alcalinos generados en los procesos de limpieza de equipos y botellas retornables y en ocasiones metálicos pesados debido al desgaste de la maquinaria.



Para que estas aguas puedan ser evacuadas sin sufrir ningún tipo de sanción, la EMPRESA gasta un valor adicional para procesarla hasta llegar a niveles permisibles, establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), que es el organismo que regula los límites y establece las normas para la evacuación del agua industrial al medio ambiente en el Ecuador.

El enfoque principal es entonces, aprovechar el agua de residual de la planta, dándole el tratamiento adecuado para poder reutilizarla y distribuirla dentro de la misma en diferentes actividades de rutina como lo son:

- ✓ Limpieza de caja de botellas
- ✓ Sistemas de lubricación Jabonosa
- ✓ Limpieza de espuma a la salida de las envasadoras
- ✓ Lámparas de inspección de botellas
- ✓ Aseo de pisos
- ✓ Riego de áreas verdes
- ✓ Suministro de agua para calderas, condensadores y pasteurizadoras

Logrando así, reducir los costos de operación, optimizar la producción de la planta y contribuir con el medio ambiente. Por ello, será el objetivo de esta tesis realizar el diseño completo de la red de distribución del agua tratada utilizando una metodología muy simple la cual se describe a continuación:

En la primera parte se analizará los requerimientos del sistema, así como también los planos del lugar, datos técnicos, condiciones ambientales y demás soportes que proporcione la Empresa.

Posteriormente se revisarán los fundamentos teóricos y criterios de diseño para el dimensionamiento de las tuberías, selección de bombas, medidores, válvulas y demás accesorios.

Luego, se plantearán los posibles puntos críticos del sistema y se establecerán los supuestos necesarios para el inicio del cálculo del diseño. Además de analizarse el número de accesorios necesarios en cada línea.

Teniendo el dimensionamiento completo de las tuberías, se procederá a la selección de las bombas requeridas para la alimentación de la red. Adicionalmente como parte del proyecto es necesaria la utilización de variadores de frecuencia para disminuir el alto consumo energético producido en los arranques.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Consecuentemente, se presentarán planos detallados de la red de distribución así como también la ubicación de cada uno de los accesorios seleccionados previamente en la fase del diseño, y así poder brindar un material de apoyo para una mejor comprensión al momento de llevarse a cabo la instalación y montaje del sistema

Finalmente, se realizará un análisis económico, que justifique la realización de este proyecto y un estimativo del tiempo el cual se recuperará la inversión.

Al culminar el proyecto se espera poder cumplir con el objetivo principal planteado que es aprovechar el agua residual de la planta y así reducir la compra directa de agua a la Empresa de Agua potable en un mínimo de un 40%, permitiendo de esta manera disminuir los costos de producción y además generar un ahorro energético producto de la instalación de los variadores de frecuencia en cada una de las bomba de seleccionadas.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	2
1.1. Descripción general de la empresa.....	2
1.2. Análisis de riesgo.....	3
1.3. Análisis de costo de producción por consumo de agua.....	4
1.4. Análisis general de la contaminación debido a los diferentes procesos de producción de agua.....	8



## CAPITULO 2

2. ANALISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO ATUAL.....	12
2.1. Descripción general de los procesos industriales.....	12
2.2. Síntesis del proceso productivo.....	16
2.2.1. Clasificación, estabilización y envasado.....	24
2.2.2. Preparación de envases y envasado.....	26
2.2.3. Limpieza.....	29
2.3. Proceso de evacuación y tratamiento de aguas residuales actual.....	31
2.4. Análisis comparativo de las nuevas alternativas viables para recuperación de agua residual.....	38

## CAPÍTULO 3



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RED DE DISTRIBUCION HIDRAULICA.....	43
3.1. Determinación de los requerimientos del sistema.....	43
3.2. Cálculos del diámetro mínimo y velocidades permisibles.....	47
3.3. Cálculos preliminares.....	56
3.4. Selección de equipos.....	84
3.4.1. Selección de bombas.....	84
3.4.2. Selección de medidores.....	91

3.4.3. Selección de Variadores de frecuencia.....	91
---	----

## CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS.....	92
--------------------	----

4.1. Construcción de planos.....	92
----------------------------------	----

4.2. Análisis de costos.....	92
------------------------------	----

## CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
--	----

5.1. Conclusiones.....	94
------------------------	----

5.2. Recomendaciones.....	97
---------------------------	----

## APÉNDICES

## BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

## ABREVIATURAS

P	Presión en psi
Q	Flujo total en gpm en un tramo específico
$H_p$	Cabezal de la bomba en (m)
$H_{atm}$	Presión atmosférica en (m)
$H_{vap}$	Presión de vapor en (m)
$P_a$	Presión requerida en el punto a
$P_b$	Presión de entrega requerida en el punto b
D	Diámetro de la tubería en (in)
e	Espesor de la tubería en (in)
g	Aceleración de la gravedad en ( $m/s^2$ )
$\rho$	Densidad en ( $Kg/m^3$ )
$Z_a$	Cota de altura en el punto A
$Z_b$	Cota de altura en el punto b
L	Longitud de la tubería analizada en (m)
$L_c$	Longitud crítica en (m)
$H_s$	Altura estática de succión en (m)
$\Delta H$	Diferencia de altura entre dos puntos del sistema a y b
T	Tiempo de anulación del caudal en (s)
V	Velocidad del fluido en ( $m/s$ )
a	Celeridad o velocidad de propagación de la onda en ( $m/s$ )
k	Coeficiente para la fórmula Allievi
K	Factor de la fórmula de Mendiluce, para el tiempo de anulación de caudal en una parada imprevista.
c	Termino de la fórmula de Mendiluce, para el tiempo de anulación de caudal en una parada imprevista
C	Coeficiente de fricción de Hazen-Williams
f	Coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach
n	Coeficiente de fricción de Manning
$h_f$	Perdida por fricción en la tubería en (m)
$h_m$	Perdidas equivalentes por fricción debido a los accesorios en (m)
h	Perdidas equivalentes por fricción debido a tubería y accesorios
$h_s$	Pérdida por fricción de accesorios y tubería en la succión en (m)



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

NPSH	Nete Power Suction Head
RGA	Riesgo de Golpe de Ariete
NRGA	No Riesgo de Golpe de Ariete
gpm	Galones por minuto (USA)
Atm	Atmósfera
Psi	Libra por pulgada cuadrada (USA)
N/m <sup>2</sup>	Newton por metro cuadrado
Hz	Herzt
RPM	Revoluciones por minuto
°C	Grados Centígrados
in	Pulgadas
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
s	Segundo
m/s	Metros por segundo
m/s <sup>2</sup>	Metros por segundo cuadrado
m <sup>3</sup> /s	Metros Cúbicos por segundo
m <sup>3</sup> /h	Metros Cúbicos por hora
π	Pi (3,1416)
Kg/m <sup>3</sup>	Kilogramos por metro cúbico
AWS	American Welding Society
SI	Sistema Internacional



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1	Distribución de los consumos de agua.....	4
Tabla 2	Tarifa de agua potable y alcantarillado para la ciudad de guayaquil (vigente).....	6
Tabla 3	Carga Contaminante del Agua en sus diferentes procesos.....	9
Tabla 4	Límites permisibles para descarga de efluentes en industrias cerveceras.....	38
Tabla 5	Cuadro de Análisis de la alternativa 1.....	41
Tabla 6	Cuadro de Análisis de la alternativa 2.....	41
Tabla 7	Especificaciones de los Consumos.....	44
Tabla 8	Condiciones Ambientales De La Zona.....	47
Tabla 9	Datos De Cuarto De Bombas A Calderas.....	49
Tabla 10	Datos De Cuarto De Bombas A Pasteurizadora.....	49
Tabla 11	Datos De Cuarto De Bombas A Condensador Evaporativo.....	50
Tabla 12	Datos De Cuarto De Bombas A Sistema De Riego.....	50
Tabla 13	Tuberías de acero cedula 40.....	54
Tabla 14	Velocidades de prueba.....	55
Tabla 15	Coeficiente C De Hazen-Williams.....	58
Tabla 16	Accesorios expresados en longitud equivalente.....	62
Tabla 17	Factores de corrección de accesorios para valores de Hazen-Williams.....	63
Tabla 18	Longitud equivalente en los diámetros de prueba.....	66
Tabla 19	Cálculo del cabezal de bombeo.....	67
Tabla 20	Disminución a la presión atmosférica .....	71
Tabla 21	Presión de vapor del agua.....	72
Tabla 22	Resultados de calculo del NPSH.....	73
Tabla 23	Resultados del calculo del tiempo de parada.....	77
Tabla 24	Coeficientes de Allievi.....	78
Tabla 25	Resultados de la celeridad.....	79
Tabla 26	Resultados de línea de sobrepresión y criterio de golpe de ariete.....	82



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P."

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.3. Distribución porcentual de los consumos de agua.....	5
Figura 1.4. Distribución Porcentual Efluentes.....	10
Figura 1.5. Distribución de carga contaminante.....	11
Figura 2.2.1. Diagrama General Del Proceso Productivo.....	16
Figura 2.3. Diagrama general del proceso de evacuación de aguas residuales.....	32
Figura 3.3.a. Valores del coeficiente C según Mendiluce .....	75
Figura 3.3.b. Valores del coeficiente K según Mendiluce .....	75
Figura 3.3.c. Línea piezométrica y línea de sobrepresión para cuarto de bomba a caldera con diámetro de 2 ½ " .....	82
Figura 3.4.a. Cobertura hidráulica de bombas multietapas verticales.....	84
Figura 3.4.b. Curva hidráulica para bombas 4SV.....	86
Figura 3.4.c. Curva de operación del sistema (agua blanda).....	87
Figura 3.4.d. Curva hidráulica para bombas 33SV.....	89
Figura 3.4.e. Curva de operación del sistema (agua potable).....	90
Figura 4.2. Análisis de costo del proyecto.....	93

## ÍNDICE DE PLANOS

- Plano 1 Plano de Diseño de tuberías de agua tratada a Operaciones
- Plano 2 Plano de Cuarto de bombas y detalles generales
- Plano 3 Plano AS BUILT del sistema de alimentación de Agua Blanda y Agua Potable
- Plano 4 Plano de interconexión desde el cuarto de bombas a los Calderos
- Plano 5 Plano de interconexión desde el cuarto de bombas a Pasteurizadora.
- Plano 6 Plano de interconexión desde el cuarto de bombas a Condensador evaporativo
- Plano 7 Plano de interconexión desde el cuarto de bombas a Sistema de riego crítico



## INTRODUCCIÓN

El coste del agua de la potable está aumentando constantemente mientras que las concesiones para la extracción del agua subterránea se conceden raramente más. Se espera que el precio del agua potable pronto doble en precio.

Actualmente, la industria de procesamiento de bebidas requiere una enorme cantidad de agua potable, y uno de sus mayores problemas es la de agua residual producida continuamente en sus diferentes procesos.

Muchos procesos industriales requieren el agua de proceso calentada o refrescada. Reutilizando el agua de proceso, las demandas de la necesidad energética son disminuidas y por lo tanto los ahorros se pueden notar en los costos de la energía.

Los costes de eliminar aguas residuales han aumentado en un 20% en los últimos 5 años. Se espera que estos costes se levanten aún más. Algunas compañías han puesto ya las unidades de post-tratamiento para tratar aguas residuales haciéndola conveniente para la reutilización en el proceso y para operaciones de riego o de limpieza, disminuyendo así las tarifas del drenaje.

# CAPITULO 1

## 1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 1.1. Descripción general de la empresa

La empresa en estudio posee una participación del 81% a nivel nacional con su marca principal, fue fundada el 9 de Octubre de 1887 en la ciudad de Guayaquil; inicialmente se dedicó a la fabricación y comercialización de cervezas, pero en la actualidad posee una amplia gama de bebidas refrescantes con las que también ha obtenido una muy buena aceptación en nuestro mercado.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

Debido a la creciente demanda que enfrentan en la actualidad, la compañía se ha visto en la necesidad de ampliar sus instalaciones y mejorar sus líneas de producción, a fin de brindarle al consumidor un mejor servicio, con nueva tecnología y de la más calidad.

Así mismo la empresa requiere, una mejor utilización de todos sus recursos, para optimizar sus procesos productivos y disminuir sus costos de operación.

### **1.2. Análisis de riesgo**

La ampliación de las instalaciones de la Empresa ha despertado la inquietud de quienes forman parte del equipo técnico de esta organización, ya que este proyecto a más de incrementar la producción en un 25%, aumentará el consumo de agua potable, y a su vez el volumen de efluentes; incitando así, al colapso de la planta de tratamiento de agua actual, debido a que su capacidad es insuficiente para procesar el volumen de aguas residuales adicional.

La estrategia es entonces, tomar nuevas medidas para el mejor aprovechamiento del agua de consumo, así como también del

procesamiento de efluentes, evitando así que se vea afectada su economía.

### 1.3. Análisis de costo de producción por consumo de agua

Este tipo de Empresa generalmente requiere de un alto consumo de agua potable debido a sus diferentes procesos el cual viene dado en función del grado de optimización de limpieza, la necesidad de preparar agua de proceso, el porcentaje de envases utilizado y en tamaño de la planta. Para este caso particular la planta requiere de un consumo equivalente a 2,65 litros de agua por litro de cerveza los cuales se subdividen como se muestra en la tabla 1.



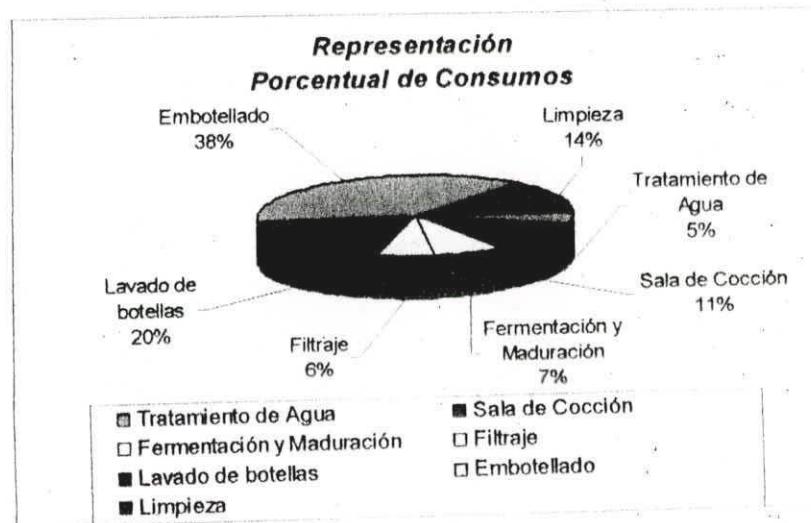
**TABLA 1** BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

### DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS DE AGUA

CONSUMO DE AGUA	[m <sup>3</sup> de Agua/ m <sup>3</sup> de cerveza]	Valor Porcentual de los consumos
Tratamiento de Agua	0,12	5%
Sala de Cocción	0,30	11%
Fermentación y Maduración	0,19	7%
Filtraje	0,16	6%
Lavado de botellas	0,52	20%
Embotellado	1,00	38%
Limpieza	0,36	14%
<b>TOTAL</b>	<b>2,65</b>	<b>100%</b>

(Fuente Proporcionada por la Empresa)

Con esta información es factible analizarlo en términos porcentuales, tal como se ve representado en la figura 1.3.:



**FIGURA 1.3. DISTRUBICIÓN PORCENTUAL DE LOS CONSUMOS DE AGUA**

Ahora, si analizamos el consumo de cerveza por persona en el Ecuador, el cual es de 28 litros de cerveza anual. Sabiendo además que Ecuador posee una población de aproximadamente 12'156.608 habitantes según el ultimo censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el pasado 25 de noviembre del 2001; y que la empresa cuenta un porcentaje de aceptación en el mercado del 81%, es posible cuantificar el volumen de cerveza producida, frente al volumen de agua consumida de la siguiente manera:

$$12156.608 \text{ habitantes} \times \frac{28 \text{ lt. - cerveza}}{\text{habitante - año}} \times 81\% = 275711.869 \frac{\text{lt. - cerveza}}{\text{año}}$$

$$275711.869 \frac{\text{lt. - cerveza}}{\text{año}} \times \frac{2,65 \text{ lt. - } H_2O}{\text{lt. - cerveza}} = 730'636.454 \frac{\text{lt. - } H_2O}{\text{año}}$$

$$730'636.454 \frac{\text{lt. - } H_2O}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ lt.}} = 60.886 \frac{\text{m}^3 - H_2O}{\text{mes}}$$

Lo siguiente entonces, es revisar las tarifas por consumo de agua que maneja la Empresa de Agua Potable de la ciudad las cuales se muestran en la **tabla 2**.

**TABLA 2**

**TARIFA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL (vigente)**

Agua potable		Cargo Fijo		CEM	
Rangos de Consumo m <sup>3</sup>	Valor por m <sup>3</sup> (US Dólar) [Factor 1]	Diámetro de la gula	Valor US Dólar [Factor 2]	Rangos de Consumo m <sup>3</sup>	Valor US Dólar [Factor 3]
0-15	0.249	1/2"	1.07	0-15	0.27
16-30	0.367	3/4"	7.15	16-30	0.62
31-60	0.523	1"	18.4	31-60	1.65
61-100	0.655	1 1/2"	30.66	61-100	2.61
101-300	0.712	2"	30.66	101-300	8.92
301-2500	1.009	3"	51.1	301-2500	16.47
2501-5000	1.246	4"	153.29	2501-5000	54.2
5001 o más	1.939	6" o más	204.39	5001 o más	219.54

Tarifa vigente para la facturación de Octubre- 2007



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Proporcionada por INTERAGUA)

Donde:

**Agua potable:** Corresponde a la sumatoria de los valores generados en cada rango de consumo de agua.

**Alcantarillado:** Corresponde al 80% del valor facturado por concepto de agua potable.

**Cargo fijo:** Es un valor mensual que cubre los costos de comercialización y que se aplica en función del diámetro de la guía de abastecimiento.

**CEM (Contribución Especial de Mejoras):** es un valor mensual que cubre los costos de construcción de obras de rehabilitación y mejoramiento en sectores críticos del sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Guayaquil.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G"  
 A partir de esta información el costo por ~~doméstico~~ de agua se determina de la siguiente manera:

$$\# \frac{m^3 - H_2O}{mes} \times FACTOR\_1 \times (1+0,8) + FACTOR\_2 + FACTOR\_3 = TOTAL \frac{US}{mes}$$

Como el consumo de agua de esta empresa es mayor a 5000 metros cúbicos, entonces el costo por este servicio tiene un valor

de 1,939 US por metro cúbico. Adicionalmente, se le añade el cargo fijo que esta dado en función del diámetro de la tubería de abastecimiento el cual para este caso es de 204,39 US y finalmente un recargo por contribución especial de mejoras que es de 219,54 US para consumos superiores a 5000 metros cúbicos. Con estos valores se puede analizar el costo mensual que le representa el consumo de agua a la empresa actualmente.

El cual se calcula como:

$$76.051 \frac{m^3 - H_2O}{mes} \times 1,939 \frac{US}{m^3 - H_2O} \times (1 + 0,8) + 204,39US + 219,54US = 212.930 \frac{US}{mes}$$

Lo cual corresponde a un valor anual de 2'555.155 US anuales equivalentes al 4% del total de gastos operacionales. Si la empresa aumenta su producción en un 25% entonces el consumo de agua también aumentará en ese porcentaje llegando a un valor aproximado de 3'193.943 US.

#### **1.4. Análisis general de la contaminación debido a los diferentes procesos de producción de agua.**

El proceso de fabricación de la cerveza implica que sus vertidos sean irregulares en su composición debido a que existen variaciones rápidas de pH, temperatura y carga orgánica.

Igualmente, el proceso discontinuo de fabricación así como los principios y finales de producción y envasado, determinan una variación importante en el caudal horario de agua a tratar.

Los vertidos a depurar de la industria cervecera provienen de diferentes puntos de la línea de proceso de fabricación. En principio considera como puntos normales de generación de vertidos las zonas de: maltería, cocción, fermentación, filtración, envasado, servicios generales y otros. De acuerdo con lo anterior y considerando siempre que es muy difícil establecer valores fijos de contaminantes en los diferentes procesos, se pueden denotar como datos básicos de las aguas residuales los siguientes:

**TABLA 3**

**CARGA CONTAMINANTE DEL AGUA EN SUS  
DIFERENTES PROCESOS**

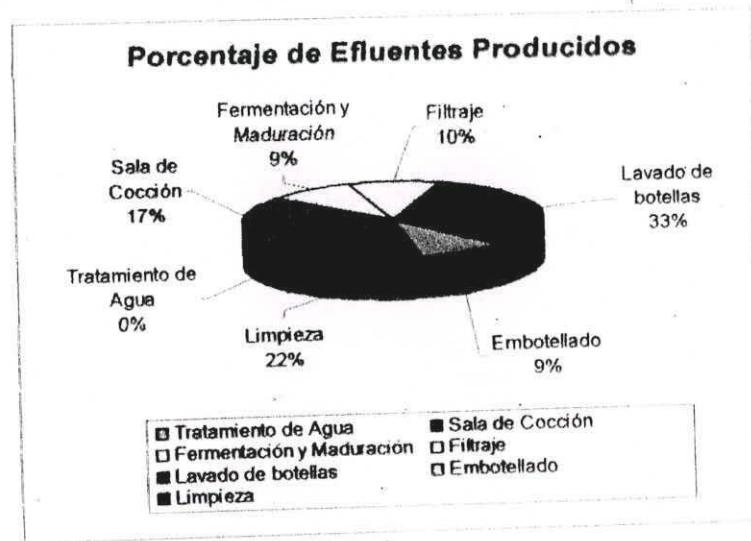
Carga Contaminante	
N:	30 – 50 mg/l
P:	3 – 8 mg/l
DQO:	180 – 300 mg/l
DBO5:	30 – 70 mg/l
S.S.:	300 – 1.500 mg/l
PH:	4 – 10
Temperatura entre 20 a 35°C	



(Fuente Proporcionada por la Empresa)

BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

Del total de agua consumida en el proceso, existe un 60% de efluentes lo cual corresponde a una producción de 1,6 m<sup>3</sup> de efluentes por m<sup>3</sup> de cerveza. De esta gran cantidad de efluentes son las zonas de fermentación y maduración las que presenta la mayor carga contaminante, pese a que presentan un menor índice de producción de efluentes tal como se denota en las figuras 1.4. y 1.5.



**FIGURA 1.4. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL EFLUENTES**  
*(Fuente Proporcionada por la Empresa)*



**FIGURA 1.5. DISTRIBUCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE**

*(Fuente Proporcionada por la Empresa)*



## CAPITULO 2

### 2. ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL

#### 2.1. Descripción general de los procesos industriales

La cerveza es la bebida resultante de fermentar mediante levaduras seleccionadas el mosto procedente de malta de cebada (solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática) tras su cocción y aromatizado con lúpulo.

La malta se obtiene mediante la germinación, desecación y tostado de la cebada.

Aunque en el mercado podemos encontrar una enorme variedad de cervezas, la mayoría de ellas se pueden incluir en uno de los siguientes grupos básicos: el tipo "ale", de fermentación alta y el tipo "lager", de fermentación baja. La diferencia fundamental entre estos dos tipos de productos radica principalmente en la levadura usada, las temperaturas a que se fermenta el mosto y finalmente, en la forma en la que se recolecta la levadura para separarla del mosto fermentado o cerveza joven al final de la fermentación.

Así, mientras en la cerveza tipo "lager" se utiliza fundamentalmente levadura del género *Saccharomyces carlsbergensis* que se deposita en el fondo del fermentador tras la fermentación, en la cerveza "ale" se utiliza *Saccharomyces cerevisiae* que flota en la superficie del líquido. En el caso particular de esta empresa, se utiliza el tipo "ale" debido a que es más fácil de encontrar en nuestro medio.

El proceso general de elaboración de cerveza en su forma elemental se puede resumir como se indica a continuación:

La cebada malteada se Tritura para obtener una harina muy grosera. A continuación se le añade agua para formar una masa o papilla y estimular los enzimas de la malta a solubilizar el endospermo degradado de la malta molida.

El extracto acuoso, denominado mosto, se separa de los sólidos agotados (bagazos) mediante filtración y la aspersión de más agua caliente sobre la masa.

Una vez extraído el mosto se añade el lúpulo, el cual aportará a la cerveza sus características aromáticas propias. A continuación se realiza la cocción con lo que se detiene la acción enzimática, se esteriliza el mosto y se coagulan algunas proteínas.

En la siguiente etapa, el mosto se clarifica, enfria y aírea, para conseguir las condiciones ideales para el crecimiento de las levaduras y el comienzo de la fermentación.

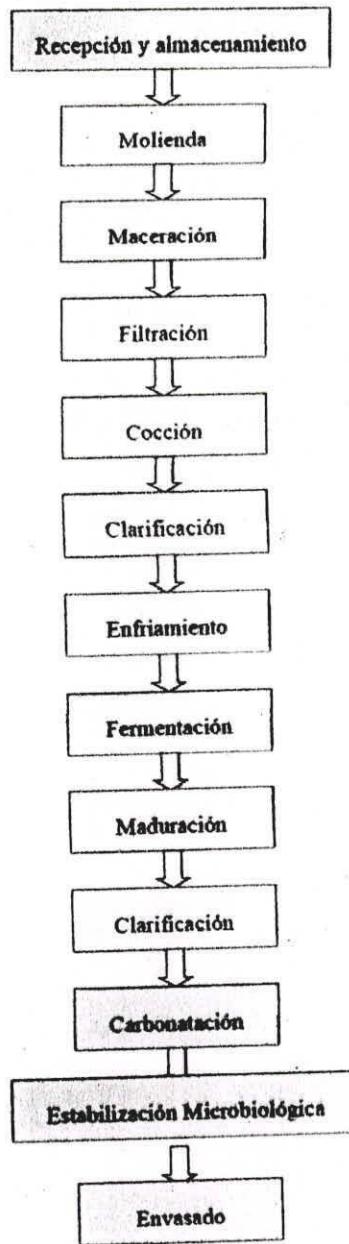
Durante la fermentación, gran parte de los hidratos de carbono se convierten en alcohol y dióxido de carbono, mientras que otros metabolitos de las levaduras confieren aroma y sabor.

La cerveza de fermentación o cerveza verde se deja madurar en los depósitos de guarda, donde se mantiene a baja temperatura para que tenga lugar la fermentación secundaria con la levadura arrastrada y precipiten las sustancias que de otro modo enturbiarían la cerveza.

Por último, se realizan las operaciones de carbonatación, pasteurización y envasado, cuyo orden dentro del proceso depende del tipo de envase utilizado.



## 2.2. Síntesis del proceso productivo



**FIGURA 2.2.1 DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO**

## Recepción y Almacenamiento de la Materia Prima

Para fabricar cerveza son necesarios cinco materias primas (malta, agua, levadura, lúpulo, y en ocasiones adjuntos).

La malta, se obtiene a partir de granos de cebada. Primero se remojan los granos permitiendo que germinen durante un periodo de tiempo limitado y posteriormente se desecan mediante corriente de aire para detener la germinación. El proceso de malteado es imprescindible ya que la cebada no se puede utilizar directamente en la producción de cerveza, al no tener desarrollado el sistema enzimático encargado de transformar el almidón en azúcares. Este proceso se realiza en las mismas instalaciones de la cervecería. La malta se recibe a granel, se pesa y se dirige a la zona de silos donde se descarga.

La composición del agua influye fuertemente en la calidad de la cerveza producida, por lo que resulta imprescindible una estandarización del agua de proceso para que no se produzcan variaciones en el sabor y características de la cerveza, además de evitar problemas en los procesos de extracción, transformación enzimática y precipitación.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Las levaduras se preparan en los laboratorios de la propia fábrica a partir de cepas seleccionadas, y se pueden reutilizar en el proceso varias veces.

El lúpulo se añade al mosto para contribuir al aroma, proporcionar el amargo típico de la cerveza, e inhibir la actividad microbiológica debido a sus propiedades antisépticas.

Los adjuntos (medianos de arroz, maíz, trigo, cebada, tapioca y azúcares) se pueden añadir a la malta para aumentar su contenido en almidón y, por tanto, el porcentaje de azúcares fermentables. Se añaden en menor o mayor cantidad dependiendo de la calidad de la malta y de las características del tipo de cerveza.

#### Proceso de elaboración del Mosto

El mosto de malta es el líquido obtenido por tratamiento de malta con agua potable para extraer sus principios solubles. Las etapas que comprende el proceso de elaboración del mosto son: molienda, maceración, filtración, cocción, tamizado, clarificación y enfriamiento.

### Molienda

La molienda tiene por objeto triturar la malta para lograr un tamaño de partícula que permita una maceración adecuada. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible ya que, si se desintegra demasiado, no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable en la fase posterior de filtrado.

### Maceración



La harina de malta se mezcla con agua y se vierte en cubas, donde se produce la maceración. Un aumento de la temperatura a una velocidad apropiada con adecuados períodos de estabilización coloca a las enzimas en condiciones favorables para transformar el almidón en azúcares fermentables y las proteínas en péptidos y aminoácidos, que constituirán la fuente nitrogenada necesaria para la fermentación posterior.

La maltosa es el sustrato para la levadura, y los péptidos contribuyen al cuerpo, paladar y sabor de la cerveza. Para acelerar y homogeneizar la producción del mosto se añaden enzimas amilasas, proteasas y glucanasas directamente.

En esta fase también se añaden los adjuntos previamente acondicionados, a fin de aumentar el porcentaje de almidón. Al final del proceso, la mezcla se somete a filtración.

### Filtración

La filtración se realiza en cuba filtro o filtro prensa, contribuyendo la propia cascarilla de la malta a formar un lecho filtrante. El mosto se recircula hasta que sale claro, lo que indica que ya se ha formado la capa filtrante. En esta etapa se separa el mosto del bagazo.

### Cocción

El jugo obtenido por la filtración del macerado se introduce en una caldera donde se calienta junto con el lúpulo hasta ebullición, durante un tiempo comprendido entre media hora y dos horas.

Con ello, se trata de extraer las sustancias amargas del lúpulo que son las responsables de:

- Darle el sabor clásico a la cerveza.

- Eliminar el exceso de agua para conseguir la densidad adecuada del mosto.
- Esterilizar el mosto y precipitar los complejos de proteínas.

### Clarificación del Mosto

Durante la cocción, las proteínas sensibles al calor se precipitan, formándose el turbio caliente, que es necesario eliminar de la cerveza. Esta separación se hace en grandes depósitos conocidos como Whirpool, mediante un tipo especial de centrifugación. El mosto entra en el depósito de forma tangencial, produciéndose unas fuerzas que arrastran el turbio, que queda depositado en la parte central inferior de dichos tanques.

### Enfriamiento



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

El último paso antes de la fermentación es el enfriamiento. El mosto decantado, que está aprox. 98 °C, se enfriá hasta unos 10 °C en un intercambiador de placas que utiliza agua como refrigerante. El agua entrante se calienta hasta una temperatura aproximada de 85°C, y posteriormente se utiliza en otros puntos del proceso donde sea necesaria.

Como último paso de la refrigeración se utiliza agua glicolada a baja temperatura.

### Fermentación y Maduración

Al mosto obtenido se le inyecta aire estéril hasta conseguir una concentración de aprox. 8 ppm. de O<sub>2</sub>. En este momento ya está listo para la fermentación, esta etapa comprende las siguientes operaciones: fermentación, eliminación de las levaduras y maduración o guarda.

#### Fermentación.



La transformación del mosto en cerveza se realiza mediante la fermentación, afinándose la cerveza posteriormente durante su estancia en las bodegas de guarda.

El mosto frío se introduce en grandes depósitos donde se le añaden las levaduras, previamente preparadas, que crecen hasta agotar el oxígeno y fermentar los azúcares transformándolos en alcohol y anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>). Dado que esta reacción es exotérmica, los depósitos de fermentación se refrigeran para

mantener una temperatura entre 10,5 a 15 °C, según el tipo de cerveza.

#### Separación de las Levaduras

Una vez finalizada la fermentación primaria se deja que sedimenten las levaduras en el fondo, recogiéndolas para futuras utilizaciones.

La cantidad de levadura generada durante la fermentación supone una relación de 1:4 lo que significa que una cuarta parte de la levadura que se obtiene se reutiliza en sucesivos procesos de elaboración y el resto se elimina como residuo.

#### Maduración o Guarda

En los depósitos de guarda, la cerveza se mantiene a una temperatura de 0 °C durante un cierto tiempo, que puede variar de uno a seis meses dependiendo del tipo de cerveza.

En estos depósitos tiene lugar la fermentación secundaria con la levadura arrastrada, periodo en el que la cerveza adquiere el sabor y aroma típicos, decantando todavía más y precipitando

sustancias que, de otro modo, enturbiarían la cerveza cuando fuera servida al consumidor final.

Las levaduras se van sedimentando lentamente, proceso en el que la cerveza se va clarificando por decantación. Los restos de levadura de los fondos de los tanques de fermentación y maduración contienen entre 10 - 14% de sólidos totales y entre 1.5 - 2.5% del total de cerveza producida.

#### 2.2.1. Carbonatación, estabilización y Envasado.

Las operaciones finales del proceso de fabricación de cerveza son carbonatación, estabilización y envasado.

##### Carbonatación.

Es un proceso de control, en el que se analiza la cantidad de gas carbónico que posee la cerveza; si la cerveza no tuviera suficiente gas carbónico se le inyecta en este momento y se continúa con el proceso de estabilización.

## Estabilización Microbiológica

Es necesario estabilizar microbiológicamente la cerveza para asegurar que mantenga sus propiedades por un periodo de tiempo suficientemente largo. Dicha estabilización se realiza mediante pasterización.

La cerveza se puede estabilizar antes o después de envasada dependiendo el tipo de envase que ~~se vaya a utilizar~~ se vaya a utilizar.



~~ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA ANTES DEL ENVASADO.~~  
ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA ~~ANTES DEL ENVASADO.~~

Los barriles, dado su volumen, no pueden pasteurizarse llenos, por lo que la cerveza se pasteuriza antes del llenado. La pasteurización se lleva a cabo en intercambiadores de calor de placas o sistemas de microfiltración.

### Pasteurización después del Envasado.

Las botellas o latas llenas se introducen en una pasteurizadora en la que se someten a duchas o baños de agua a distintas temperaturas, primero crecientes hasta que la cerveza alcance

la temperatura de pasteurización, y luego decrecientes para enfriar las botellas que salen del pasteurizador.

#### 2.2.2. Preparación de Envases

La preparación de envases requiere diferentes procesos de limpieza de acuerdo al tipo de envases que se utilice; ya sean estas botellas retornables, no retornables, latas o barriles.

##### Botellas Retornables

Las botellas sucias se limpian en lavadoras constituidas por una serie de baños y duchas a presión con sosa, detergente y agua.

Botellas No Retornables. BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.



Las botellas no retornables se enjuagan con agua a presión al llegar desde las empresas vidrieras para eliminar el polvo que se haya podido acumular durante su transporte y almacenamiento.

### Latas

La preparación de las latas antes del llenado es similar a la de las botellas no retornables. Las latas se enjuagan con agua a presión antes del llenado.

### Envasado

El envasado puede ser en botellas, retornables o de un solo uso, en latas o en barriles. Las líneas de envasado son distintas según el tipo de envase.

En el caso de las botellas retornables, las líneas constan de:

- Una despaletizadora
- Una desempacadora
- Una lavadora de botellas
- Un inspector electrónico de botellas vacías
- Una llenadora taponadora
- Un pasteurizador,
- Una etiquetadora

- Una empacadora
- Una paletizadora.

La línea de envasado de botellas no retornables consta de:

- Una desempacadora de vidriera
- Una enjuagadora de botellas
- Un inspector electrónico
- Una llenadora taponadora
- Un pasteurizador
- Una etiquetadora
- Una empacadora
- Una paletizadora.

Antes del envasado en latas la cerveza se pasteriza y se enfria a 0°C. La admisión de latas vacías se hace por una cadena al carrusel de la llenadora y el llenado comienza automáticamente una vez que se iguala la presión entre la lata y el anillo de cierre. El llenado se realiza sin turbulencias hasta la altura prefijada.

La línea de llenado de barriles consta de:

- Una apretadora de espadín
- Una lavadora exterior
- Un pasteurizador
- Una lavadora-llenadora
- Una pesadora
- Una volteadora
- Una etiquetadora
- Un inspector de bocas
- Una paletizadora.

El llenado se realiza sin apenas formación de espuma.

#### 2.2.3. Limpieza



En este apartado se considerará por separado la limpieza de equipos y la limpieza de las instalaciones.

## Limpieza de Equipos

Durante el proceso de elaboración de la cerveza se producen precipitados, tanto de sales inorgánicas como de productos orgánicos, y adherencias de los mismos a las superficies de los depósitos, las tuberías y otras piezas del equipo con las que contactan el mosto y la cerveza, especialmente en las superficies de transferencia de calor.

Estas deposiciones están constituidas fundamentalmente por sales de calcio y magnesio, proteína desnaturizada y levaduras.

Por tanto, es necesario realizar limpiezas periódicas de dichos equipos, para evitar que la formación de dicha costra proporcione nutrientes y protección a los microorganismos contaminantes.

## Limpieza de Instalaciones.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

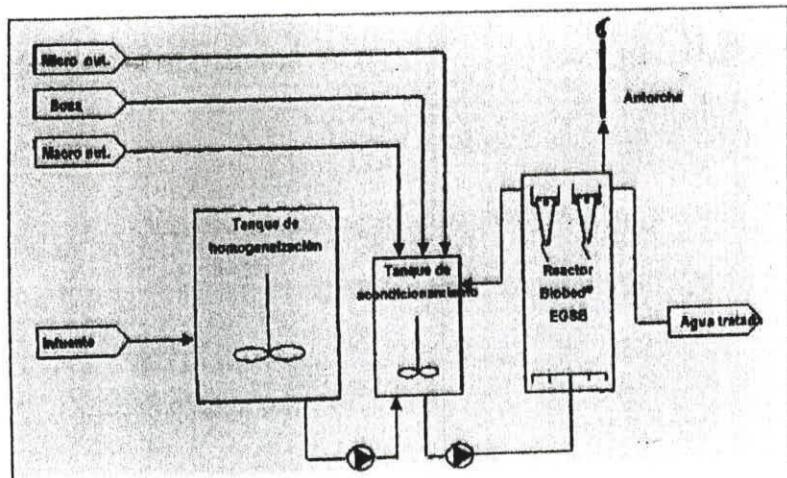
La limpieza de instalaciones es igualmente importante debido al tipo de producto elaborado. La limpieza de instalaciones y equipos debe ser minuciosa y frecuente, debiendo asegurar

los niveles de higiene mínimos exigibles. Las operaciones de limpieza poseen una tecnología propia y cuentan con una gestión independiente. Una buena programación de la limpieza es fundamental para conseguir que sean efectivas.

### **2.3. Proceso de evacuación y tratamiento de aguas residuales actual**

Culminado el proceso de producción, las aguas residuales son transportadas hasta la planta de tratamiento de aguas residuales actual donde pasan por tres procesos denominados como:

- Pretratamiento y tratamiento primario
- Tratamiento biológico anaerobio
- Tratamiento biológico aerobio.



**FIGURA 2.3. DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

#### Pretratamiento y Tratamiento Primario

Son procesos destinados a la eliminación de los sólidos en suspensión en los vertidos. Estos son tratamientos físicos y mecánicos. Dentro del cual se debe considerar los siguientes procesos unitarios:

- Rejas de gruesos
- Desarenado-desengrasado
- Tamizado
- Sedimentación primaria

- Homogeneización

En los tratamientos primarios, fundamentalmente en el proceso de sedimentación, se producen fangos que hay que extraer del sistema y que conjuntamente con los fangos producidos en el tratamiento aerobio de afino, posterior al tratamiento anaerobio, hay que espesar y deshidratar para su posterior envío a vertedero controlado.



En el proceso anaerobio <sup>BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G"</sup> que se debe proyectar después del tratamiento primario, se debe considerar unos rendimientos medios de eliminación de DQO y DBO5 del orden del 15 – 30 % dependiendo del contenido en S.S. En cuanto a la eliminación de sólidos en suspensión, se prever rendimientos del 75 – 85 %.

Existe también un tanque de homogenización que es de vital importancia para la buena marcha de los tratamientos biológicos posteriores. Su misión es la mezcla de los efluentes vertidos en diferentes momentos de la fabricación y, además, ejercer de depósito tampon que regula y lama el caudal diario con el fin de poder alimentar a los posteriores tratamientos a caudal prácticamente constante. De producirse un volumen escaso

impediría que los objetivos antes citados llegaran a buen fin, mientras que un volumen exagerado, y por tanto un excesivo tiempo de retención, provocaría la acidificación natural de las aguas a tratar.

Este tanque posee un sistema de medición de pH y un sistema de regulación y neutralización de los efluentes. Con el fin de evitar sedimentaciones no deseadas y a la vez favorecer la mezcla de los vertidos el tanque de homogeneización deberá siempre disponer de sistemas de agitación mecánicos.

#### Tratamiento Biológico Anaerobio.

Este tipo de tratamiento se utiliza con gran eficacia, en el procesamiento de aguas residuales industriales con alta carga orgánica, como en este caso. El proceso de digestión anaerobia se basa en la reducción de los componentes de la materia orgánica a metano, dióxido de carbono y agua.

En los procesos de digestión anaerobia la energía demandada por los microorganismos activos es muy baja comparada con los procesos de tratamiento en fase aerobia. Debido a lo anterior el crecimiento de los microorganismos que componen la flora del

digestor es baja y sólo una parte muy pequeña de la materia orgánica contenida en el agua a tratar se convierte en biomasa, por lo que la mayor parte se convierte en metano. La digestión anaerobia de las aguas residuales puede producirse entre un amplio espectro de temperaturas, 15 – 60° C, dependiendo del *tiempo del periodo de digestión y de la aclimatación y riesgo de trabajo de las bacterias*. En el tratamiento de aguas de la industria cervecera lo normal es trabajar dentro de la zona mesofílica, es decir entre 20 y 38° C.

El proceso de digestión se hace con biomasa suspendida de microorganismos anaerobios de alta densidad. El mantenimiento en suspensión de la biomasa se produce por medios mecánicos.

Un esquema de funcionamiento se puede ver en la figura 2.3. en el que se ha incluido el tanque de homogeneización del que se ha hablado anteriormente. Como puede apreciarse dentro del esquema de tratamiento, el agua a tratar llega bombeada desde el tanque de homogeneización al tanque de acondicionamiento o acidificación; el caudal nominal de bombeo es un caudal medio para trabajar 24 horas al día de forma constante permitido por el efecto laminador del tanque de homogeneización.

La utilización del tanque de acondicionamiento o de acidificación tiene por objeto asegurar que los efluentes cumplan con una serie de características para facilitar su tratamiento en el digestor, evitando cualquier efecto perjudicial a la biomasa.

Este depósito está diseñado con un tiempo de retención hidráulica adecuado para conseguir un efecto de preacidificación de los efluentes lo que se consigue mediante la recirculación al mismo de una parte del caudal tratado por el digestor. Esta recirculación reduce de forma considerable las dosis de ácido para adecuación del pH dadas las características amortiguadoras de los efluentes ya digeridos. Además, en caso de que los efluentes brutos contengan concentraciones apreciables de agentes tóxicos (nitratos, nitritos, SO<sub>2</sub>, etc.) la etapa de acondicionamiento produce un efecto de desintoxicación como consecuencia de la reducción biológica acidogénica que, en realidad, comienza en este depósito.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

Por otra parte, la recirculación mencionada contribuye a diluir la carga contaminante con que se alimenta al digestor. Para favorecer la homogeneización de la calidad de los efluentes en este depósito y en función del tiempo de residencia hidráulica

elegido, generalmente se prevén sistemas de mezcla mediante agitación mecánica. Nunca con agitación mediante aire. En el depósito de acondicionamiento se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- Ajuste del pH.
- Control de la temperatura.
- Dosificación de nutrientes.

El agua, una vez acondicionada es enviada mediante bombeo al digestor anaerobio que es el componente principal de la instalación.

#### Tratamiento Aerobio



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS C.  
F. I. M. C. P.

En este caso el vertido de los efluentes es enviado directamente a los cauces del río Daule. Por ello, es necesario completar el tratamiento con una fase aerobia para cumplir con las exigencias mínimas permisibles para descargas de efluentes a la atmósfera.

Normalmente en el caso de vertidos a cauces superficiales la normativa establecida por el Instituto Ecuatoriano de Recursos

Hidráulicos (INERHI), exige valores de vertido menores de 300 y 70 mg/l en cuanto a DQO y DBO5 respectivamente como se aprecia claramente en la **tabla 4**.

**TABLA 4**

**LIMITES PERMISIBLES PARA DESCARGA DE EFLUENTES EN INDUSTRIAS CERVECERAS.**

Parámetro	Industrias Cerveceras Agua costera (mg/L)
Demanda biológica de oxígeno (DBO5)	70
Demanda química de oxígeno (DQO)	300
Nitrógeno del Amonio (N-NH4)	30
Nitrógeno total (N tot)	50
Fósforo total (P tot)	8
pH	7.5-8.5

(Fuente del INERHI)

**2.4. Análisis comparativo de las nuevas alternativas viables para recuperación de agua residual**

Debido a que la planta actual de tratamiento de aguas residuales no satisface con las proyecciones de crecimiento de la empresa, los casos a considerar para solucionar esta problemática son los siguientes:

- Reducir el consumo de agua potable en zonas que no afecten directamente la producción.
- Reacondicionar la planta de tratamiento de agua actual a fin de que cumpla con las nuevas condiciones de trabajo.
- Instalar una nueva planta que permita la reutilización del agua residual.

De estas tres alternativas, la reducción del consumo de agua potable, queda prácticamente descarta puesto que de poderse reducir parcialmente el consumo de agua potable, el volumen ahorrado, no sería representativo para pasivar la magnitud del problema expuesto; por lo que queda analizar las ventajas y desventajas que presentan las otras dos alternativas restantes.

Para la realización de este análisis comparativo los criterios de valor con sus correspondientes puntajes y ponderaciones son los siguientes:



Consumo de agua potable	(20%)	Puntaje
Menor		10
Igual		0
Costo de inversión	(18%)	
Alto		0
Media		5
Baja		10
Costo de mantenimiento	(8%)	
Alto		0
Media		5
Baja		10
Costo por reproceso	(10%)	
Alto		0
Media		5
Baja		10
Impacto ambiental	(22%)	
Alto		0
Media		5
Baja		10
Tiempo de Recuperación de la inversión	(22%)	
No Recuperable		0
Largo Plazo		5
Corto Plazo		10

La ponderación de estos criterios varía dependiendo del nivel de importancia que tenga cada uno de ellos para la empresa.

TABLA 5

## CUADRO DE ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA 1

Criterios de valor		Ponderación	Alternativa 1		
			Reacondicionar la planta actual a fin de que cumpla con las nuevas condiciones de trabajo.		
		Criterio	Puntaje	Porcentaje	
1	Consumo de agua potable	20%	Igual	0	0%
2	Costo de inversión	18%	Media	5	9%
3	Costo de mantenimiento	8%	Media	5	4%
4	Costo por reprocesso	10%	Media	5	5%
5	Impacto ambiental	22%	Media	5	11%
6	Tiempo de Recuperación de la Inversión	22%	No Recupera	0	0%
Total		100%			29%

TABLA 6

## CUADRO DE ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA 2

Criterios de valor		Ponderación	Alternativa 2		
			Instalar una nueva planta que permita la reutilización del agua residual.		
		Criterio	Puntaje	Porcentaje	
1	Consumo de agua potable	20%	Menor	10	20%
2	Costo de inversión	18%	Alto	0	0%
3	Costo de mantenimiento	8%	Alto	0	0%
4	Costo por reprocesso	10%	Alto	0	0%
5	Impacto ambiental	22%	Baja	10	22%
6	Tiempo de Recuperación de la inversión	22%	Corto Plazo	10	22%
Total		100%			64%

Realizado el análisis comparativo entre estas dos posibles soluciones, los cuales se muestran en las **tablas 5 y 6**, se

concluye que instalar una nueva planta de tratamiento que permita la reutilización del agua residual es la mejor vía para resolver el problema planteado.

# CAPITULO 3

## 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RED DE DISTRIBUCION HIDRAULICA



### 3.1. Determinación de los requerimientos del sistema

La obra tendrá como punto cero o de inicio el cuarto de bombas para captación del agua desde una cisterna de tres cuerpos que almacena dos tipos de agua, como sigue:

- Cisterna de agua potable:  $615 \text{ m}^3$
- Cisterna de agua blanda:  $270 \text{ m}^3$

El agua desde estas cisternas ya sea blanda o potable, será distribuida a los diferentes puntos de consumo con el caudal y las presiones requeridas, los mismos que se detallan a continuación en la Tabla 7.

**TABLA 7**  
**ESPECIFICACIONES DE LOS CONSUMOS**

CONSUMOS	TIPO de AGUA	CAUDAL (M <sup>3</sup> /H)	PRESIÓN (PSI)
Calderas	Blanda	5,5	70
Pasteurizadores	Blanda	0,7	Para llenar tanques
Sistema de Lubricación Jabonosa	Blanda	10	20 a 30
Lámpara de inspectores Krones	Blanda	1,5	20 a 30
Pasteurizador SL durante operación	Blanda	3	20 a 30
Limpieza de espuma	Blanda	1	20 a 30
Riego áreas verdes	Potable	6,12	70
Aseo piso secadores	Potable	1,19	70
Condensadores	Potable	10	70
Lavadora de cajas Bohrer	Potable	4,29	70
Aseo de pisos envase	Potable	3,33	70
Aseo de pisos fin de semana envase	Potable	2,38	70

*(Fuente Proporcionada por la Empresa)*

La tubería y accesorios a utilizarse para el diseño, deberá ser en acero al carbón A-36, resistente a las condiciones ambientales, cargas exteriores, presiones internas, sobre-presiones, sub-

presiones originadas por golpe de ariete y carga mínima cuando el tubo este vacío.

Toda tubería deberá ser limpiada mediante chorro de arena según lo establecido por "STEEL STRUCTURE PAINTING COUNCIL" como grado SS PC-SP10 (metal casi blanco), a fin de eliminar la calamina de las tuberías

El proceso de soldadura deberá cumplir lo estipulado en la norma AWS. La soldadura a utilizar para los cordones de penetración 6010 de 1/8" de espesor y para los cordones de acabado 7018 de 1/8" de espesor.

Para los tramos de soldadura cuya instalación será subterránea se deberá excavar una zanja de 0,5 metros de ancho por 0,8 de profundidad, en cuya solera se colocará una capa de arena de 10 centímetros de espesor a todo lo largo de la tubería luego se llenará y compactará en capas de 20 centímetros de espesor, colocando antes otra capa de arena de 10 centímetros de espesor.

Antes de proceder con la pintura del sistema deberá ser sometido a pruebas hidráulicas que someterá al acero a un esfuerzo del

75% de su resistencia en el punto de fluencia. Estando a presión se volverá a someter a prueba de revisión hasta confirmar que no tenga escapes.

Al instalar la tubería, se deberá aplicar un recubrimiento de pintura asfáltica con acabado de 8 mils secos.

Todas las uniones de soldadura deberán ser sometidas a prueba de tinta penetrante y en las uniones correspondientes a los tramos subterráneos a pruebas de rayos X.

Para la conexión de los equipos eléctricos como bombas y variadores de frecuencia se dispone de líneas que mantienen los parámetros siguientes:

- Tensión de fuerza 460 VAC Trifásica
- Frecuencia 60 Hz, con una fluctuación de +/- 1Hz
- Fluctuación de la red +/- 6% en voltaje.

## Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales de la zona donde se hará la instalación del sistema presentan las siguientes características:

**TABLA 8**

### CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA

Condiciones Ambientales	
Altura sobre nivel del mar (m):	4
Temperatura Media (°C):	22,5
Humedad Relativa del Aire:	87%
Presión Atmosférica (Psi)	14,7

*(Fuente Proporcionada por la Empresa)*

Bajo estas condiciones, haré uso de los siguientes valores:

Gravedad ( g ) 9,81 m/s<sup>2</sup>

Densidad ( ρ ) 1000 Kg/m<sup>3</sup>

### 3.2. Cálculo de diámetro mínimo y velocidades permisibles

Para iniciar el dimensionamiento de las tuberías, lo primero es establecer los puntos críticos del sistema, que son aquellos puntos que se encuentran más alejados del cuarto de bombas y

que requieren una mayor demanda. Para este caso en particular realizaré el análisis para los siguientes puntos:

#### Consumo de agua blanda.

- Desde el cuarto de bombas a los calderos.
- Desde cuarto de bombas a pasteurizadora.

#### Consumo de agua potable

- Desde el cuarto de bombas a condensador evaporativo.
- Desde el cuarto de bombas a Sistema de riego crítico

Luego de analizar la ruta de las líneas en el plano proporcionado por la Empresa y realizar el levantamiento en campo para identificar las alturas, se estableció el número de válvulas y demás accesorios requeridos en los puntos críticos de consumo los cuales se muestran en el **Apéndice C**, que proporcionará la información necesaria para iniciar el cálculo de las perdidas en la tubería, y que se detallan en las tablas siguientes.



TABLA 9

## DATOS DE CUARTO DE BOMBAS A CALDERAS

Cuarto de bomba a Calderas		
	Unidad	
Tipo de agua:		Blanda
Presión de entrega requerida (Pb):	Psi	70
Caudal:	m3/h	21,71
$\Delta H = Za - Zb$ :	m	7,1
Tubería y Accesorios:		
Longitud:	m	134,32
Codo a 45°:	UND	4
Codo a 90°:	UND	10
Tee:	UND	1
Válvula de compuerta:	UND	3
Válvula de de retención	UND	1

TABLA 10

## DATOS DE CUARTO DE BOMBAS A PASTEURIZADORA

Cuarto de bomba a Pasteurizadora		
	Unidad	
Tipo de agua:		Blanda
Presión de entrega requerida (Pb):	Psi	30
Caudal:	m3/h	16,2
$\Delta H = Za - Zb$ :	m	12,4
Tubería y Accesorios:		
Longitud:	m	494,25
Codo a 45°:	UND	18
Codo a 90°:	UND	12
Tee:	UND	1
Válvula de compuerta:	UND	3
Válvula de de retención	UND	1

TABLA 11

## DATOS DE CUARTO DE BOMBAS A CONDENSADOR EVAPORATIVO

Cuarto de bomba a Condensador Evaporativo		
	Unidad	
Tipo de agua:		Potable
Presión de entrega requerida (Pb):	Psi	70
Caudal:	m3/h	20
$\Delta H = Za - Zb$ :	m	7,7
Tubería y Accesorios:		
Longitud:	m	343,36
Codo a 45°:	UND	18
Codo a 90°:	UND	12
Tee:	UND	2
Válvula de compuerta:	UND	3
Válvula de de retención	UND	1

  
 BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
 F. I. M. C. P.

TABLA 12

## DATOS DE CUARTO DE BOMBAS A SISTEMA DE RIEGO

Cuarto de bomba a Sistema de riego		
	Unidad	
Tipo de agua:		Potable
Presión de entrega requerida (Pb):	Psi	70
Caudal:	m3/h	27,31
$\Delta H = Za - Zb$ :	m	12,4
Tubería y Accesorios:		
Longitud:	m	500,91
Codo a 45°:	UND	18
Codo a 90°:	UND	12
Tee:	UND	2
Válvula de compuerta:	UND	3
Válvula de de retención	UND	1

Es necesario ahora, establecer un criterio que fije un valor máximo y otro mínimo para la velocidad del agua en las tuberías, ya que puede ser perjudicial tanto una velocidad demasiado alta como demasiado baja por la razones expuestas a continuación.

Un exceso de velocidad puede:

- Originar golpes de ariete, cuyo valor de sobre-presión puede provocar roturas en las tuberías.
- Producir excesivas pérdidas de carga.
- Favorecer las corrosiones por erosión.
- Producir ruidos, que pueden ser muy molestos.

Una velocidad demasiado baja:

- Propicia la formación de depósitos de las sustancias en suspensión que pudiera llevar el agua, provocando obstrucciones.
- Implica un diámetro de tubería excesivo, sobredimensionado, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.
- En principio las velocidades normales de diseño de las tuberías, comprenden valores entre 0,5 m/s mínimo llegando a 2.5 m/s como valor máximo. Pues, para mi diseño haré uso de



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

esta consideración, y tomaré un valor de 2 m/s como velocidad inicial de diseño.

Aplicando la ecuación:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \times D^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Despejando la **Ec. 2** se obtiene:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

$Q \Rightarrow$  Caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$



$V \Rightarrow$  Velocidad del fluido en m/s

$D \Rightarrow$  Diámetro de la tubería

Se puede calcular entonces, el diámetro mínimo de diseño de una tubería conocido el caudal aproximado que va a circular por ella haciendo uso de la **ecuación 2** como se muestra a continuación:

Cuarto de bomba a Caldera

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \times 2 \text{ m/s}}} \times \frac{0,0254 \text{ in}}{1 \text{ m}} = 2,44 \text{ in}$$

Cuarto de bomba a Pasteurizadora

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \times 2 \text{ m}/\text{s}} \times 0,0254 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 2,11 \text{ in}$$

Cuarto de bomba a Condensador Evaporativo

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (5,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \times 2 \text{ m}/\text{s}} \times 0,0254 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 2,34 \text{ in}$$

Cuarto de bomba a Sistema de Riego

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (7,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \times 2 \text{ m}/\text{s}} \times 0,0254 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 2,74 \text{ in}$$

Estos diámetros son valores referenciales de partida, los cálculos se realizarán para los inmediatos superiores; esto es:

Para el Cuarto de bomba a Caldera, Cuarto de bomba a Pasteurizadora y Cuarto de bomba a Condensador Evaporativo, los diámetros de prueba serán: 2 1/2", 3" y 4".

Para el Cuarto de bomba a Sistema de Riego, los diámetros de prueba serán: 3" y 4".

TABLA 13



BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS G.'  
F. I. M. C. P.

Diámetro Nominal (in)	Diámetro (in)		Espesor Nominal (in)
	Externo	Interno	
1/8	0,41	0,27	0,07
1/4	0,54	0,36	0,09
3/8	0,68	0,49	0,09
1/2	0,84	0,62	0,11
3/4	1,05	0,82	0,11
1	1,32	1,05	0,13
1 1/4	1,66	1,38	0,14
1 1/2	1,90	1,61	0,15
2	2,38	2,07	0,15
2 1/2	2,88	2,47	0,20
3	3,50	3,07	0,22
3 1/2	4,00	3,55	0,23
4	4,50	4,03	0,24
5	5,56	5,05	0,26
6	6,63	6,07	0,28
8	8,63	7,98	0,32
10	10,75	10,02	0,37
12	12,75	11,94	0,41
14	14,00	13,13	0,44
16	16,00	15,00	0,50
18	18,00	16,88	0,56
20	20,00	18,81	0,59
24	18,00	22,63	0,69

(Fuente del Engineering Toolbox)

Las velocidades correspondientes para los diámetros de prueba se calculan en base al diámetro interno de la tubería, los cuales se muestran en la tabla 13 conjuntamente con la ecuación 1:

## Cuarto de bomba a Caldera

Para diámetro de 2 1/2":

$$V = \frac{4Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times (6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \times \left(2,47 \text{ in} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ in}}\right)^2} = 1,95 \text{ m/s}$$

Producto de un cálculo similar para los puntos de análisis se obtiene los valores mostrados en la **tabla 14**.

TABLA 14

## VELOCIDADES DE PRUEBA



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Cuarto de bomba a Caldera	
Diámetro (in)	Velocidad Real de prueba (m/s)
2 1/2	1,95
3	1,26
4	0,73
Cuarto de bomba a Pasteurizadora	
2 1/2	1,46
3	0,94
4	0,55
Cuarto de bomba a Condensador Evaporativo	
2 1/2	1,8
3	1,16
4	0,68
Cuarto de bomba a Sistema de riego	
3	1,59
4	0,92

Todas estas velocidades pertenecen al rango de diseño por lo tanto cualesquiera de estas podrían cumplir satisfactoriamente

con los requerimientos, sin embargo existen otros criterios que definirán la selección del diámetro apropiado como lo son el costo del equipo de bombeo, de la tubería y el golpe de ariete.

### 3.3. Cálculos Preliminares

Ahora bien, para el cálculo de pérdidas en tuberías existen muchas teorías que fueron desarrollándose a lo largo del siglo XIX y principios del siglo XX, en donde se plantearon un sinnúmero de fórmulas empíricas las cuales se ajustan a expresiones de tipo:

$$h_f = a \times L \times D^b \times Q^c \quad (\text{Ec.3})$$

De entre las que se destacan tenemos:

Darcy-Weisbach (1875). Tuberías de fundición

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \frac{8f}{\pi^2 g} \frac{L}{D^5} Q^2 \quad (\text{Ec.4})$$

Manning (1890). Tuberías de gran diámetro

$$h_f = 10.294 \times n^2 \times L \times D^{-5.33} Q^2 \leftarrow (SI) \quad (\text{Ec.5})$$

Hazen-Williams (1905). Tuberías para redes distribución de diversos materiales

$$h_f = 10.674 C^{-1.852} L \times D^{-4.871} Q^{1.852} \leftarrow (SI) \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

$h_f$  = Perdidas por fricción

$Q$  = Flujo

$L$  = Longitud de la tubería

$D$  = Diámetro interno real de la tubería

$C, f, n$  = Coeficiente de fricción dependiendo del autor.

Debido a que el fluido que se desea transportar es agua a presión, a temperaturas entre 22°C a 25°C utilizaré la teoría de Hazen-Williams que es válida solamente bajo estas condiciones.

El método de Hazen-Williams es muy popular debido a que su coeficiente de fricción (C) no es una función de la velocidad o del diámetro de la tubería, lo que simplifica enormemente los cálculos de diseño a diferencia de Darcy-Weisbach que es un método más complejo a la hora de realizar cálculos ingenieriles. En la tabla 15 se muestran los valores de C el cual es función del material de la tubería, el grado de corrosión que provoca el fluido a la tubería y de los años de servicio del sistema.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P."

TABLA 15

## COEFICIENTE C DE HAZEN-WILLIAMS

Material	Coeficientes de Hazen-Williams
	- C -
Asbesto cemento	140
Latón	130 - 140
Ladrillo de saneamiento	90 - 100
Hierro Fundido, nuevo	130
Hierro Fundido, 10 años de edad	107 - 113
Hierro Fundido, 20 años de edad	89 - 100
Hierro Fundido, 30 años de edad	75 - 90
Concreto	100 - 140
Cobre	130 - 140
Metal Corrugado	60
Hierro Dúctil	140
Fibra	140
Fibra de vidrio	150
Hierro Galvanizado	120
Vidrio	130
Plomo	130 - 140
Plástico	130 - 150
Polietileno, PE, PEH	150
PVC, CPVC	150
Acero nuevo	120
Acero inoxidable	100
Acero rolado	110
Acero a 40 años de vida útil	100
Latón	130
Madera	110 - 120

(Fuente del Engineering Toolbox)

Para este caso, en que tenemos que emplear acero como material base de las tuberías, el coeficiente de Hazen-Williams que debe tomar según la tabla 15 es de 120. Sin embargo

considerando que se requiere un sistema que trabaje por muchos años sin que sufra problemas de obstrucción por corrosión, tomaré un valor de C igual a 100, que es el correspondiente a un acero al carbón con 40 años de vida útil. Así aseguraré el correcto funcionamiento de mi diseño con el paso de los años.

Lo siguiente entonces, es plantear la ecuación General de la energía entre dos puntos cualesquiera, A y B para determinar el cabezal de bombeo:

Ecuación de Energía

(Ec.7)

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A + H_p = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + \sum h_m + \sum h_f$$

Donde:

  
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

$\frac{P_A}{\rho g} \Rightarrow$  Energía de presión en el punto A o de partida

$\frac{V_A^2}{2g} \Rightarrow$  Energía Cinética en el punto A.

Expresado como cabezal, es equivalente a la altura a la que debe caer el líquido en caída libre para alcanzar esa velocidad.

$Z_A \Rightarrow$  Energía Potencial en el punto A

$H_p \Rightarrow$  Energía entregada por la bomba al fluido

$\frac{P_B}{\rho g} \Rightarrow$  Energía de presión en el punto B o de llegada

$\frac{V_B^2}{2g} \Rightarrow$  Energía Cinética en el punto B

$Z_B \Rightarrow$  Energía Potencial en el punto B

$\sum h_m \Rightarrow$  Energía perdida en los accesorios

$\sum h_f \Rightarrow$  Energía perdida en la tubería

Desarrollando un poco más la ecuación queda que:

$$H_p = \frac{P_B - P_A}{\rho g} + \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + \Delta H + \sum h_m + \sum h_{fm} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

$\Delta H \Rightarrow$  Diferencia de altura entre A y B

Otro punto en consideración para el desarrollo de la ecuación de energía, son las perdidas menores debido a los accesorios empleados en cada línea, la cual viene dada por la expresión:

$$\Sigma h_m = \Sigma K \times \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Eq.9})$$

Donde:

$\Sigma K \Rightarrow$  Suma de los Coeficientes de perdida debido a los  
accesorios en las tuberías.

Una forma adicional y más simple de calcular las perdidas menores es encontrando la longitud equivalente de cada accesorio con ayuda de la tabla adjunta:

TABLA 16

## ACCESORIOS EXPRESADOS EN LONGITUD EQUIVALENTE

		Accesorios y válvulas expresados en pie equivalente de tubería													
		3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12
Accesorios y válvulas expresados en pies equivalente de tubería (in)		1	1	1	2	2	3	3	4	5	7	9	11	13	
Codo a 45°		1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18	22	
Codo a 90°		2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	18	
Codo de gran radio a 90°		1	2	2	2	3	4	5	5	6	8	9	13	16	
Tee		4	5	6	8	10	12	15	17	20	25	30	35	50	
Válvula de compuerta		—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	3	4	5	
Válvula de mariposa		—	—	—	—	6	7	10	—	12	9	10	12	19	
Válvula de retención		4	5	7	9	11	14	16	19	22	27	32	45	55	

(Fuente del Engineering Toolbox)

Usar sólo para "C" de Hazen-Williams = 120. Para otros valores de C, las cifras de esta tabla se deben multiplicar por los siguientes factores:

**TABLA 17**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN DE ACCESORIOS PARA VALORES DE HAZEN-WILLIAMS**

Valor de "C"	80	100	120	130	140	150
Factor multiplicador	0,472	0,713	1,00	1,16	1,32	1,51

(Fuente del Engineering Toolbox)



Utilizando este criterio, puedo agrupar el valor de pérdidas en tuberías y pérdidas en accesorios en una sola expresión:

$$h_f = 10,674 C^{-1.852} \sum L \times D^{-4.871} Q^{1.852} \leftarrow (SI) \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

$\sum L \Rightarrow$  Longitud de tubería real más longitud equivalente

Quedándose la ecuación de la energía como:

$$H_p = \frac{P_B - P_A}{\rho g} + \frac{V_B^2 - V_A^2}{2g} + \Delta H + h_f \quad (\text{Ec.11})$$

Se sabe además que para todos los casos parto desde las cisternas que están abiertas a la atmósfera, por lo que la presión manométrica en el en el punto A o punto de partida, tiene un valor de cero así como también la velocidad en este punto debido a la gran sección transversal de las cisternas. Por lo que la ecuación

11. queda como:

$$H_p = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta H + h_f \quad (\text{Ec.12})$$



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Lo siguiente es realizar cálculo de las pérdidas en tuberías y por accesorios para los casos críticos analizados anteriormente. Como seleccioné un valor de C de 100 entonces el factor de corrección para los accesorios según la **tabla 18** es de 0.713, por consiguiente los datos quedan como se indica a continuación:

TABLA 18

## LONGITUD EQUIVALENTE EN LOS DIAMETROS DE PRUEBA

Cuarto de bomba a Caldera					
Para C = 100		Long. Equivalente en (m)			
Accesorios	Cantidad	2 1/2	3	4	
Longitud (m)	134,32	134,32	134,32	134,32	
Codo a 45°	4	2,57	2,57	3,42	
Codo a 90°	10	12,83	14,97	21,39	
Tee	1	2,57	3,21	4,28	
Válvula de compuerta	3	0,64	0,64	1,28	
Válvula de retención	1	2,99	3,42	4,71	
Σ Total		155,92	159,13	169,40	
Cuarto de bomba a Pasteurizadora					
Accesorios	Cantidad	2 1/2	3	4	
Longitud (m)	494,25	494,25	494,25	494,25	
Codo a 45°	18	11,55	11,55	15,40	
Codo a 90°	12	15,40	17,97	25,67	
Tee	1	2,57	3,21	4,28	
Válvula de compuerta	3	0,64	0,64	1,28	
Válvula de retención	1	2,99	3,42	4,71	
Σ Total		527,40	531,04	545,59	
Cuarto de bomba a Condensador Evaporativo					
Accesorios	Cantidad	2 1/2	3	4	
Longitud (m)	343,36	343,36	343,36	343,36	
Codo a 45°	6	3,85	3,85	5,13	
Codo a 90°	20	25,67	29,95	42,78	
Tee	2	5,13	6,42	8,56	
Válvula de compuerta	3	0,64	0,64	1,28	
Válvula de retención	1	2,99	3,42	4,71	
Σ Total		381,85	387,64	405,82	
Cuarto de bomba a Sistema de Riego					
Accesorios	Cantidad	-	3	4	
Longitud (m)	500,91	-	500,91	500,91	
Codo a 45°	18	-	11,55	15,40	
Codo a 90°	12	-	17,97	25,67	
Tee	2	-	6,42	8,56	
Válvula de compuerta	3	-	0,64	1,28	
Válvula de retención	1	-	3,42	4,71	
Σ Total		-	540,91	556,52	



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLO"  
F. I. M. C. P.

Ahora si procederé a calcular el cabezal de la bomba haciendo uso de la ecuación 12.

Cuarto de bomba a Caldera

Para diámetro de  $2\frac{1}{2}$ :

$$H_p = \frac{483 \times 10^{-3} \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2} + \frac{1,97 \text{ m}}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} + 7,1 \text{ m} + 155,92 \text{ m} = 74,29 \text{ m}$$

Producto de un cálculo similar para los puntos de análisis se obtiene los valores mostrados en la **tabla 19**.

TABLA 19

BIBLIOTECA "GONZALO DE VALLO"  
CALCULO DEL CABEZAL DE BOMBEO, I. M. C. P.



Cuarto de bomba a Caldera		
Cabezal de la bomba (m)		
Diámetro (in)	(m)	(PSI)
2 1/2	74,29	109,21
3	62,69	92,16
4	58,12	85,43
Cuarto de bomba a Pasteurizadora		
Diámetro (in)	(m)	(PSI)
2 1/2	68,61	100,85
3	45,78	67,30
4	36,85	54,18
Cuarto de bomba a Condensador Evaporativo		
Diámetro (in)	(m)	(PSI)
2 1/2	94,49	138,91
3	70,18	103,16
4	60,61	89,09
Cuarto de bomba a Sistema de riego		
Diámetro (in)	(m)	(PSI)
3	94,56	139,00
4	70,64	103,85

Calculado el cabezal de bombeo es factible notar el punto critico para la red de agua blanda y para la red de agua potable, las cuales son cuarto de bomba a caldera y cuarto de bomba a sistema de riego respectivamente ya que son los puntos que demandan un mayor cabezal hidráulico por lo tanto quedan descartados los otros dos. En lo posterior se realizaran los cálculos para los puntos restantes.

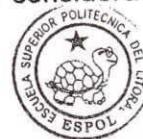
Antes de la selección del equipo de bombeo es importante calcular el cabezal neto positivo de succión o también llamado NPSH (Nete Power Suction Head) por sus siglas en inglés, debido a que de no considerarlo en lo posterior podrían presentarse problemas debido al fenómeno de cavitación.

Este fenómeno se produce principalmente en los alabes del impulsor de la bomba, donde las fuerzas ejercidas por el líquido al aplastar la cavidad dejada por el vapor dan lugar a presiones localizadas muy altas, erosionando su superficie y causando esfuerzos que pueden originar su destrucción. Este generalmente va acompañado de ruido y vibraciones, dando la impresión de que se tratara de grava que golpea en las diferentes partes de la máquina.

La cavitación además de producir daños físicos y ruidos molestos, puede llegar a reducir de manera considerable el caudal y rendimiento de la bomba.

La carga neta de succión positiva es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión del vapor del líquido que se bombea. Esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación. En el diseño de bombas destacan dos valores de NPSH, el NPSH disponible y el NPSH requerido.

El NPSH requerido es función del diseño de fábrica de la bomba, su valor, determinado experimentalmente, es proporcionado por el fabricante. Este valor corresponde a la carga mínima que necesita la bomba para mantener un funcionamiento estable. Se basa en una elevación de referencia, generalmente considerada como el eje del rodamiento.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"

El NPSH disponible es función del sistema de succión de la bomba, se calcula en metros de agua, mediante la siguiente fórmula:

$$NPSH_{disponible} = H_{atm} - (H_{vap} + h_s + H_s) \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

**NPSH disponible = Carga neta de succión positiva disponible**

**H<sub>atm</sub> = Presión atmosférica en (m)**

**H<sub>vap</sub> = Presión de vapor en.(m)**

**H<sub>s</sub> = Altura estática de succión en (m)**

**h<sub>s</sub> = Pérdida de carga por fricción de accesorios y tubería en la Succión en (m)**

**Para evitar el riesgo de la cavitación por presión de succión, se debe cumplir que:**

**NPHSdisponible >NPHSrequerida**

**La presión atmosférica y la presión de vapor se la determinan a partir de las tablas 20 y 21. respectivamente.**

TABLA 20

## DISMINUCION A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Altura Sobre Nivel del Mar (m)	Presión Atm (m)	(Psi)
0	10,33	14,69
250	10,03	14,26
500	9,73	13,83
750	9,43	13,41
1000	9,13	12,98
1250	8,83	12,55
1500	8,53	12,13
1750	8,25	11,73
2000	8	11,38
2250	7,75	11,02
2500	7,57	10,68
2750	7,28	10,35
3000	7,05	10,02
3250	6,83	9,71
3500	6,62	9,42
3750	6,41	9,12
4000	6,2	8,82
4250	5,98	8,52
4500	5,78	8,22



BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

TABLA 21

## PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA

Temp.	Presión de vapor	
C°	M.	PSI.
0	0,0620	0,0880
5	0,0890	0,1270
10	0,1250	0,17810
15	0,1740	0,2470
20	0,2380	0,3380
25	0,3230	0,4590
30	0,4320	0,6140
35	0,5730	0,8150
40	0,7520	1,0700
45	0,9770	1,3890
50	1,2580	1,7890
55	1,6050	2,2830
60	2,0310	2,8890
70	3,1770	4,5190
75	3,9310	5,5910
80	4,8290	6,8690
85	5,8940	8,3830
90	7,1490	10,1680
95	8,6190	12,2590
100	10,3320	14,6960

Adicionalmente, se sabe que la altura desde la cisterna al cuarto de bombas es de 3 metros por de bajo de ésta y para llegar a este punto se necesita un codo de 90° y 5 metros de tubería en los diámetros correspondientes al diseño.

Con esta información se puede decir que el NPSH para el primer punto crítico que es cuarto de bomba a calderos en diámetro de 2 1/2" se calcula como:

$$NPSH_{disponible} = 10,33 - \left[ 0,2380 + 10,64 \times \frac{(5+1,284)}{2,47^{4,86}} + \left( \frac{6 \times 10^{-3}}{100} \right)^{1,852} + 3 \right] = 6,37 \text{ m}$$

Los casos siguientes se muestran a continuación en la **tabla 22**.

**TABLA 22**  
**RESULTADOS DE CÁLCULO DEL NPSH**



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Cuarto de bomba a Caldera			
D (in)	2 1/2	3	4
NPSH	6,37	6,83	7,02
Cuarto de bomba a Sistema de riego			
D (in)	-	3	4
NPSH	-	6,70	6,98

Una vez calculada la velocidad del agua y la altura manométrica del grupo de bombeo para los casos de estudio, procederé a realizar el cálculo por golpe de ariete; fenómeno que se denomina también transitorio, debido a la alternancia de depresiones y sobrepresiones producto del movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

Para realizar este cálculo, lo primero es conocer el tiempo de parada o tiempo  $T$ , el cual se define como el tiempo transcurrido entre la interrupción de funcionamiento del equipo de bombeo y el cese de la velocidad de circulación del agua, la cual desciende progresivamente.

El tiempo de anulación del caudal o tiempo de parada viene dado por la ecuación de Mendiluce:

$$T = c + \frac{K \times L \times V}{g \times H} \quad (\text{Ec.14})$$

Donde:

$T$  = Tiempo de anulación del caudal

$g$  = Aceleración de la gravedad

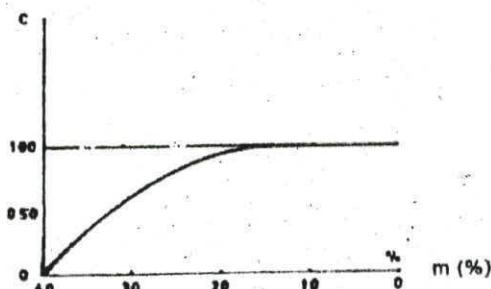
$V$  = Velocidad del flujo

$H$  = Energía de flujo (presión en altura)

$C$  = Término de la fórmula de Mendiluce, para el tiempo de anulación de caudal en una parada imprevista.

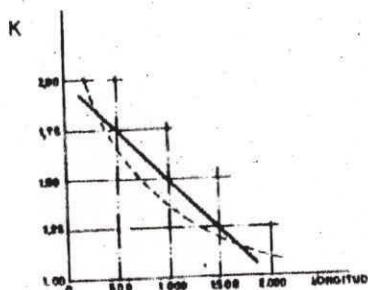
$K$  = Factor de la fórmula de Mendiluce, para el tiempo de anulación de caudal en una parada imprevista.

El término  $c$  de la fórmula de Mendiluce, para el tiempo de anulación de caudal en una parada imprevista se toma a partir de la figura 3.3.a. conociendo la relación  $H/L$ .



**FIGURA 3.3.a. VALORES DEL COEFICIENTE C SEGÚN MENDILUCE**

De forma parecida el factor  $K$  de la fórmula de Mendiluce, para el tiempo de anulación de caudal en una parada imprevista se toma a partir de la figura 3.3.b. conociendo la relación  $H/L$ .



$L$	$K$
$L < 500$	2
$L \approx 500$	1.75
$500 < L < 1500$	1.5
$L \approx 1500$	1.25
$L > 1500$	1

**FIGURA 3.3.b. VALORES DEL COEFICIENTE K SEGÚN MENDILUCE**

Se calcula la celeridad "c" con la fórmula de Allievi o se consultan las tablas para calcular la sobrepresión mediante la fórmula adecuada.

Analizando el Cuarto de bomba a Caldera con el diámetro de  $2 \frac{1}{2}$ " y revisando la **tabla 22** se sabe que:

$$L = 155,28 \text{ m}$$

$$H = 74,22 \text{ m}$$

Luego de calcular la relación  $H/L$  se entra a la **figura 3.3.a.** y se obtiene el valor de  $C$ :

$$\frac{H}{L} = \frac{74,22}{155,71} = 0,48 \geq 0,4 \Rightarrow C = 0$$



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

De forma similar, para obtener el valor de  $k$  conociendo la longitud  $L$  y haciendo uso de la **figura 3.3.b.** se sabe que:

$$L = 155,71 \leq 500 \Rightarrow K = 2.$$

Ahora pues, se puede obtener el valor de Tiempo de parada:

$$T = 0 + \frac{2 \times 155,71 \times 1,95}{9,81 \times 74,22} = 0,83 \text{ seg.}$$

Producto de un cálculo similar para los puntos de análisis se obtiene los valores mostrados en la **tabla 23**.

TABLA 23

## RESULTADOS DEL CALCULO DEL TIEMPO DE PARADA

Cuarto de bomba a Caldera			
D (in):	2 1/2	3	4
H/L:	0,48	0,40	0,35
C:	0	0,1	0,5
L:	155,71	158,92	168,97
K:	2	2	2
T (s):	0,83	0,75	0,93
Cuarto de bomba a Sistema de riego			
D (in):	-	3	4
H/L:	-	0,17	0,13
C:	-	1	1
L:	-	540,70	556,10
K:	-	1,75	1,75
T (s):	-	2,62	2,29

Lo siguiente es realizar el cálculo de la celeridad de la tubería la misma que se determina a partir de la fórmula propuesta por Allievi para el agua.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{e}}} \quad (\text{Ec.15})$$



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

En donde:

a= Celeridad o velocidad de propagación de la onda en m/s.

Valores aproximados de k para la fórmula Allievi se derivan de la tabla adjunta para los diferentes materiales de las tuberías.

**TABLA 24**  
**COEFICIENTES DE ALLIEVI**

Hierro y acero	$k = 0,5$
Hormigón	$k = 5$
Hormigón armado	$k = 5$
Fundición	$k = 1$
Fibrocemento	$k = 5,4 - 5,6$
Poliéster	$K = 6,6$
Plomo	$k = 5$
PVC	$k = 33 (20-50)$

Para este caso el valor de  $k$  es el correspondiente al del acero cuyo valor es de 0,5. Realizando el cálculo para el Cuarto de bomba a Caldera con el diámetro de  $2 \frac{1}{2}$ " y recordando la **tabla 23.** para revisar el diámetro interno y el espesor de la tubería se obtiene:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \times \frac{2,47}{0,20}}} = 1341,33 \text{ mm}$$

Para los casos siguientes se muestran los resultados en la **tabla 25.**

TABLA 25

## TABLA DE RESULTADOS DE LA CELERIDAD

Cuarto de bomba a Caldera			
D (in):	2 1/2	3	4
e(in):	0,20	0,22	0,24
k:		0,5	
a (m/s):	1341.33	1331.56	1314.80
Cuarto de bomba a Sistema de riego			
D (in):	2 1/2	3	4
e(in):	0,20	0,22	0,24
k:		0,5	
a (m/s):	1341.33	1331.56	1314.80

Ahora se calcula la longitud crítica "Lc", que es la distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico o de coincidencia de las fórmulas de Michaud y Allievi. En la Lc rige la fórmula de Michaud. La longitud crítica viene dada por la ecuación que sigue:

$$L_c = \frac{T \times C}{2} \quad (\text{Ec.16})$$

$L_c$  = Longitud crítica en (m)

$T$  = Tiempo de anulación del caudal o tiempo de parada en (s)

$a$  = Celeridad o velocidad de propagación de la onda en m/s.

Si  $L_c > L$  se trata de una conducción corta o maniobra lenta la cual se entiende como:



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

$$t > \frac{2 \times L}{a} \quad (\text{Ec. 17})$$

Por lo que evaluaré el golpe de ariete por la ecuación de Micheaud, como sigue:

$$\Delta H = \pm 2 \frac{L \times V}{g \times T} \quad (\text{Ec. 18})$$

$V$  = Velocidad del flujo

$g$  = Aceleración de la gravedad

$T$  = Tiempo de anulación del caudal

$L$  = Longitud de conducción total

Si  $L_c < L$  se trata de una conducción larga o maniobra rápida la cual se entiende como:

$$t < \frac{2 \times L}{a} \quad (\text{Ec. 19})$$

Se calcula mediante la formula de Allievi:

$$\Delta H = \pm \frac{a \times V}{g} \quad (\text{Ec. 20})$$

$V$  = Velocidad del flujo

$g$  = Aceleración de la gravedad

$a$  = Celeridad o velocidad de propagación de la onda en m/s.

Realizando el cálculo para el Cuarto de bomba a Caldera con el diámetro de  $2 \frac{1}{2}$ "

$$L_c = \frac{0,83 \times 1341,33}{2} = 559,8m$$

Comparando la longitud crítica  $L_c$  con la longitud equivalente de la tubería  $L$  cuyo valor es 155,28m tal como se muestra en la tabla

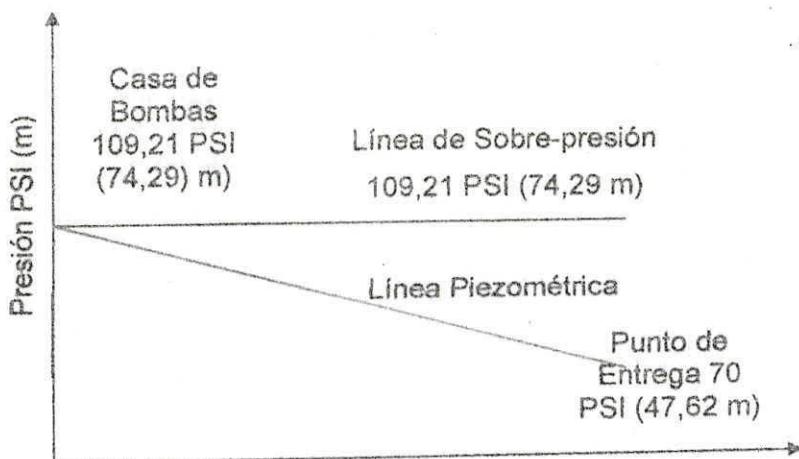
23, es notable que  $L_c \geq L \Rightarrow$  cierre por lo tanto aplicamos el criterio de Michaud:



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

$$\Delta H = 2 \times \frac{155,9 \times 1,95}{9,81 \times 0,83} = 74,29m$$

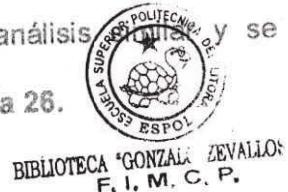
Para que no existan problemas por este fenómeno el criterio es mantener que la línea de sobrepresión debido al golpe de ariete esté por debajo de la línea piezométrica, de estar por encima como en este caso, se puede hacer uso de válvulas de alivio para disipar este valor de sobre-presión o en su defecto utilizar otra tubería que cumpla con este requerimiento.



**FIGURA 3.3.c. LINEA PIEZOMETRICA Y LINEA DE SOBREPRESIÓN PARA CUARTO DE BOMBA A CALDERA CON DIAMENTRO DE 2 ½ “**

Para los casos siguientes se realiza un análisis y se obtienen los resultados mostrados en la tabla 26.

**TABLA 26**



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

**RESULTADOS DE LINEA DE SOBREPRESIÓN Y CRITERIO DE GOLPE DE ARIETE**

Cuarto de bomba a Caldera			
D (in):	2 ½	3	4
$\Delta H$ (m):	74,29	54,37	27,05
Criterio	RGA	RGA	NRGA
Cuarto de bomba a Sistema de riego			
D (in):	-	3	4
$\Delta H$ (m):	-	66,83	45,56
Criterio	-	RGA	NRGA
RGA:	Riesgo de Golpe de Ariete		
NRGA:	NO Riesgo de Golpe de Ariete		

Con estos resultados se pueden definir finalmente el diámetro de las tuberías los cuales son:

Para el sistema de agua blanda, cuyo punto crítico fue finamente la zona desde el cuarto de bomba a los calderos por su alto cabezal, el diámetro que se va a seleccionar es el de 3" debido a que no es justificativo utilizar un diámetro mayor para evitar golpe de ariete, ya que esto inflaría el presupuesto innecesariamente puesto que existen puntos donde pese a que se utilice un diámetro superior seguiría generando problemas por este fenómeno. Por ello para evitar que el mismo afecte el sistema se colocará un tanque de expansión aguas debajo de la válvula de retención de la bomba, a fin de amortiguar las variaciones de presión parcialmente adiabática del aire al producirse una depresión en la tubería y posteriormente a la compresión, al producirse una sobre-presión en el sistema de parada y puesta en marcha de la bomba.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

Para el sistema de agua potable se utilizará tubería de 4" debido a que para este punto si es posible evitar el golpe de ariete y de esa forma se reduce además el costo del equipo de bombeo para este punto.

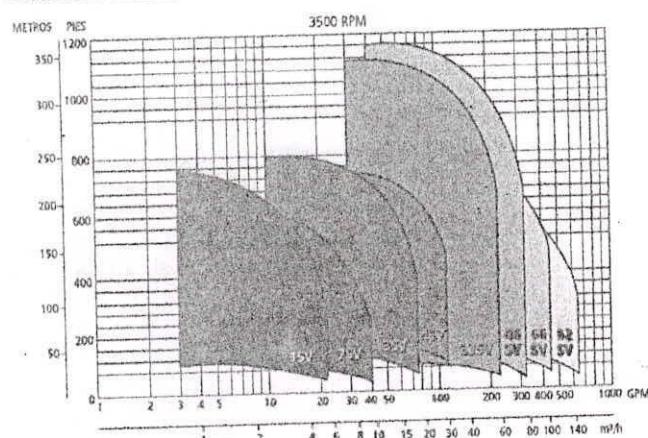
### 3.4. Selección de Equipos

#### 3.4.1. Selección de Bombas

La selección de la bomba se la hace en función de la aplicación, del caudal requerido y el cabezal de la bomba.

Seleccionaré bombas multi-etapas de eje vertical marca Goulds, ya que son muy eficientes para trabajar en sistemas de riego y distribución industrial con demandas elevadas tanto en caudal como en presión tal como es el caso del proyecto. Así pues empezaré la selección haciendo uso de la gráfica de cobertura hidráulica para este tipo de bombas.

Cobertura hidráulica SSV e información técnica



**FIGURA 3.4.a. COBERTURA HIDRAULICA DE BOMBAS  
MULTIETAPAS VERTICALES**

Para el sistema de distribución de agua blanda, la cual demanda un cabezal de bombeo de 62,69 mca (92,16 PSI), y un caudal de 21,71 m<sup>3</sup>/h (95,52 GPM), la bomba que satisface el sistema se encuentra dentro del grupo 4SV según se aprecia en la figura 3.4.a.

Siguiendo el proceso de selección me dirijo a la curva de las bombas 4SV, la cual se muestra en la figura 3.4.b, donde se denota claramente que para las condiciones de operación se requiere de una bomba de 4 etapas con eficiencia del 66% y un NPSH requerido de 3,66 m.

La potencia del motor se la determina a partir de la hoja técnica que se muestra en el Apéndice A; De la cual se puede concluir que para el sistema de distribución de agua blanda se requiere de un motor con una potencia de 7 ½ HP.

4SV Curve

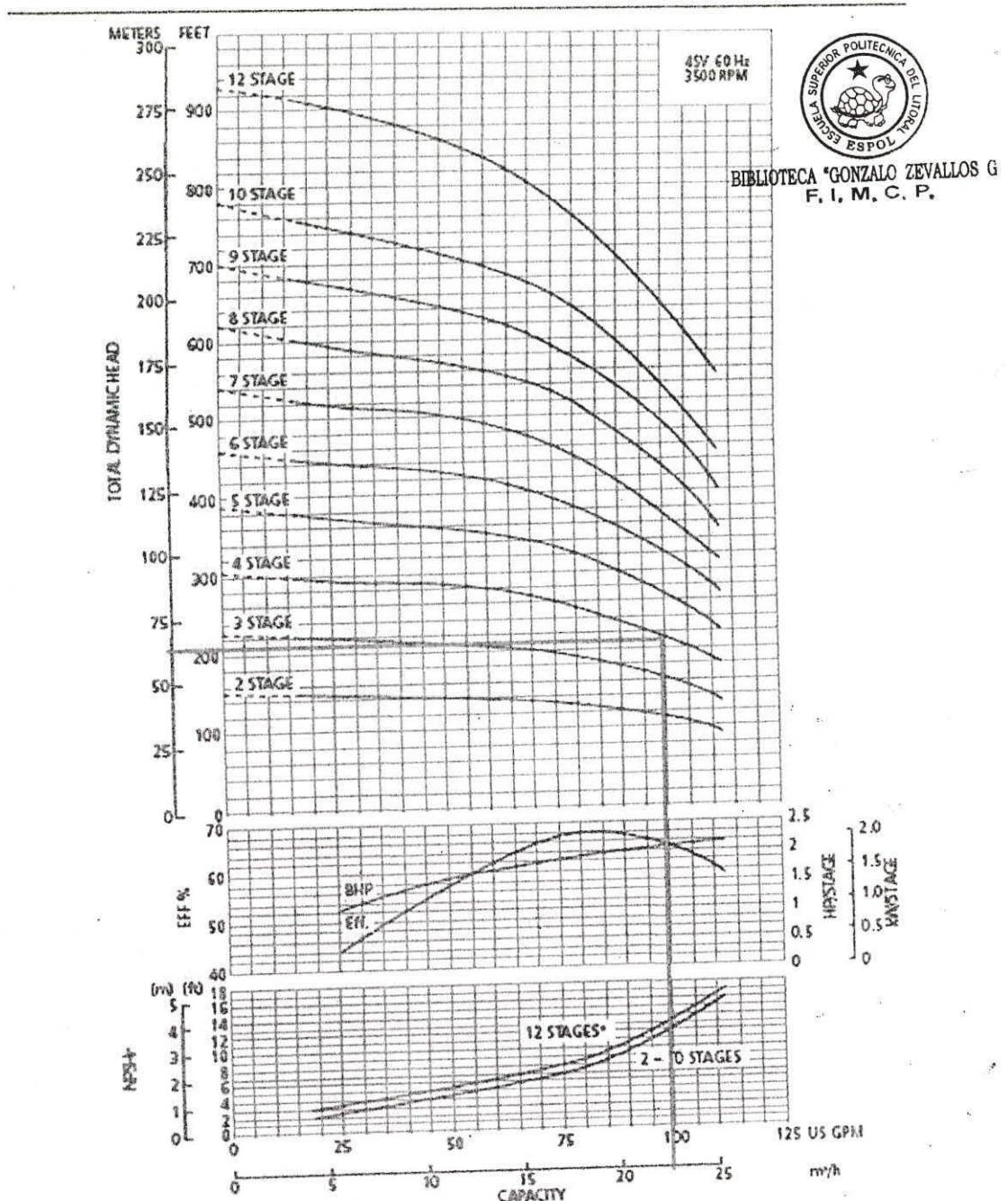
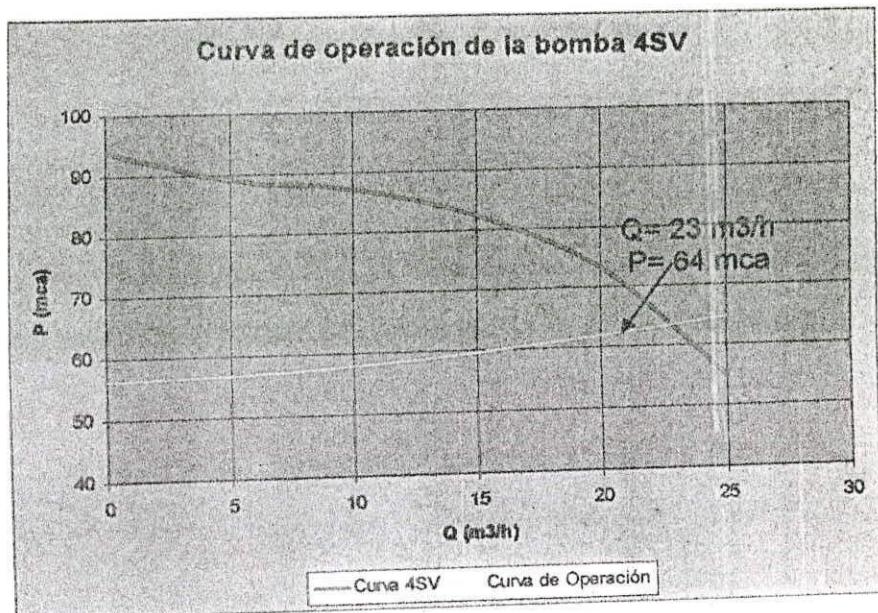


FIGURA 3.5.b. CURVA HIDRAULICA PARA BOMBAS 4SV

Ahora es necesario graficar la curva de la bomba y la curva del sistema a fin de identificar el punto de operación.



**FIGURA 3.4.c. CURVA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA  
(AGUA BLANDA)**

De la figura 3.4.c. es notable que el punto de operación del sistema supera el de diseño, lo que es un caso favorable para el diseño ya que este sobrepaso prevé cualquier cambio en el número de accesorios inicialmente determinados.

Para el sistema de distribución de agua potable, la cual demanda un cabezal de bombeo de 70,64 mca (103,85PSI), y un caudal de 21,31 m<sup>3</sup>/h (120,16 GPM), la bomba que

satisface el sistema se encuentra dentro del grupo 33SV según se aprecia en la figura 3.4.a.

Siguiendo un proceso similar al anterior me dirijo a la curva de las bombas 33SV, la cual se muestra en la figura 3.4.d., donde se denota claramente que para las condiciones de operación se requiere de una bomba de 3/1 etapas con eficiencia del 70% y un NPSH requerido de 2 m.

La potencia del motor se la determina a partir de la hoja técnica que se muestra en el Apéndice A; De la cual se puede concluir que para el sistema de distribución de agua potable se requiere de un motor con una potencia de 15 HP.



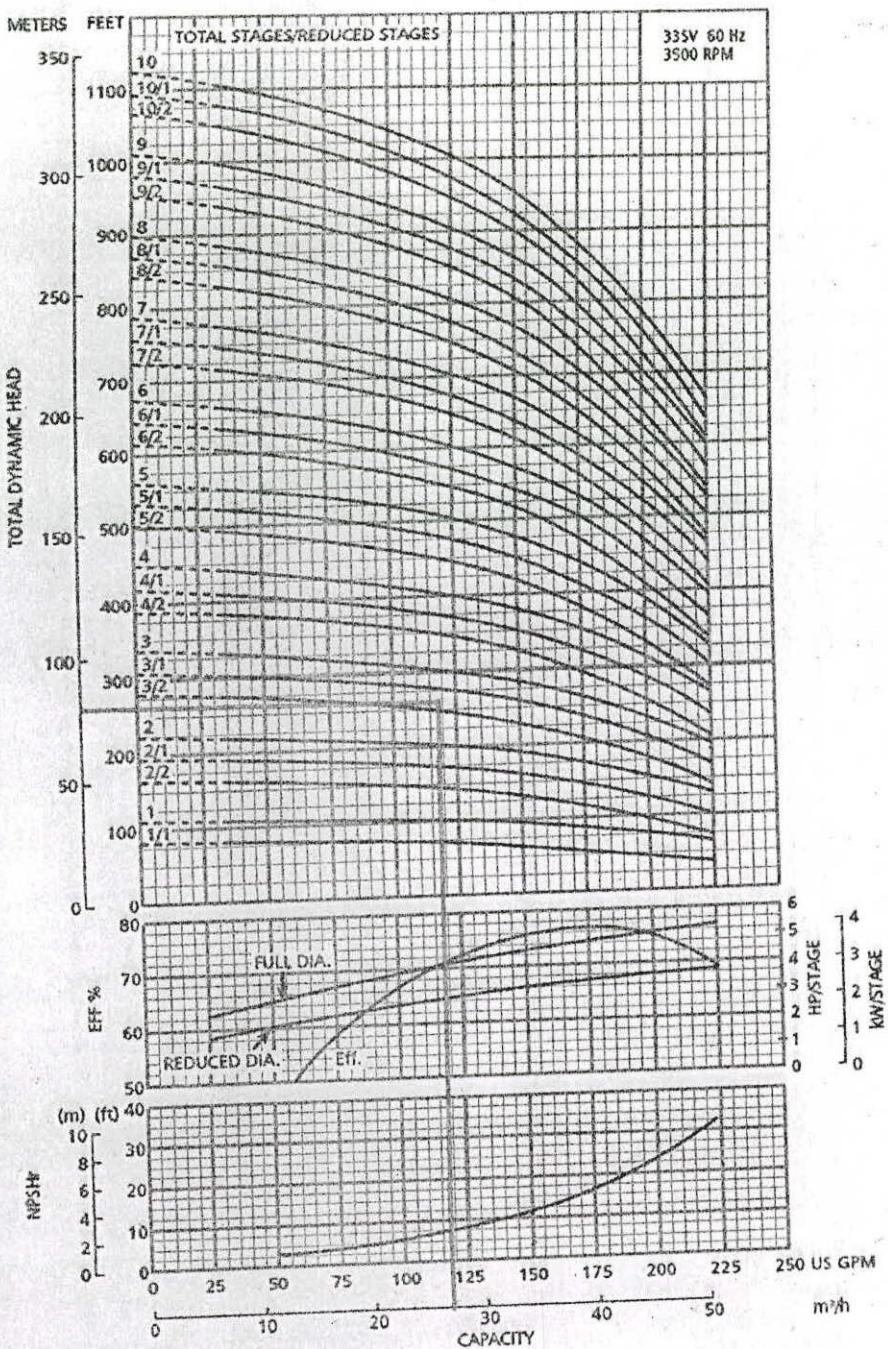
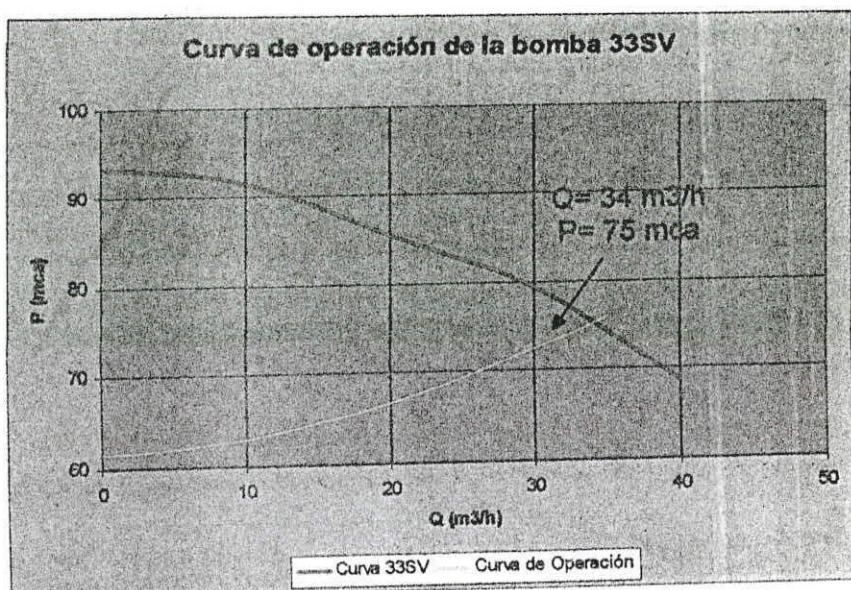


FIGURA 3.4-d. CURVA HIDRAULICA PARA BOMBAS 33SV



BIBLIOTECA 'GONZALO LEALIU  
F. I. M. C. P.

Graficando nuevamente la curva de la bomba y la curva del sistema a fin de identificar el punto de operación.



**FIGURA 3.4.e. CURVA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA (AGUA POTABLE)**

De la figura 3.4.e. es notable que el punto de operación del sistema supera el de diseño, por lo que al igual que en el caso anterior es un efecto favorable para el diseño ya que este sobrepaso prevé cualquier cambio en el número de accesorios inicialmente determinados.

En ambos casos se cumple que:

$NPHS_{disponible} > NPHS_{requerida}$

Por lo tanto se corrobora que no existirán problemas de cavitación en la succión.

### 3.4.2. Selección de Medidores

La selección de los medidores se hace en función del caudal que atraviesa la tubería. Entonces tenemos para la distribución de agua blanda cuyo caudal es de 21,71 m<sup>3</sup> un variador que maneja un caudal nominal de 25 m<sup>3</sup>/h cuyo rango de lectura es de 30 m<sup>3</sup>/h como valor máximo a 3 m<sup>3</sup>/h como punto mínimo de lectura. De igual manera para el agua potable se seleccionará un medidor que maneje el mismo caudal puesto que esta línea va a manejar 27,31 m<sup>3</sup>/h.

### 3.4.3. Selección de Variadores de Frecuencia

Los variadores de frecuencia son seleccionados en base a la potencia de las bombas, entonces está claro que se seleccionará un variador de 7 ½ HP y 15 HP para agua blanda y para agua potable respectivamente.



# CAPÍTULO 4

## 4. RESULTADOS



### 4.1. Construcción de Plano

El plano de la red de distribución hidráulica del sistema se encuentra en la documentación adjunta en el **Apéndice B**.

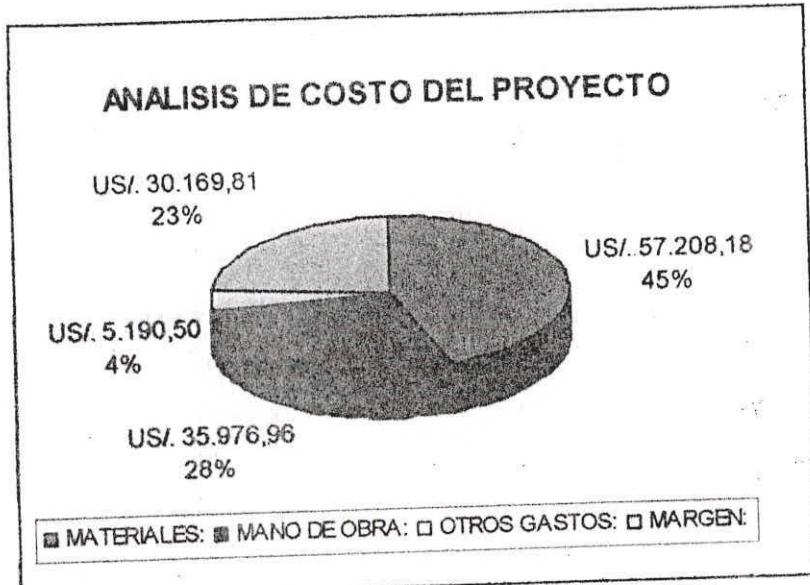
### 4.2. Análisis de Costo

En el análisis de costo se consideraron todos los requerimientos hechos por la empresa contratante, los cuales se muestran en la cotización adjunta en valores globales. El costo total del proyecto

es de US 128.545,45 sin IVA y el soporte de la misma se encuentra detallado en el Apéndice D.

El costo de este proyecto se subdivide como se muestra a continuación:

Materiales:	US/. 57.208,18	44,50%
Mano de Obra:	US/. 35.976,96	27,99%
Otros Gastos:	US/. 5.190,50	4,04%
Margen:	US/. 30.169,81	23,47%
TOTAL	US/. 128.545,45	100,00%



**FIGURA 4.2. ANALISIS DE COSTO DEL PROYECTO**



# CAPÍTULO 5



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Del proyecto puedo concluir que los conocimientos adquiridos en el periodo de formación académica son base fundamental para dar solución a problemas de esta índole.

Está claro además, que en la actualidad contamos con personal calificado para desarrollar, dirigir y coordinar este tipo de actividades, las mismas que años atrás eran desarrolladas únicamente bajo supervisión extranjera, y que hoy en día gracias

al mejoramiento continuo y experiencia del personal docente de nuestra institución tanto en el ámbito académico como en el laboral, quienes han implementado cambios indispensables que nos brindan a nosotros como futuros profesionales la madurez necesaria para analizar, programar y dirigir tareas de diseño y construcción a nivel industrial.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Este tipo de proyectos se pueden realizar con mucha más facilidad que años atrás debido a que todos los materiales requeridos se los puede encontrar sin ningún problema en el mercado local; evitando así la importación de los mismos lo que generalmente ocasionaba el encarecimiento del presupuesto.

Otra ventaja que se puede encontrar hoy en día, es que contamos con mano de obra capaz de realizar este tipo de actividades de forma eficiente y con todas las normas requeridas, lo que nos convierte en personal calificado y de confianza para realizar trabajos similares.

Los diámetros de las tuberías seleccionadas no son la única variante que cumple satisfactoriamente con los requerimientos del sistemas, sin embargo se escogió la opción que mejor se

acoplaba a las condiciones de diseño y a su vez la que generará el menor costo posible, obviamente sin que éste comprometiera el producto final.

En el análisis para la selección de la tubería se consideró que si el diámetro adoptado es grande, la pérdida de carga en la tubería será pequeña y por tanto la potencia de la bomba será reducida; consecuentemente el costo de la bomba será reducido, pero el de la tubería de impulsión será elevado versus el caso inverso que también es valedero, es decir, si adoptamos un diámetro pequeño, al final, el costo de la tubería de impulsión será reducido y el de la bomba será elevado.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

En el diseño se plantearon las consideraciones necesarias para tener un sistema que trabaje por mas de 40 años sin sufrir perdidas de caudal o presión por obstrucción, además se dimensionaron los equipos para soportar un futuro crecimiento de la producción de la planta de hasta un 25%.

Este proyecto se considera rentable y además se estima una recuperación de la inversión en un plazo mínimo de 3 años; esto es sin considerar los imprevistos por mal manejo de equipos.

## 5.2. Recomendaciones

Para evitar el entorpecimiento y retraso de un proyecto, es necesario que el personal docente de la institución se preocupe por fortalecer los básicos de diseño; con la finalidad de crear en los estudiantes la capacidad para discernir claramente las variables conocidas y las interrogantes que se presentan a la hora de buscarle solución a cualquier tipo de problema.

Es relevante mencionar el uso de variadores de frecuencia ya que son elementos realmente útiles a la hora de optimizar los costos de producción, ya que permiten ajustar la velocidad a los requerimientos del sistema lo que a su vez me representa un menor consumo energético.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.

Además se recomienda la utilización de ventosas en los puntos altos de las tuberías para evitar así que se generen burbujas que podrían provocar cavitación.

Así mismo se debe considerar el uso de válvulas check a la salida de las bombas para impedir que esta gire en sentido contrario, proteger la bomba contra sobre-presiones, y evitar que la tubería de impulsión se vacíe.

Es importante considerar sistemas de by-pass en los equipos de la red como lo son bombas, válvulas check, tanque de expansión; a fin de poder realizar el mantenimiento de los mismos sin necesidad de alterar el funcionamiento normal de la planta.

Los componentes básicos que se deben de tener en cuenta a la hora de diseñar una estación de bombeo de agua potable son los siguientes:

- Casetas de bombeo.
- Cisterna de bombeo.
- Equipo de bombeo.
- Grupo generador de energía y fuerza motriz.
- Tubería de succión.
- Tubería de impulsión.
- Válvulas de regulación y control.
- Equipos para cloración.
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- Tableros de protección y control eléctrico.
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos.

- Área para el personal de operación.
- Cerco de protección para la caseta de bombeo.

La ubicación de la estación de bombeo debe ser seleccionada de tal manera que permita un funcionamiento seguro y continuo, para lo cual es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Fácil acceso en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
- Protección de la calidad del agua de fuentes contaminantes.
- Protección de inundaciones, deslizamientos, huaycos y crecidas de ríos.
- Eficiencia hidráulica del sistema de impulsión.
- Disponibilidad de energía eléctrica o de combustión.
- Topografía del terreno.
- Características de los suelos.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P.

La clave para hacer la selección correcta de la bomba radica en el conocimiento del sistema donde ella trabajará. Dejar la responsabilidad de la selección de la bomba al representante del proveedor no es una buena decisión, en vista que le puede ser

difícil o imposible conocer los requisitos totales de la operación. Por ello, previo a la elección de la bomba es necesario obtener los siguientes datos del sistema:

#### De la Bomba

- Número de unidades.
- Tipo de bomba.
- Servicio de horas por día y, si es continuo o intermitente.

#### Características del líquido:

- Se debe indicar la temperatura de trabajo, así como posibles rangos de variación de la misma.
- Debe ser indicada para la temperatura de bombeo y es vital para una correcta determinación de la potencia.
- Se debe indicar la acidez o alcalinidad del agua, por que permite elegir el material adecuado de la bomba. Si existe análisis químico es preferible suministrarlo.

### Condiciones de operación

Debe ser especificado en litros por segundo. Es muy importante indicarlo en el punto exacto de operación ya que permitirá seleccionar la bomba más eficiente.

### Condiciones de succión

Para bombas de eje horizontal se debe indicar la altura manométrica total y el NPHS disponible.



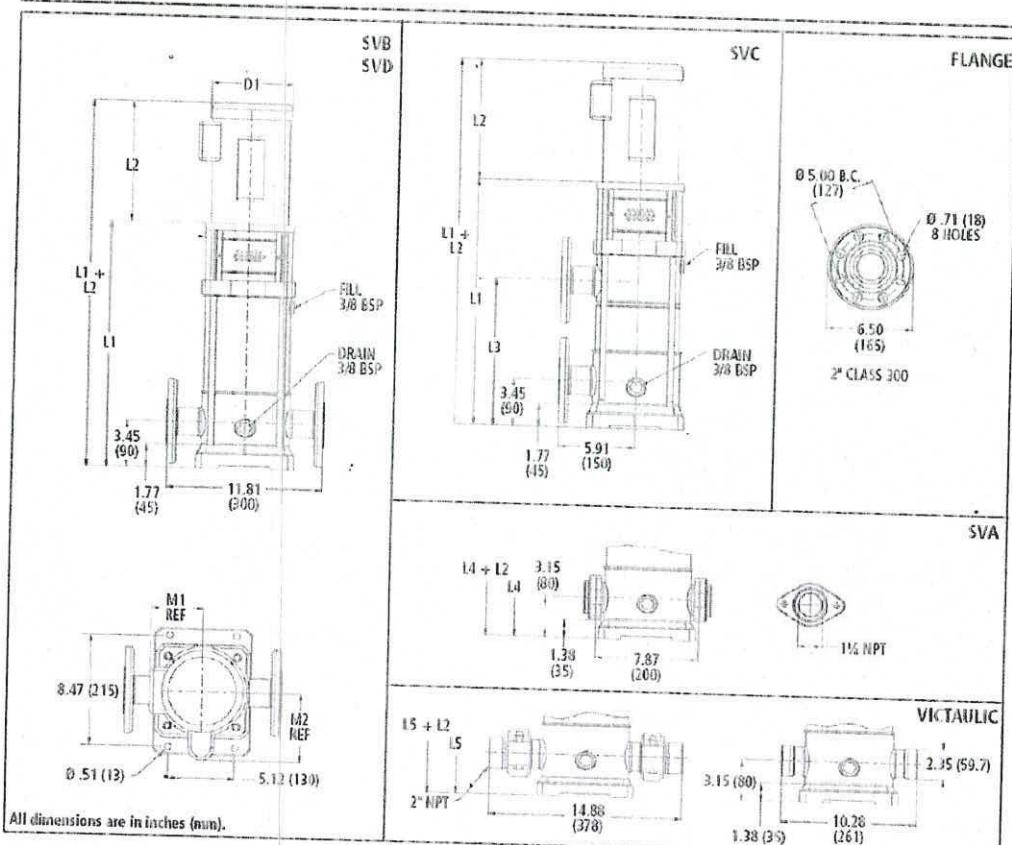
# APÉNDICES

APENDICE A  
(HOJA TECNICA DE LAS BOMBAS, EQUIPOS Y  
ACCESORIOS)



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

**Dimensions and Weights**  
3SV Series 3500 RPM



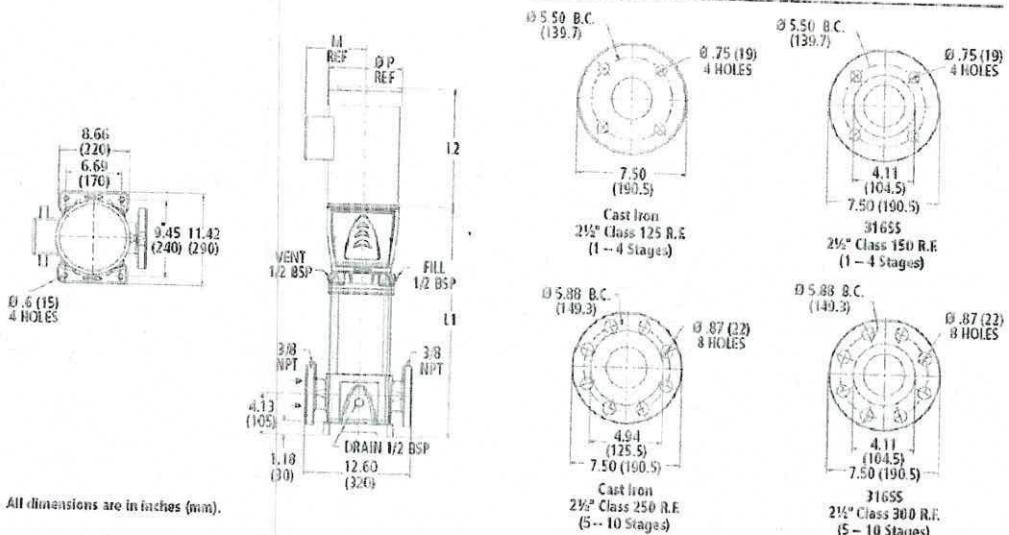
Stage	Frame (1-Phase)		Frame (3-Phase)		L2		D1 (max.)					Weights (lb)							
	ODP	TEFC	ODP	TEFC	HP	L1	ODP	TEFC	L3	L4	L5	M1 (ref.)	M2 (ref.)	ODP	TEFC	Liquid End			
2					2	15.75	11.19	12.06		15.31	15.31					33	49	51	
3					3	17.25	11.56	13.88		16.81	16.81					35	51	56	
4					5	18.75				11.81	18.31	18.31					37		
5						20.25				12.69	19.81	19.81					40	75	85
6										15.69	22.81	22.81							
7						23.25				17.19	24.25	24.25					44		
8						24.69										45	101	124	
9																45			
10						26.88				15.50	20.19	28.44				47			
11										21.69		29.94				53	130	151	
12																62			
13						33.33				24.63		32.94				64			
14												34.19				66	128	250	
15						34.50						37.19				68			
16						35.88									72	220	280		

 **GOULDS PUMPS**



BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS'  
F. I. M. C. P.

**Dimensions and Weights**  
335V Series 3500 RPM



Stage	Frame (1-Phase)		Frame (3-Phase)		HP	L1	L2		D1		Weights (lb)				
	ODP	TEFC	ODP	TEFC			ODP	TEFC	M (in.)	ODP	TEFC	Liquid End	ODP	TEFC	
1/1	182-4TC		182-4TC		5	20.62	13.94	15.44	6.88	8.50	8.50	132	75	85	
1						7 1/2									
2/2	213TC		213TC	215TC	10	23.58			15.50	8.06		10.25		101	124
2												143	130	151	
3/2															
3/1	215TC		254TC	15	26.54		15.56			10.19		152	128	250	
3															
4/2	254TC		256TC	20	29.50		16.56	9.25		10.31		161	220	280	
4/1															
4															
5/2	256TC		284TC	25	32.44	18			11.63			172	240	420	
5/1															
5												186			
6/2						30	35.40					194	325	445	
6															
7/2	284TC		384TC			38.35						204	328	448	
7															
8/2			40									221			
8/1	41.30											229			
8															
9/2	44.25											238	382	502	
9															
10/2	50		47.20				22.5					249			
10/1															
10															

#### MAIN TECHNICAL DATA      Especificaciones técnicas

Appl. Size Dia. mm	Class	Q <sub>1</sub> Downward flow	Q <sub>2</sub> Upward flow	Q <sub>3</sub> Transversal flow	Down ward flow	Upward flow	Side flow	Side flow rate	Side flow volume
		m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
50	B	30	15	3	0.45	150	0.01	9999999	
65	B	50	25	5	0.75	170	0.01	9999999	
80	B	80	40	8	1.2	280	0.01	9999999	
100	B	120	60	12	1.8	400	0.01	9999999	
125	B	200	100	20	3	800	0.01	9999999	
150	B	300	150	30	4.5	1200	0.01	9999999	
200	B	500	250	50	7.5	2250	0.01	9999999	
250	B	800	400	80	12	1500	0.01	9999999	
300	B	1200	600	120	18	7000	0.01	9999999	
400	A	2000	1000	80	30	16000	0.31	9999999	
400	B	2000	1000	80	30	16000	0.31	9999999	
500	A	3000	1500	450	120	20000	0.01	9999999	
500	B	3000	1500	300	45	20000	0.01	9999999	

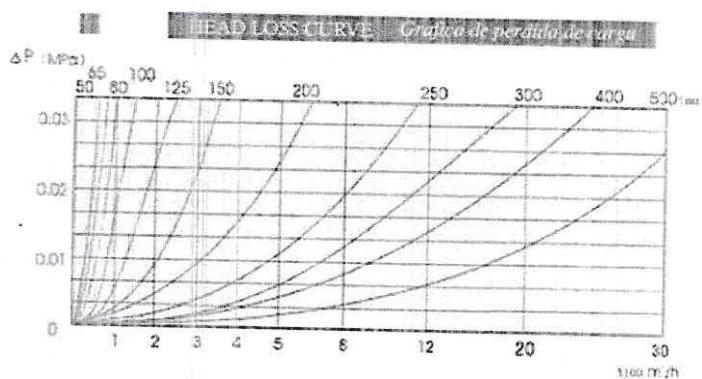
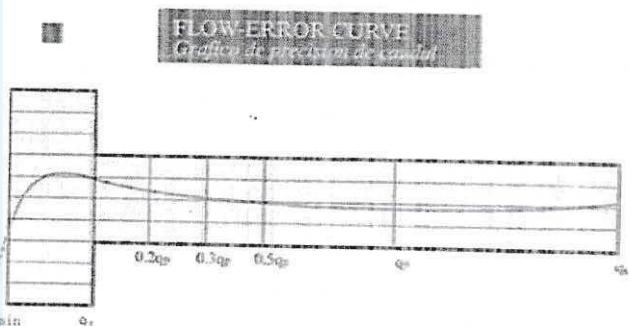
## INDICATING ERROR

At low zone is  $\pm 5\%$  from minimum flow rate ( $Q_{\min}$ ) to transitional flow rate ( $Q_t$ ) exclusive boundary  
 At high zone is  $\pm 2\%$  from transitional flow rate ( $Q_t$ ) to overload flow rate ( $Q_s$ )

### ERROR MAXIMO PERMITIDO

#### De caudal mínimo a caudal de

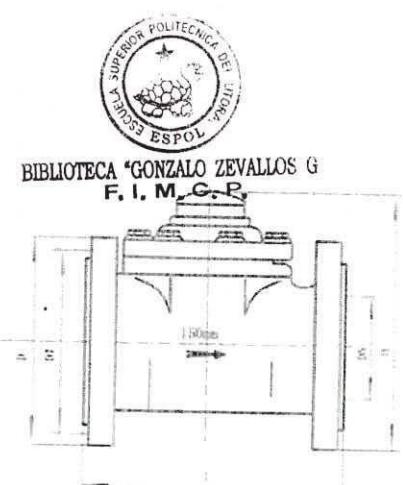
transición excluido  $\pm 5\%$



#### DIMENSIONS AND WEIGHT

BIMANUJEE ET AL.

Size Dis tn (in.)	Length	Width	Height	Incorporating Flanges			Weight lb.
				Front	Side	Front & Side	
50	200	175	250	165	125	4×M16	12
65	200	185	255	135	145	4×M16	13
80	225	200	265	200	160	8×M16	15
100	250	220	275	230	180	8×M16	18
125	250	245	285	245	210	8×M16	22
150	300	265	375	235	240	8×M20	47
200	350	345	400	340	295	8×M20	43
250	450	395	484	335	350	12×M20	110
300	450	445	506	445	400	12×M20	115
300	500	565	521	505	515	16×M24	180
300	500	670	725	670	620	20×M24	330



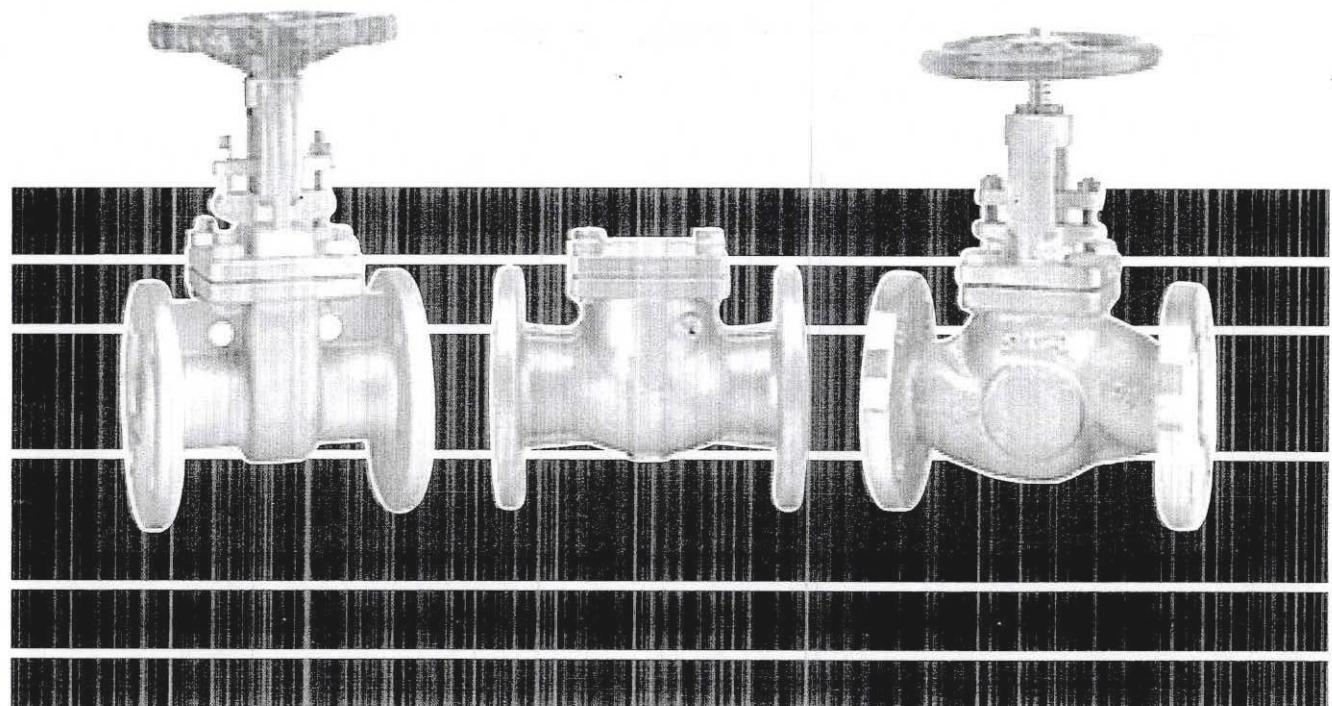
Writing Competence

Water temperature:  $\leq 40^\circ\text{C}$   
Working pressure:  $\leq 1.0\text{ MPa}$

• 1997-1998 學年上學期

Temperatura maxima de agua: < 40°C  
Presion maxima de agua: < 10 MPa

# SHARPE VALVES



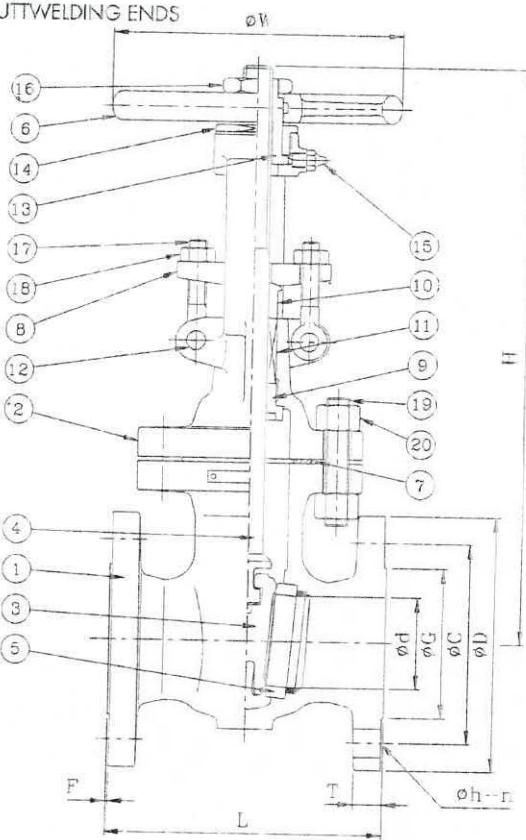
**FLANGE, GATE, GLOBE  
AND CHECK VALVES**

# SHARPE VALVES

## SERIES 35 CAST STEEL 150# FLANGED GATE

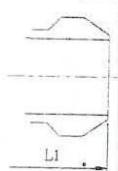
### DESIGN DESCRIPTION:

- OUTSIDE SCREW AND YOKE
- BOLTED BONNET
- STEM/WEDGE CONNECTION MEETS THE API 600 PULL TEST
- FLEXIBLE WEDGE, FULLY GUIDED
- WELDED SEAT
- RENEWABLE SEAT RINGS
- RISING STEM AND NON-RISING HANDWHEEL
- AVAILABLE WITH GEAR OPERATOR
- FLANGED ENDS
- BUTTWELDING ENDS



### APPLICABLE STANDARDS:

- GATE VALVES, API 600
- STEEL VALVES, ANSI B16.34
- FACE TO FACE, ANSI B16.10
- END FLANGES, ANSI B16.5
- BUTTWELDING ENDS, ANSI B16.25
- INSPECTION AND TEST, API 598



Buttwelding Ends Available With Gear Operator

### PARTS AND MATERIAL (ASTM)

NO.	PARTS NAME	MATERIALS		
		WCB	WC6	LCB
1	Body	A216 - WCB	A217 - WC6	A352 - LCB
2	Bonnet	A216 - WCB	A217 - WC6	A352 - LCB
3	Disc	A216 - WCB + H/F 410	A217 - WC6 + H/F 410	A217 - WC6 + H/F 410
4	Stem		A182 - F6a	
5	Seat	A105 + H/F STL#6	A182 - F11 + H/F STL#6	A350 - WC6 + H/F 410
6	Hand Wheel		A47 / A536	
7	Gasket		Grafoil + 316 Sheet	
8	Gland flange		A216 - WCB	
9	Bonnet Bush		A276 - 410	
10	Gland		A276 - 410	
11	Gland packing		Graphite	
12	Eye Bolt Pin		A276 - 410	
13	Stem Nut		A439 - D2	
14	Retainer Nut		A36	
15	Nipple		Brass	
16	Wheel Nut		A36	
17	Eye Bolt		A307 B	
18	Eye Bolt Nut		A 194 - 2H	
19	Bonnet Bolt	A193 - B7	A193 - B7	A193 - B7M
20	Bonnet Bolt Nut	A194 - 2H	A194 - 2H	A194 - 2HM
21	Name Plate		A666 - 304	

OTHER MATERIALS ARE AVAILABLE UPON REQUEST.

### TEST PRESSURE TO API 598

PSIG

SHELL TEST (water)		SEAT TEST (water)		SEAT TEST (air)	
	450		314		80

### DIMENSION TABLE:

Size	Ød	L	L1	H	H(OPEN)	ØW	T	F	ØD	ØC	ØG	Øh	n	WT.(lbs)
2	2	7	8.5	13.50	16	7.88	0.622	0.06	6	4.75	3.62	.75	4	44
2 1/2	2.5	7.5	9.50	16.25	19.38	9.85	0.688	0.06	7	5.5	4.12	.75	4	64
3	3	8	11.10	17.40	20.86	9.85	0.75	0.06	7.5	6	5	.75	4	70
4	4	9	12	19.52	24.10	11.81	0.94	0.06	9	7.5	6.18	.75	8	113
6	6	10.50	15.86	25.20	31.57	13.78	1.00	0.06	11	9.5	8.5	.87	8	190
8	8	11.50	16.50	30.70	39.30	13.78	1.12	0.06	12.8	11.75	10.65	.87	8	286
10	10	13	18	38	48.35	15.75	1.2	0.06	16	14.25	12.75	1	12	476
12	12	14	19.75	44.65	57	7.72	1.25	0.06	19	17	15	1	12	687
14	13.25	15	22.50	54.50	68.70	9.68	1.38	0.06	21	18.75	16.25	1.12	12	979
16	15.25	16	24	63	79.52	23.62	1.44	0.06	23.5	21.25	18.5	1.12	16	1188
18	17.25	17	26	57.50	85.60	27.56	1.56	0.06	24.5	22.75	21	1.25	16	1540
20	19.25	18	28	77.71	97.95	31.50	1.7	0.06	27.5	25	23	1.25	20	1980
24	23.25	20	32	88.50	113.00	35.43	1.88	0.06	32	30	27.25	1.37	20	2465

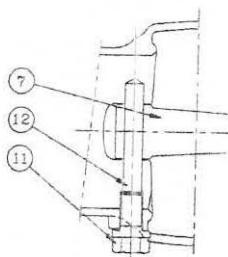
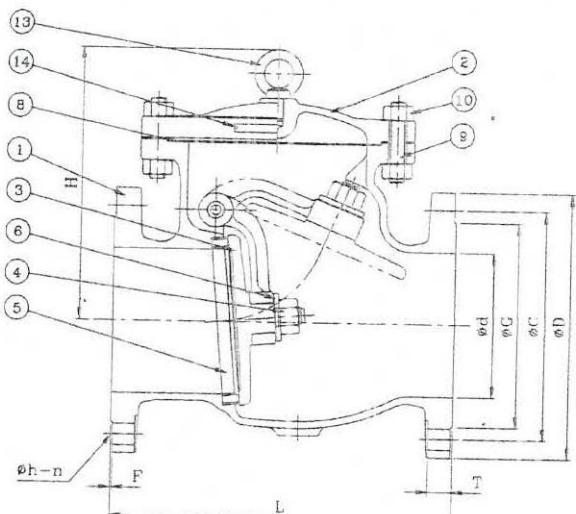
Due to continuous development of our product range we reserve the right to change the dimensions and information contained in the leaflet as required.

# SHARPE VALVES

## SERIES 25 CAST STEEL 150# FLANGED SWING CHECK

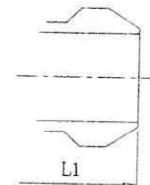
### DESIGN DESCRIPTION:

- BOLTED COVER
- SWING TYPE
- FOR HORIZONTAL OR VERTICAL LINES
- WELDED SEAT
- RENEWABLE SEAT RINGS
- FLANGED ENDS
- BUTTWELDING ENDS



### APPLICABLE STANDARDS:

- STEEL VALVES, ANSI B16.34
- FACE TO FACE, ANSI B16.10
- END FLANGES, ANSI B16.5
- BUTTWELDING ENDS, ANSI B16.25
- INSPECTION AND TEST, API 598



Buttwelding Ends

### PARTS AND MATERIAL (ASTM)

NO.	PARTS NAME	MATERIALS		
		WCB	WC6	LCB
1	Body	A216 - WCB	A217 - WC6	A352 - LCB
2	Cover	A216 - WCB	A217 - WC6	A352 - LCB
3	Disc	A216 - WCB + H/F 410	A217 - WC6 + H/F 410	A352 - LCB + H/F 410
4	Disc Nut		A194 - 8	
5	Seat Ring	A105 + H/F STL#6	A217 - WC6 + H/F STL#6	A350 - LF2 - H/F STL#6
6	Disc Washer		A276 - 304	
7	Swing Arm	A216 - WCB	A217 - WC6	A352 - LCB
8	Gasket		Grafoil + 316 Sheet	
9	Cover Bolt	A193 - B7	193 - B7	A193 - B7M
10	Cover Bolt Nut	A194 - 2H	A194 - 2H	A194 - 2HM
11	Plug		A276 - 410	
12	Hinge Pin		A276 - 410	
13	Eye Bolt		A36 + Zn Plate	
14	Name Plate		A666 - 304	

OTHER MATERIALS ARE AVAILABLE UPON REQUEST.

### TEST PRESSURE TO API 598

PSIG

SHELL TEST (water)	SEAT TEST (water)	SEAT TEST (air)
450	314	80

### DIMENSION TABLE:

Size	Ød	L & L1	H	T	F	ØD	ØC	ØG	Øh	n	WT. (lbs.)
2	2.00	8.00	6.70	0.62	0.06	5.00	4.75	3.62	0.75	4	36
2 1/2	2.50	8.50	7.00	0.69	0.06	7.00	5.50	4.12	0.75	4	55
3	3.00	9.50	7.70	0.75	0.06	7.50	6.00	5.00	0.75	4	64
4	4.00	11.50	8.50	0.94	0.06	9.00	7.50	6.18	0.75	8	91
6	6.00	14.00	10.60	1.00	0.06	11.00	9.50	8.50	0.86	3	168
8	8.00	19.50	12.40	1.12	0.06	13.50	11.75	10.62	0.86	8	277
10	10.00	24.50	14.20	1.20	0.06	16.00	14.25	12.75	1.00	12	445
12	12.00	27.50	15.80	1.25	0.06	19.00	17.00	15.00	1.00	12	674
14	13.25	31.00	18.15	1.38	0.06	21.00	18.75	16.25	1.12	12	925
16	15.25	36.00	19.30	1.44	0.06	23.50	21.25	18.50	1.12	16	1210
18	17.25	38.50	22.00	1.56	0.06	25.00	22.75	21.00	1.25	16	1675
20	19.25	38.50	24.40	1.70	0.06	27.50	24.50	23.00	1.25	20	1805
24	23.25	51.00	27.55	1.88	0.06	32.00	29.50	27.25	1.38	20	2860*

Due to continuous development of our product range we reserve the right to change the dimensions and information contained in the Jelet as required.



**PRESSURE TEMPERATURE RATINGS**  
**ASME / ANSI B16.34 - 1996**

**CLASS 150**

TEMPERATURE °F	Working pressure (psig)					
	WCB(1)	WC6(2)	WC9(2)	LCB(3)	CF8(4)	CF8M(4)
-20 to 100	285	290	290	265	275	275
200	260	250	260	250	230	235
300	230	230	230	230	205	215
400	200	200	200	200	190	195
500	170	170	170	170	170	170
600	140	140	140	140	140	140
650	125	125	125	125	125	125
700	110	110	110	110	110	110
750	95	95	95	95	95	95
800	80	80	80	80	80	80
850	85	65	65	65	65	65
900	50	50	50	50	50	50
950	35	35	35	35	35	35
1000	20	20	20	20	20	20
1050	—	20*	20*	—	20*	20*
1100	—	—	20*	—	20*	20*
1150	—	—	20*	—	20*	20*
1200	—	—	15*	20*	—	20*

**CLASS 300**

TEMPERATURE °F	Working pressure (psig)					
	WCB(1)	WC6(2)	WC9(2)	LCB(3)	CF8(4)	CF8M(4)
-20 to 100	740	750	750	695	720	720
200	675	750	750	655	600	620
300	655	720	730	640	540	560
400	635	695	705	620	495	515
500	600	665	665	585	465	480
600	550	605	605	535	435	450
650	535	590	590	525	430	445
700	535	570	570	520	425	430
750	505	530	530	475	415	425
800	410	510	510	390	405	420
850	270	485	485	270	395	420
900	170	450	450	170	390	415
950	105	320	375	105	380	385
1000	60	215	260	50	320	350
1050	—	145	175	—	305	345
1100	—	—	95	110	—	255
1150	—	—	60	70	—	200
1200	—	—	40	40	—	155

**CLASS 600**

TEMPERATURE °F	Working pressure (psig)					
	WCB(1)	WC6(2)	WC9(2)	LCB(3)	CF8(4)	CF8M(4)
-20 to 100	1480	1500	1500	1390	1440	1440
200	1350	1500	1500	1315	1200	1240
300	1315	1445	1455	1275	1080	1120
400	1270	1385	1410	1235	995	1025
500	1200	1330	1330	1165	930	955
600	1095	1210	1210	1065	875	900
650	1075	1175	1175	1045	860	890
700	1065	1135	1135	1035	850	870
750	1010	1065	1065	945	830	855
800	825	1015	1015	780	805	845
850	535	975	975	535	790	835
900	345	900	900	345	780	830
950	205	640	755	205	765	775
1000	105	430	520	105	640	700
1050	—	290	350	—	615	685
1100	—	190	220	—	515	610
1150	—	125	135	—	400	475
1200	—	75	80	—	310	370

**CLASS 900**

TEMPERATURE °F	Working pressure (psig)					
	WCB(1)	WC6(2)	WC9(2)	LCB(3)	CF8(4)	CF8M(4)
-20 to 100	2220	2250	2250	2085	2160	2160
200	2025	2250	2250	1970	1800	1860
300	1970	2165	2185	1915	1620	1680
400	1900	2080	2115	1850	1490	1540
500	1795	1995	1995	1745	1395	1435
600	1640	1815	1815	1600	1310	1355
650	1610	1765	1765	1570	1290	1330
700	1600	1705	1705	1555	1275	1305
750	1510	1595	1595	1420	1245	1280
800	1235	1525	1525	1175	1210	1265
850	805	1460	1460	805	1190	1255
900	515	1350	1350	515	1165	1245
950	310	955	1130	310	1145	1160
1000	155	650	780	155	965	1050
1050	—	430	525	—	925	1030
1100	—	290	330	—	770	915
1150	—	185	205	—	595	710
1200	—	115	125	—	465	555

**CLASS 1500**

TEMPERATURE °F	Working pressure (psig)					
	WCB(1)	WC6(2)	WC9(2)	LCB(3)	CF8(4)	CF8M(4)
-20 to 100	3705	3750	3750	3470	3600	3600
200	3375	3750	3750	3280	3000	3095
300	3280	3610	3640	3190	2700	2795
400	3170	3465	3530	3085	2485	2570
500	2995	3325	3325	2910	2330	2390
600	2735	3025	3025	2665	2185	2255
650	2685	2940	2940	2615	2150	2220
700	2665	2840	2840	2590	2125	2170
750	2520	2660	2660	2365	2075	2135
800	2060	2540	2540	1955	2015	2110
850	1340	2435	2435	1340	1980	2090
900	860	2245	2245	860	1945	2075
950	515	1595	1885	515	1910	1930
1000	260	1080	1305	260	1605	1750
1050	—	720	875	—	1545	1720
1100	—	480	550	—	1285	1325
1150	—	310	345	—	995	1185
1200	—	190	205	—	770	925

TEMPERATURE °F	Working pressure (psig)					
	WCB(1)	WC6(2)	WC9(2)	LCB(3)	CF8(4)	CF8M(4)
-20 to 100	6170	6250	6250	5785	6000	6000
200	5525	6250	6250	5470	5000	5160
300	5470	6015	6070	5315	4500	4660
400	5280	5775	5880	5145	4140	4280
500	4990	5540	5540	4850	3880	3980
600	4560	5040	5040	4440	3640	3760
650	4475	4905	4905	4355	3580	3700
700	4440	4730	4730	4320	3540	3620
750	4200	4430	4430	3945	3460	3560
800	3430	4230	4230	3260	3360	3520
850	2230	4060	4060	2230	3300	3480
900	1430	3745	3745	1430	3240	3460
950	860	2655	3145	860	3180	3220
1000	430	1800	2170	430	2675	2915
1050	—	1200	1455	—	2570	2865
1100	—	800	915	—	2145	2545
1150	—	515	570	—	1655	1970
1200	—	315	345	—	1285	1545

(1) Not recommended for prolonged use above 800°F. (2) Not to be used over 1000°F. (3) Not to be used over 650°F.

(4) At temperatures over 1000°F, use only when the carbon content is 0.045% or higher; they can be used to 1200-1500°F.

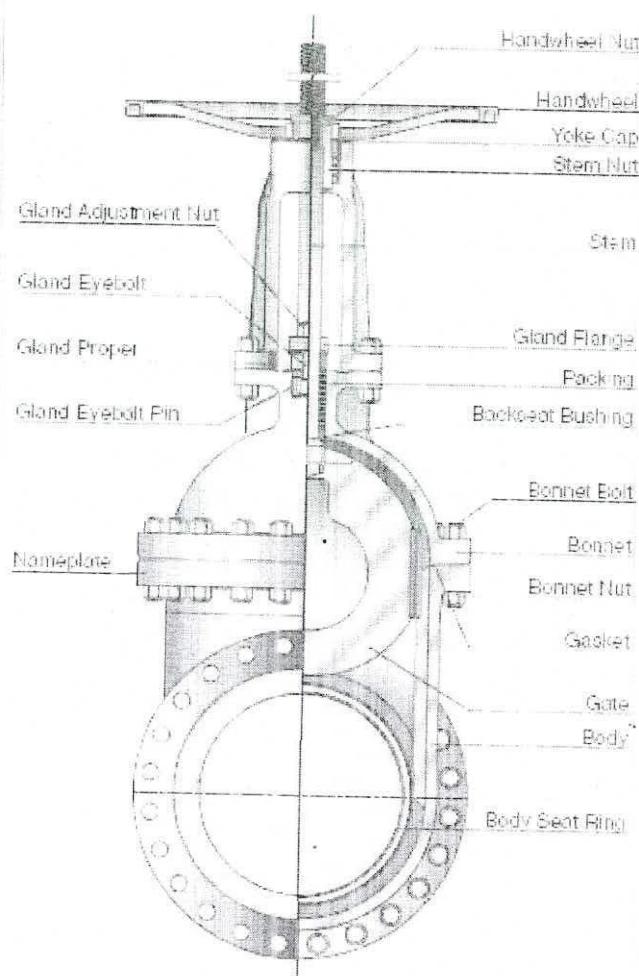
\*For weld end valves only. Flanged end ratings terminate at 1000°F.

NOTE: 1. Packing gasket or bolting may limit temperature. Please advise service temperature if above 1000°F.

2. Rating from ANSI B16.34 standard class valves.

3. Special class weld end valves to B16.34 are available on special order.

# GATE VALVE STANDARD FEATURES



GWC Gate Valves are manufactured to the latest edition of API Standard 600 and tested to API Standard 598.

## APPLICATION & FUNCTION

Gate valves are primarily used for stop valves fully opened or fully closed. They are not normally considered for throttling purposes, but more for slurries, viscous fluids, etc.

Gate Valves are characterized by a traveling wedge, which is moved with the operation of the stem nut. The wedge travels perpendicular to the direction of the flow.

Gate valves usually have a minimum pressure drop when fully open, provide tight shut-off when fully closed, and remain relatively free of contamination build-ups.

## BODY & BONNET

The design of the body and bonnet is calculated to achieve the most regular distribution of stress in all directions, as well as the minimum turbulence and resistance to flow.

Valve bonnets are equipped with a backseat bushing. The yoke is integrally cast on Pressure Classes 150 and 300 up to 12" and up to 10" on Class 600 and higher ratings.

## BODY-BONNET JOINT

Standard body-bonnet joints of gate valves are machine as follows:

### PRESSURE CLASS

150

300, 600

900\* & over

### JOINT DESIGN

Flat Faced

Male-and-Female

Ring Type Joint

\*Pressure Class 600 also available in Ring Type Joint.

GWC can supply any style of gasket required by customer.

## GATE

All gates are fully guided to the seats. As standard on valves are supplied with a solid flexible gate that has a tapered H cross-section. The flexible wedge is cast or machined with a circumferential groove to allow the seating surfaces to move independently and adjust to movement of the body seats. This design is beneficial where line loads or thermal expansion of the system is likely to distort the seat face in the valve. This design of gate is ideally suited for steam or other high temperature services and is especially useful to prevent sticking when valves are closed when hot and opened when cold.

## SEAT RING

Seat rings are designed to greatly reduce and/or prevent any turbulence and avoid damages due to the corrosion. The seat rings are forged or rolled in one piece, and then seat welded and overlaid, if required. After welding and all required heat treating, the seat ring faces are machined thoroughly cleaned and inspected before leaving for assembly.

## STEM

The stem connection to the gate is a T-thread design, which is integral (without welding) with the stem. The stem is

## GATE VALVE STANDARD FEATURES

in the dimensions and finishes assure a long life with a perfect tightness in the packing area, resulting in lower fugitive emissions.

The stem-to-gate connection is designed to prevent the turning or the disengagement of stem from the wedge while the valve is in service.

Through calculations and extreme testing, the strength of the stem-to-gate connection has proven to exceed the strength of the stem at the root of its operating thread.

### STEM PACKING

The stem packing is designed and arranged to ensure a maximum seal along the stem during operation or while at position, thus allowing for a greater reduction in fugitive emissions. Our packings are NON-ASBESTOS types.

GWC can supply any style of packing required by our customer.

### STUFFING BOX

The depth of the stuffing box allows for a sufficient amount of packing, which makes the stem seal. Our standard packing arrangement and stuffing box design meets < 100 ppm fugitive emission requirements.

As specified in the purchase order, lantern rings or sleeve injectors can be furnished.

### PACKING GLAND

The packing gland design is a two-piece self-aligning type. The gland proper has a spherical head that rides within the spherical joint of the gland flange. The gland proper has a shoulder, which restricts the complete entry into the stuffing box bore. This particular design assures a straight compression of the packing as the gland eyebolts are being equally adjusted, without injuring the stem.

### STEM NUT

The stem nut arrangement and design allows for the removal of the handwheel without allowing the stem and gate to drop into the closed position if the handwheel is rotated while the valve is in the open position.

Ball bearings are provided in the stem nut arrangement of Class 150 valves from NPS 14", on Class 300 valves from NPS 12", on Class 600 valves from NPS 6" and on Classes 900-1500 valves from NPS 2".

### HANDWHEELS

Handwheels are designed for easy operation and a comfortable grip. Our valves are also available with gearing, motor actuators or cylinder actuators for the more demanding services.

### BOLTS AND NUTS

For normal service conditions, ASTM A194 Class 2H and ASTM A193 Grade B7 nuts and stud bolts are furnished. If specified for high temperature service conditions, ASTM A194 Class 4 and ASTM A193 Grade B16 nuts and stud bolts are furnished. Standard bolting furnished for our stainless steel valves consists of ASTM A194 Class 8 and ASTM A193 Grade B8 nuts and stud bolts.

GWC can supply any bolting as required by the customer.

### END CONNECTIONS

Our standard production covers valves with

- Flange ends with Raised Face (RF), Flat Face (FF) or Ring Type Joint (RTJ) that conform to ANSI B16.5
- Butt-welding ends (BW) that conform to ANSI B16.25
- All face-to-face end-to-end dimensions conform to ANSI B16.10
- Other special end connections are supplied according to customer's requirements

### ACCESSORIES

Accessories such as gear operators, actuators, bypasses, locking devices, chainwheels, extended stems and bonnets for cryogenic service and many others are available to meet the customers requirements.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

## CAST STEEL GATE VALVES

## STANDARD PARTS AND MATERIALS

NO.	PART NAME	CARBON STEEL		ALLOY STEEL			STAINLESS STEEL
		TYPE WCB	TYPE LCB	TYPE WCB	TYPE WCB	TYPE CS	TYPE C12
1	BODDY	A21WCB	A352LCB	A217WCB	A217WCB	A217CS	A217C12
2	BONNET	A21WCB	A352LCB	A217WCB	A217WCB	A217CS	A217C12
3	GATE	A217 CA15 or WCB4410	A351 CF8M or LCB4410	A217 CA15 M WCB4410	A217 CA15 M WCB4410	A217 CA15 or CS4410	A217 CA15 or C124410
4	SEAT RING	A571-102048TL <sup>1</sup>	A182-316	A182F1-48TL <sup>2</sup>	F22-8TL <sup>2</sup>	F54-8TL <sup>2</sup>	F9-8TL <sup>2</sup>
5	YORKE	A21WCB	LCB WCB	WC6WCB	WC9WCB	CS WCB	C12WCB
6	HANDWHEEL	A197 or WCB	A197 or WCB	A197 or WCB	A197 or WCB	A197 or WCB	A197 or WCB
7	STEM	A479-410	A479-316	A479-410	A479-410	A479-410	A479-316
8	BACKSEAT BEARING	A479-410	A479-316	A479-410	A479-410	A479-410	A479-316
9	GLAND FLANGE	A105	A105	A105	A105	A105	A105
10	STEM NUT	A439-D2	A439-D2	A439-D2	A439-D2	A439-D2	A439-D2
11	GLAND PROPER	C-6 10204Cr Plate	C-6 10204Cr Plate	C-6 10204Cr Plate	C-6 10204Cr Plate	C-6 10204Cr Plate	C-6 10204Cr Plate
12	YORKE CAP	C-61020	C-61020	C-61020	C-61020	C-61020	C-61020
13	BONNET BOLT	A193-B7	A320-LT	A199-B18	A199-B16	A199-B16	A199-B8
14	BONNET NUT	A194-2H	A194-4	A194-4	A194-4	A194-4	A194-8
15	GLAND EYEBOLT	A307-S	A307B	A199-B7	A199-B7	A199-B7	A199-B8
16	GLAND ADJUSTMENT NUT	A307-S	A307B	A194-2H	A194-2H	A194-2H	A194-8
17	HANDWHEEL NUT	A47 Gr 32510	A47 Gr 32510	A47 Gr 32510	A47 Gr 32510	A47 Gr 32510	A47 Gr 32510
18	GLAND EYEBOLT FIN	C-6 1020	C-6 1020	C-6 1020	C-6 1020	C-6 1020	C-6 1020
19	PACKING	See Standard Packing & Gasket Material Chart on Page 24.					
20	GASKET	See Standard Packing & Gasket Material Chart on Page 24.					
21	YORKE BOLT	A193-B7	A193-B7	A193-B7	A193-B7	A193-B7	A193-B8
22	YORKE NUT	A194-2H	A194-2H	A194-2H	A194-2H	A194-2H	A194-8
23	NAMEPLATE	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel

Other materials available on request.

STL = STEEL #5.

## MODEL 1150/1157/1159

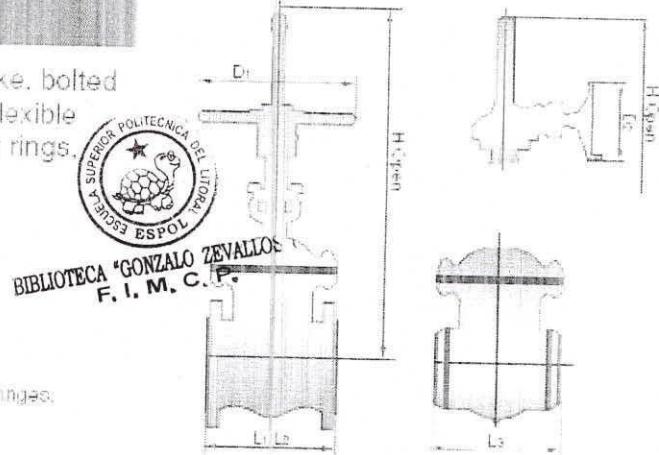
Cast steel gate valve, outside screw and yoke, bolted bonnet, rising stem, non-rising handwheel, flexible wedge, available in welded or threaded seat rings, designed according to API-600.

## Dimensions

Face to Face	ASME/ANSI B16.10
End Flange	ASME/ANSI B16.5 <sup>1</sup>
Buttweld	ASME/ANSI B16.25
Rating	ASME/ANSI Class 150

<sup>1</sup> 26" and larger are available with ASME/ANSI B16.47 end flanges, either Style A or Style B (formerly MSS SP-44 and API 605).

## CLASS 150



Dimensions in inches

Valve Size		1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	30"	36"
Face to Face	L1: RF	6.50	7.00	7.50	8.00	9.00	10.50	11.50	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	20.00	24.00	28.00
	L2: RTJ	7.00	7.50	8.00	8.50	9.50	11.00	12.00	13.50	14.50	15.50	16.50	17.50	18.50	20.50	—	—
	L3: BW	6.50	8.50	9.50	11.13	12.00	15.88	16.50	18.00	19.75	22.50	24.00	26.00	28.00	32.00	36.00	40.00
Valve Open Height (H)	12.76	14.45	15.63	18.03	22.05	30.04	37.80	45.91	50.90	59.65	71.80	74.80	83.50	98.50	125.00	140.20	
Handwheel Diameter (D1)	7.09	7.87	7.87	8.82	9.84	12.40	13.98	15.75	17.72	19.69	22.05	24.80	27.95	31.50	35.43	40.00	
Handwheel Diameter (D2)	—	—	—	—	—	12.40	12.40	13.98	15.75	15.75	15.75	17.72	17.72	19.69	22.95	24.00	
Weight (lbs.)	RF	36	41	58*	73	105	192	284	397	618	904	1279	1488	1956	3042	4330	
	BW	36	47	61	80	166	242	327	513	774	1126	1296	1682	2702	3444	4375	

# PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS - Steel, Nickel & Other Alloys

BACK TO  
TABLE OF CONTENTS

## COLUM WORKING PRESSURE (PSI)

Class	Temp. °F	COLUM WORKING PRESSURE (PSI)											
		A216 WCB	A217 C5	A217 C12	A217 WC6	A217 WC9	A351 CF8	A351 CF8M	A351 CF3	A351 CF8M	A352 CF7M	A352 LCB	A352 LC3
150	-20 to 100	295	290	290	290	290	275	275	275	275	290	265	290
	200	260	260	260	260	260	235	240	235	240	215	250	260
	300	230	230	230	230	230	205	215	205	215	200	230	230
	400	200	200	200	200	200	180	195	180	195	170	200	200
	500	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
	600	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	650	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
	700	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
	750	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
	800	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	850	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
	900	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	950	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	1000	20 <sup>a</sup>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	1050	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
	1100	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
	1150	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
	1200	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
	1250						20 <sup>a</sup>						
	1300							20 <sup>a</sup>					
	1350								20 <sup>a</sup>				
	1400									20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
	1450										15 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>
	1500											10 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
200	-20 to 100	740	750	760	760	750	720	720	720	720	600	695	750
	200	675	750	750	710	710	600	620	600	620	555	655	750
	300	655	730	730	675	675	530	560	530	560	525	640	730
	400	635	705	705	660	660	470	515	470	515	515	620	705
	500	600	665	665	640	640	435	480	435	480	490	585	665
	600	550	605	605	605	605	415	450	415	450	450	535	605
	650	535	580	580	590	590	410	445	410	445	445	525	590
	700	535	570	570	570	570	405	430	405	430	430	430	430
	750	505	530	530	530	530	400	425	400	425	425	425	425
	800	410	500	510	510	510	395	415	395	415	415	415	415
	850	270 <sup>a</sup>	440	485	485	485	390	405	390	405	405	405	405
	900	170 <sup>a</sup>	356	450	450	450	385	395	385	395	395	395	395
	950	105 <sup>a</sup>	260	370	380	380	375	385	375	385	385	385	385
	1000	50 <sup>a</sup>	190	290	225	270	325	368					
	1050		140	190	140	200	310	360					
	1100		105	115	95	115	260	325					
	1150		70	75			195	275					
	1200		45	60			155	205					
	1250						110	180					
	1300							85	140				
	1350							60	105				
	1400							60	75				
	1450							95	60				
	1500							25	40				
300	-20 to 100	1430	1500	1000	1500	1500	1440	1440	1440	1440	1200	1390	1500
	200	1350	1500	1000	1425	1480	1200	1240	1200	1240	1115	1315	1500
	300	1315	1455	970	1345	1355	1055	1120	1055	1120	1045	1275	1485
	400	1270	1410	940	1315	1295	940	1030	940	1030	1035	1235	1410
	500	1200	1330	885	1285	1280	875	955	875	955	1165	1320	
	600	1095	1210	805	1210	1210	830	905	830	905	1065	1210	
	650	1075	1175	765	1175	1175	815	890	815	890	800	1045	1175
	700	1065	1135	755	1135	1135	805	865	805	865	865	1045	1140
	750	1010	1065	710	1055	1055	795	945	795	945	845		
	800	825	995	675	1015	1015	790	830	790	830	830		
	850	535 <sup>a</sup>	880	650	975	975	780	810	780	810			
	900	345 <sup>a</sup>	705	600	900	900	770	790	770	790			
	950	205 <sup>a</sup>	520	495	755	755	750	775	750	775			
	1000	105 <sup>a</sup>	385	390	445	585	645	725					
	1050		260	250	275	400	620	720					
	1100		205	150	190	225	515	645					
	1150		140	100			390	550					
	1200		90	70			310	410					
	1250						220	365					
	1300						185	275					
	1350						125	205					
	1400						95	150					
	1450						70	115					
	1500						50	65					

BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.



A - Permissible, but not recommended for prolonged usage above about 800° F.  
B - For welding end valves only, danger end ratings terminate at 1000° F.

## CAST STEEL SWING CHECK VALVES

## STANDARD PARTS AND MATERIALS

NO.	PART NAME	CARBON STEEL		ALLOY STEEL				STAINLESS STEEL
		TYPE WCB	TYPE LCB	TYPE WCB	TYPE WCB	TYPE CS	TYPE C12	
1	BODY <sup>1</sup>	A216-WCB	A352-LCB	A217-WCB	A217-WCB	A217-CS	A217-C12	A351-CF6M
2	COVER <sup>1</sup>	A216-WCB	A352-LCB	A217-WCB	A217-WCB	A217-CS	A217-C12	A351-CF6M
3	DISC <sup>1</sup>	A217-CA15 or WCB+410	A351-CF8M or LCB+316	A217-CA15 or WCB+410	A217-CA15 or WCB+410	A217-CA15 or CS410	A217-CA15 or C124410	A351-CF6M
4	SEAT RING <sup>1</sup>	A105	A182-F316	A182F11+STL <sup>2</sup>	F22+STL <sup>2</sup>	F5a+STL <sup>2</sup>	F94+STL <sup>2</sup>	A479-316
5	HINGE ARM <sup>1</sup>	A216-WCB	A352-LCB	A217-WCB	A217-WCB	A217-CS	A217-C12	A351-CF6M
6	DISC NUT	A194 Gr.8	A194 Gr.8	A194 Gr.8	A194 Gr.8	A194 Gr.8	A194 Gr.8	A194 Gr.8
7	WASHER	A240-304	A240-316	A240-304	A240-304	A240-304	A240-304	A240-316
8	SPLIT PIN	A560-304	A560-316	A560-304	A560-304	A560-304	A560-304	A560-316
9	COVER BOLT	A193-B7	A320-L7	A193-B16	A193-B16	A193-B16	A193-B16	A193-B8
10	COVER NUT	A194-BH	A194-4	A194-4	A194-4	A194-4	A194-4	A194-8
11	HINGE PIN	A479-410	A479-410	A479-410	A479-410	A479-410	A479-410	A479-316
12	FLANGED PLUG	A479-410	A479-304	A479-304	A479-304	A479-304	A479-304	A479-316
13	GASKET <sup>1</sup>	See Standard Packing & Gasket Material Chart on Page 24.						
14	PLUG GASKET	Soft Steel	Soft Steel	Soft Steel	Soft Steel	Soft Steel	Soft Steel	Stainless Steel
15	NAMEPLATE	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel

Other materials available on request.  
1 CTL = Steel #46.



BIBLIOTECA "GONZALO ADVALLOS"  
F. I. M. C. P.

## MODEL 3150/3157/3159

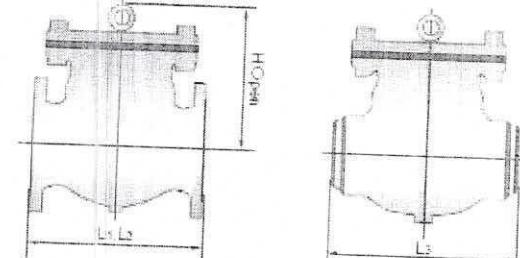
Cast steel swing check valve, horizontal or vertical lines, bolted cover, available in welded or threaded seat rings, designed according to API-600.

## Dimensions

Face to Face	ASME/ANSI B16.10
End Flange	ASME/ANSI B16.5
Buttweld	ASME/ANSI B16.25
Rating	ASME/ANSI Class 150

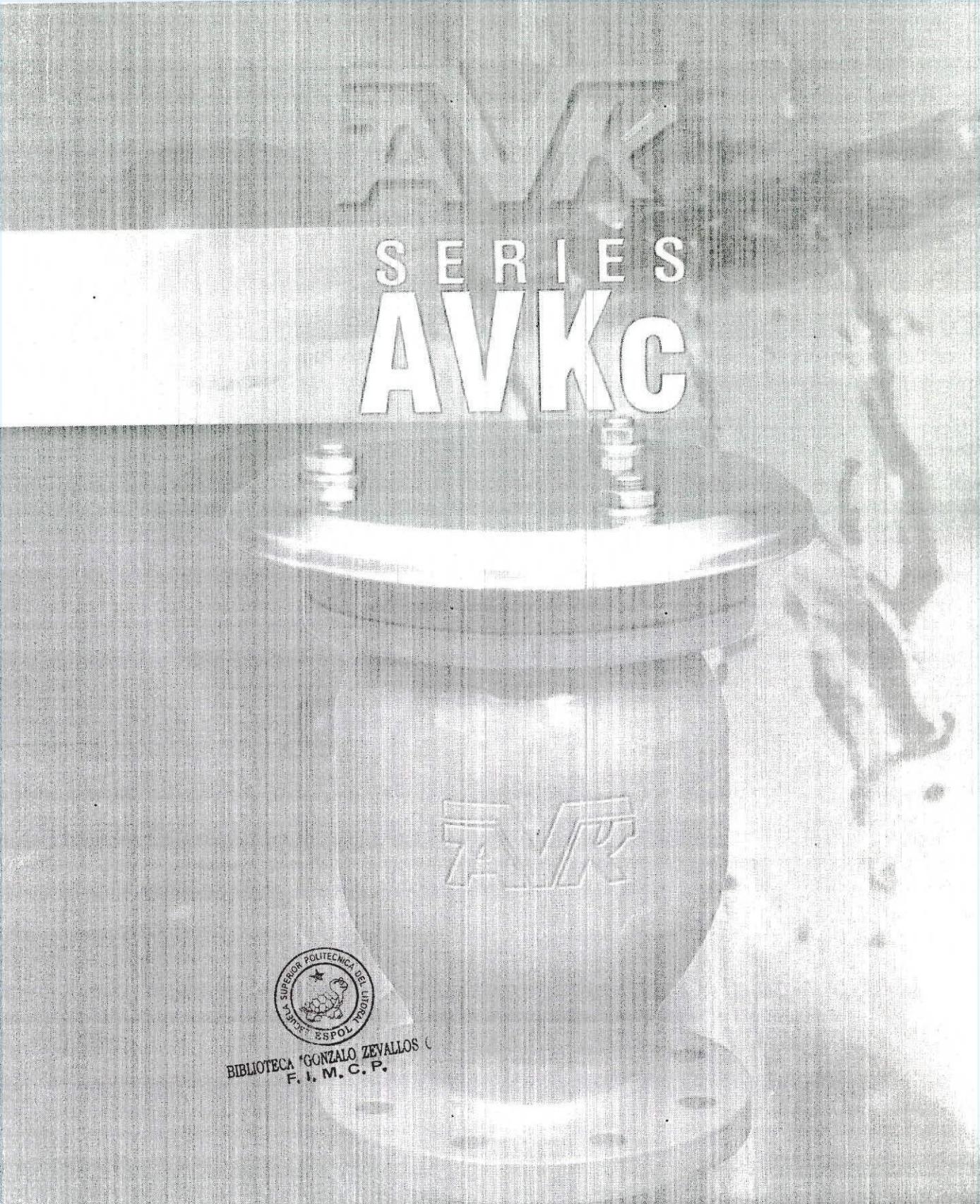
26" and larger are available with ASME/ANSI B16.47 end flanges, either Style A or Style B (formerly MSS SP-44 and PI 605).

## CLASS 150



Dimensions in inches

Valve Size	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	30"	36"
Face to Face	L1: RF	6.50	8.00	8.50	9.50	11.50	14.00	19.50	24.50	27.50	31.00	34.00	38.50	38.50	51.00	60.00
	L2: RTJ	7.00	8.50	9.00	10.00	12.00	14.50	20.00	25.00	28.00	31.50	34.50	39.00	39.00	51.50	60.50
	L3: BW	6.50	8.00	8.50	9.50	11.50	14.00	19.50	24.50	27.50	31.00	34.00	38.50	38.50	51.00	60.00
Valve Open Height (H)		5.11	6.30	6.70	7.49	8.87	10.18	12.60	13.72	14.96	15.79	18.11	19.88	22.20	26.89	30.00
	Weight (lbs.)	RF	38	48	58	110	203	231	430	628	926	1,102	1,441	1,720	3,295	5,077
	BW	26	31	36	56	95	183	265	264	572	804	980	1,160	1,495	2,945	4,315



# SERIES **AVKc**



BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS'  
F. I. M. C. P.

**"Anti-Golpe"**

**Válvula de Admisión y Expulsión de Aire**

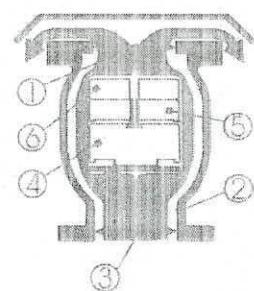
Expulsión efectiva de aire, protección contra presiones de vacío y alivio de sobrepresiones

# Serie AVKc

## OPERACION

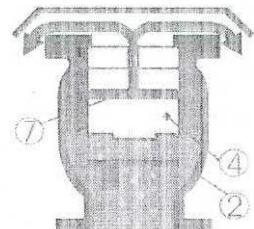
### 1.) VENTEO EN EL LLENADO DE LA LINEA

#### (VELOCIDAD SUB CRITICA DE APROXIMACION DEL FLUIDO)



El aire entra por el orificio (3), viaja a través del espacio anular entre los flotadores cilíndricos (4), (5), (6) y la cámara de la válvula (2) y descarga por el Orificio Grande (1) a la atmósfera.

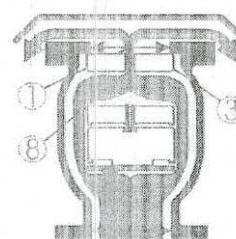
### 3.) LIBERACION DE AIRE PRESURIZADO BAJO TUBO LLENO



Posterior al llenado, el líquido entra a la cámara de la válvula (2), pequeños paquetes de aire entran a través del líquido y se acumulan en la cámara de la válvula, eventualmente desplazando al líquido. El flotador (4) bajará por gravedad y por consecuencia se abrirá el orificio pequeño (7), permitiéndose así la liberación del aire acumulado.

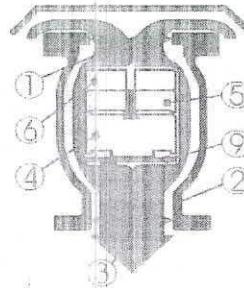
### 2.) VENTEO EN EL LLENADO DE UNA LINEA

#### (VELOCIDAD CRITICA DE APROXIMACION DEL FLUIDO)



En reacción al incremento en el flujo de aire, el flotador (6) cierra el Orificio Grande (1) y el aire es forzado a pasar por el orificio Anti-Golpe (8) resultando en una desaceleración de la velocidad de aproximación del agua debido a la resistencia ejercida por la elevación de la presión del aire dentro de la válvula.

### 4.) ADMISION DE AIRE (ROMPER VACIO) EN DRENADO DE LA LINEA



Simultáneamente al drenado del líquido de la cámara de la válvula (2), los flotadores (4), (5) y (6) bajan hasta el plato deflecto (9), permitiendo el rápido acceso de aire de la atmósfera para desplazar el líquido drenado de la tubería y prevenir la creación de presiones negativas internas potencialmente dañinas.

## BENEFICIOS Y CARACTERISTICAS TECNICAS

El rango de las válvulas Serie AVKc representa el pináculo de la evolución en el diseño de las válvulas de admisión y expulsión de aire. El diseño provee la mas amplia, efectiva y eficiente protección de la tubería, relativo al costo inicial de cualquier otro componente disponible de la linea. Las características y beneficios incluidos son:

### Protección Automática Contra Sobre Presiones

La válvula Serie AVKc incorpora de manera estándar dos características de diseño que automáticamente protegen a la tubería bajo cualquier condición de operación, de las destructivas sobre presiones y el fenómeno de golpe de ariete.

### Eliminación Efectiva de Aire

El diseño de AVKc asegura un efectiva liberación de aire en cualquier circunstancia de operación de la tubería, a través cualquiera de los tres orificios de venteo.

### Protección contra presión de vacío

La válvula AVKc tiene un orificio de diámetro grande, de igual tamaño al diámetro nominal de la válvula, asegurando la menor resistencia posible al acceso del aire. El uso de flotadores cilindros sólidos asegura una reacción instantánea y desmotiva el efecto Vénturi, lo que garantiza una protección efectiva contra vacío.

### Diseño compacto

La válvula Serie AVKc realiza cuatro funciones de manera estándar en una cámara de diseño sencillo y compacta, la cual es  $\frac{1}{3}$  del tamaño de las válvulas convencionales.



# Serie AVKc

## DIMENSIONAMIENTO Y LOCALIZACION DE VALVULAS DE AIRE

### DIMENSIONAMIENTO DE VALVULAS DE AIRE

Las válvulas de aire son primero y sobre todo dimensionadas para la condición de presiones negativas (drenados) que puedan resultar en los desfogues de la linea, ruptura de la tubería o en paros instantáneos del bombeo que cause separación de columna.

El objetivo de dimensionar una válvula para condiciones de vacío es el determinar la válvula más pequeña posible capaz de expulsar aire y romper el vacío admitiendo aire dentro de la tubería mientras no exceda una presión diferencial que pueda poner en riesgo la integridad de la tubería y los empaques de las juntas debido a presiones internas negativas.

Una buena práctica de diseño de tubería dicta que las siguientes presiones negativas no sean excedidas en tuberías de distintos materiales para asegurar que no ocurra una falla en los empaques de la junta o colapso en la tubería.

Material Tubería	Diferencial Negativo Recomendable	Material Tubería	Diferencial Negativo Recomendable
Acero	5.08 psi; 0.36 kg/cm <sup>2</sup>	PVC	2.18 - 2.9 psi; 0.15 - 0.20 kg/cm <sup>2</sup>
Hierro Dúctil	5.08 psi; 0.36 kg/cm <sup>2</sup>	HDPE	2.18 - 2.9 psi; 0.15 - 0.20 kg/cm <sup>2</sup>
Fibro Cemento	5.08 psi; 0.36 kg/cm <sup>2</sup>	Concreto	5.08 psi; 0.36 kg/cm <sup>2</sup>
GRP*	5.08 psi; 0.36 kg/cm <sup>2</sup>		

\*Glass Reinforced Plastic/Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio

Las válvulas son generalmente dimensionadas para velocidades de drenado o rupturas parciales con el fin de economizar en el tamaño de las válvulas seleccionadas. Los siguientes rangos de ruptura (como un porcentaje de área de tubería) son generalmente utilizados.

#### Rango de Ruptura de los Materiales de la Tubería para Basarse en la Dimensión de la Válvula

Acero	10 - 15 %	Hierro Dúctil	10 - 15 %
GRP**	10 - 15 %	PVC	10 - 15 %
Fibro Cemento*	50 - 100 %	PEAD	50 - 100 %

Drenados generalmente son de 11 a 12 % del área de la tubería.

#### Dimensionamiento de Válvulas de Aire para Expulsión de Aire (Condiciones de Llenado Inicial) y/o Drenados

El exclusivo diseño de tres orificios de la válvula AVKc asegura una eficiente y efectiva eliminación de aire sin importar la velocidad del llenado inicial. Esto implica que dimensionar para expulsión de aire es solo necesario en tuberías que se encuentran relativamente planas y que no presentan picos en su perfil. La siguiente tabla muestra una guía rápida. Determine el gasto en la línea debido a drenados (Vacío) o llenado inicial y seleccione la válvula adecuada de la tabla.

Flujo en la Tubería	Diámetro nominal del Tubo (mm)	Diámetro de Válvula(mm)	Flujo en la Tubería	Diámetro nominal del Tubo (mm)	Diámetro de Válvula(mm)
Velocidad	Gasto		Velocidad	Gasto	
1 m/seg	2-135 lps	50 - 400	50	2 m/seg	4-135 lps
1 m/seg	136-340 lps	450 - 650	80	2 m/seg	136-340 lps
1 m/seg	341-515 lps	700 - 800	100	2 m/seg	341-515 lps
1 m/seg	516-1155 lps	900 - 1200	150	2 m/seg	516-1155 lps
1 m/seg	1156-2065 lps	1300 - 1600	200	2 m/seg	1155-2063 lps

### COLOCACION DE VALVULAS

#### 1. EN PUNTOS ALTOS (relativos al gradiente hidráulico)

2. 5 METROS POR DEBAJO DE PUNTOS ALTOS FORMADOS POR LA INTERSECCION DE LA LINEA Y EL GRADIENTE HIDRAULICO - ej. cuando el tubo hace sifón por encima del gradiente, una válvula colcada en el punto alto rompería con el sifón. Si se requiere colocar una válvula en el punto mas alto, una Válvula AVKc modificada se puede suministrar.

3. QUIBRES NEGATIVOS (incremento en una pendiente descendente o decremento en una pendiente ascendente)

4. TRAMOS HORIZONTALES LARGOS - cada 600 mts (1/3 de milla) máximo

5. TRAMOS ASCENDENTES LARGOS - cada 600 mts (1/3 de milla) máximo

6. TRAMOS DESCENDENTES LARGOS - cada 600 mts (1/3 de milla) máximo

7. DESFOGUES EN BOMBEOS (no se muestra en diagrama) - solo posterior a la válvula check

8. PUNTOS CIEGOS (no mostrado en el diagrama)-donde una tubería remata en una tapa ciega o una válvula

} De manera Alternativa: 1 metro por cada mm de diámetro de la tubería. ej. espaciar cada válvula a cada 600 metros para una tubería de 600 mm o cada 800 metros para tubería de 800 mm de diámetro. Esto solo aplica a diámetros mayores a 500 mm.



# DESCRIPCION DE COMPONENTES Y ESPECIFICACION DE MATERIALES

## BRIDADAS - DIAMETRO NOMINAL 50 mm (2") A 200mm (8")

**Tipo:**

Serie AVKc – Doble Orificio (Orificio Pequeño y Grande) Bridada con Mecanismo de Orificio Anti-Golpe

**Diámetro****Nominal (DN):**

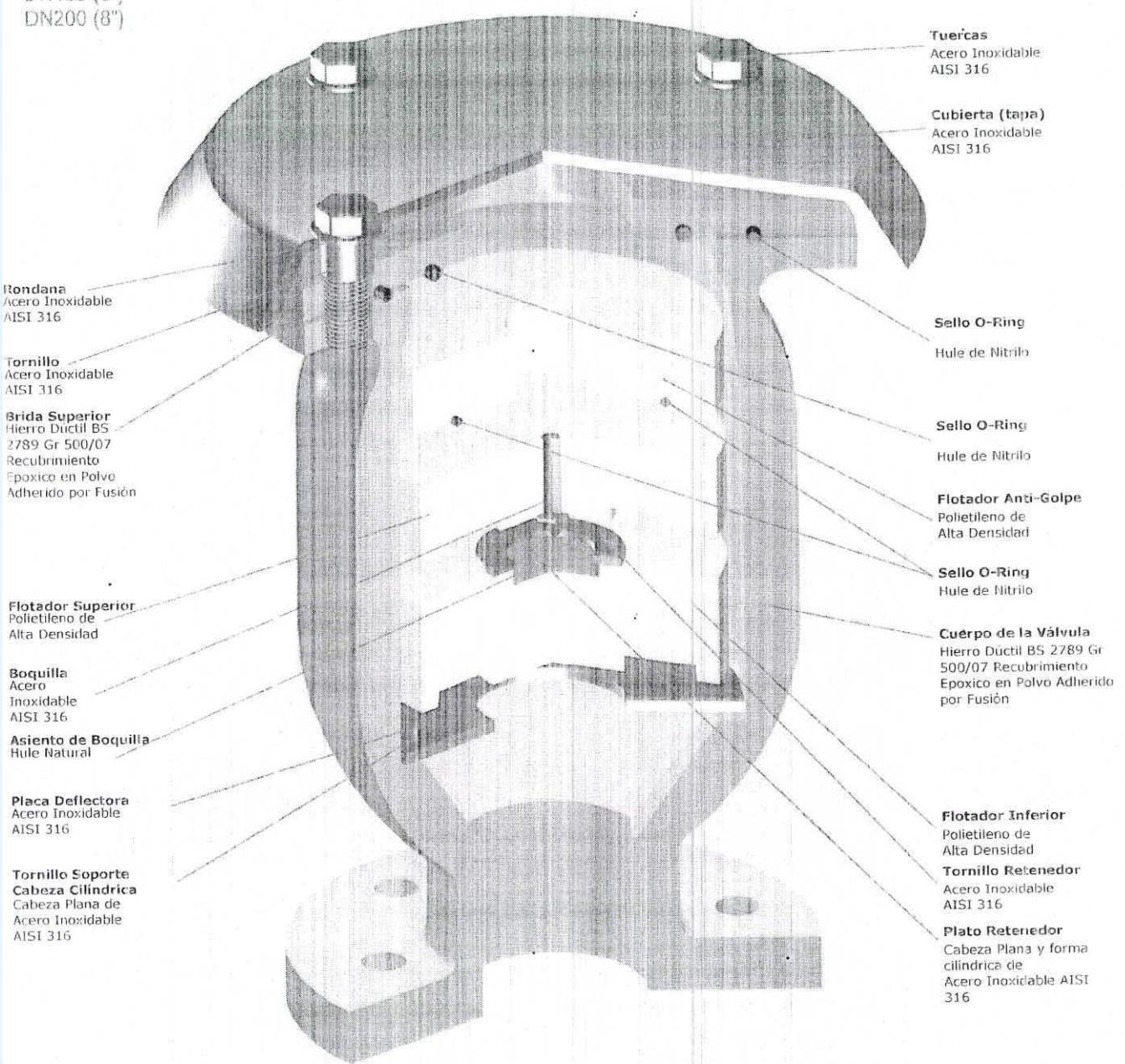
DN50 (2")  
DN60 (3")  
DN100 (4")  
DN150 (6")  
DN200 (8")

**Modelos:**

AVKc 1601 & 1631  
AVKc 2501 & 2531

**Presión Nominal:**

PN16 (232 psi) ANSI #125 (16.3 kg/cm<sup>2</sup>)  
PN25 (363 psi) ANSI #250 (25.5 kg/cm<sup>2</sup>)



NOTA: VALVULAS DE DIAMETRO NOMINAL DE 50 mm SON SUMINISTRADAS CON ROSCA HEMBRA BSP/NPT COMO ESTANDAR

INFORMACION SUJETA A MODIFICACION SIN PREVIA NOTIFICACION



## SERIE AVKc

### PROTECCION CONTRA SOBREPRESIONES Y GOLPE DE ARIETE

#### Introducción

Las válvulas AVK Serie AVKc "Anti- Golpe", para expulsión de aire y romper el vacío, son el producto de extensiva investigación para desarrollar una eficiente y económica solución a los problemas de sobre presiones (ambos, oscilación de masa líquida y en el fenómeno transitorio elástico) asociados con cualquier operación de línea de conducción a presión. El amortiguamiento automático relevante a las necesidades de la tubería es provisto por una de las dos características de diseño. Estas características especiales son únicas en un componente de líneas de conducción de tal diseño compacto y económico.

#### Protección contra Sobre Presión en el Llenado Inicial

La válvula AVKc incorpora el flotador adicional con orificio "Anti- Golpe" el cual es aerodinámicamente diseñado para regular la descarga de aire cuando la velocidad de aproximación del líquido pudiera de otra manera llegar a ser demasiado grande y llegar a inducir un incremento de presión inaceptable. La acción de regulación del aire incrementa la resistencia al flujo de agua que se aproxima y que por consiguiente desacelera a una velocidad que reduce el incremento de presión cuando la válvula se cierra (vea la operación de la válvula). La válvula AVK Serie AVKc es una precaución esencial durante el cebado de la línea.

#### Protección Contra Sobre Presión en el Paro Súbito del Bombeo

En los casos donde la tubería experimenta separación de la columna de agua debido a paros del bombeo, se pueden presentar sobre presiones altas cuando dichas columnas regresan y se juntan.

La válvula AVK Serie AVKc introduce aire a través del orificio grande inobstruido en la zona donde se genera la separación de columna de agua, pero controla la expulsión del aire con la ayuda del orificio "Anti- Golpe" conforme las dos columnas separadas empiezan a reunirse. El impacto generado por la velocidad de unión de las columnas es por lo tanto reducido considerablemente para aliviar el Golpe de Ariete en el sistema. (ver operación de válvulas)

Otras medidas de control de sobre presiones podrán dependiendo del perfil de la tubería, diámetro y condiciones de operación ser necesarias para proveer una forma primaria de protección contra golpe de ariete, formando con las válvulas de aire AVK una adición valiosa e integral en una estrategia combinada para reducir aún más las sobre presiones. El beneficio del Orificio "Anti- Golpe" puede ser rápidamente demostrado por un programa modelador de sobre presiones.

#### Protección contra sobre presiones - Etapa de Operación de la Línea

La operación de válvulas y dispositivos similares de control de flujos pueden causar altas presiones transitorias en la operación de una línea de conducción.

El diseño único de cámara sencilla de las válvulas AVKc permite que los paquetes de aire queden atrapados en la cámara de la válvula. La operación automática del flotador de control de orificio pequeño regula el volumen del aire atrapado.

El volumen de aire que se mantiene en la válvula proveerá un colchón que beneficiará a la tubería en los transitorios cortos donde se presenten sobre presiones. Este efecto puede ser modelado por el proyectista utilizando un programa de computo adecuado.

#### Modelado por computadora

La efectividad de la válvula AVKc ha sido sustentada con la colaboración de pruebas independientes realizadas por terceros. Efectiva modelación por computadora, que se basa en la realización de pruebas prácticas, han sido aseguradas en el ya bien conocido y respetado programa comercialmente disponible para análisis por computadora SURGE 5.3. Resultados precisos son también obtenidos por otros programas comerciales, como el FLOWMASTER y FIDAMASAM.



#### Sobre presiones totales y protección contra golpe de ariete.

Las válvulas AVKc forman una parte integral de una buena planeación estratégica de protección contra el golpe de ariete, según las necesidades de aplicación y restricciones económicas presentes; incluyendo controladores de golpe de ariete, válvulas check, válvulas de control y/o cualquier otro requerimiento de equipos que impide comportamientos de sobre presiones inaceptables.

#### Beneficio Técnico Económico

Las válvulas AVKc ofrecen una definitiva ventaja técnico-económica cuando son parte integral en una estrategia de protección contra sobre presiones:

1. Reducciones potenciales en el tamaño y/o cantidad de dispositivos convencionales como tanques arrestadores de golpe de ariete, etc.
2. Protección automática durante el llenado inicial de la línea, cuando la mayoría de los dispositivos reductores de sobre presiones no se encuentran operando.
3. Protección en su totalidad ya que cada válvula de admisión y expulsión y expulsora de aire instalada tiene características de diseño que automáticamente disminuye las sobre presiones.
4. La válvula prácticamente no requiere mantenimiento.



# Serie AVKc

## ESPECIFICACIONES GENERALES

BRIDADA - DIAMETRO NOMINAL 50mm (2") A 200mm (8")

### Tipo:

Doble Orificio (Orificio Grande y Pequeño) con Mecanismo de Orificio Anti-Golpe

### Conección:

Roscada BSP/NPT Hembra (DN 50 mm únicamente)  
BS 4504 PN 16 & PN 25,  
ANSI B16.1 Class 125 & 250

### Diámetro Nominal:

DN50 mm (2") A DN200 mm (8")

### Modelos:

AVKc 1601 & 1631	16 bar (232 psi) ANSI # 125
AVKc 2501 & 2531	25 bar (363 psi) ANSI # 250

### Presiones de Operación

	bar (psi):	Min	Max.
16 bar (232 psi) ANSI #125	0.5 (7.2)	16 (232)	
25 bar (363 psi) ANSI #250	0.5 (7.2)	25 (363)	

### Rango de Temperaturas de Operación:

0° C (35° F) a 85° C (185° F)

### Aplicación:

Aqua Potable o Agua Cruda.

### Funciones:

- Expulsión de grandes Volumenes de Aire - Llenado de la Línea
- Admisión de grandes Volumenes de Aire - Drenado de la Línea
- Eliminación de Aire Presurizado - Tubo Lleno
- Amortiguador de sobrepresiones - Alta velocidad de expulsión de aire, separación de columna de agua y oscilación del fluido

### Pruebas Estándares en Fábrica:

- Prueba Hidrostática - 1.5 veces su Presión Nominal
- Prueba a baja presión - 0.5 bar (7.2psi)
- Prueba de Funcionamiento del Orificio pequeño en condiciones de presión Nominal (mínimo 1 por cada 10 válvulas)

## PESOS Y DIMENSIONES

DIÁMETRO NOM.	No. DE MODELO	PRESTACION NOMINAL	A	B	C	D	PESO						
mm	pul		mm	pul	mm	pul	Kg	lb					
50	2	050 AVKc 1601 y 1631	PN16bar (232psi) ANSI B16.1 125	200	7 5/8	277	10 29/32	18	4 1/64	20	25/32	12	26.4
50	2	050 AVKc 2501 y 2531	PN25bar (363psi) ANSI B16.1 - 250	200	7 5/8	277	10 29/32	18	4 5/64	20	25/32	12	26.4
80	3	080 AVKc 1601 y 1631	PN16bar (232psi) ANSI B16.1 125	280	11 5/8	348	13 3/4	20	2 5/32	24	1 15/32	22	48.4
80	3	080 AVKc 2501 y 2531	PN25bar (363psi) ANSI B16.1 - 250	280	11 5/8	348	13 3/4	20	2 5/32	24	1 15/32	22	48.4
100	4	100 AVKc 1601 y 1631	PN16bar (232psi) ANSI B16.1 125	280	11 5/8	466	18 1/4	20	2 5/32	24	1 15/32	22	48.4
100	4	100 AVKc 2501 y 2531	PN25bar (363psi) ANSI B16.1 - 250	280	11 5/8	466	18 1/4	20	2 5/32	24	1 15/32	22	48.4
150	6	150 AVKc 1601 y 1631	PN16bar (232psi) ANSI B16.1 125	430	19 5/8	330	12 13/16	22	7/8	22	7/8	55	121
150	6	150 AVKc 2501 y 2531	PN25bar (363psi) ANSI B16.1 - 250	430	19 5/8	330	12 13/16	26	1 1/32	26	1 1/32	55	121
200	8	200 AVKc 1601 y 1631	PN16bar (232psi) ANSI B16.1 125	480	18 3/4	380	14 5/16	26	1 1/32	22	7/8	58	127.6
200	8	200 AVKc 2501 y 2531	PN25bar (363psi) ANSI B16.1 - 250	480	18 3/4	380	14 5/16	28	1 1/10	26	1 1/32	58	127.6

NOTA: VALVULAS DE DIAMETRO NOMINAL DE 50 mm SON SUMINISTRADAS CON ROSCA HEMBRA BSP/NPT COMO ESTANDAR

INFORMACION SUJETA A MODIFICACION SIN PREVIA NOTIFICACION

# VÁLVULAS DE ADMISIÓN, EXPULSIÓN Y ELIMINACIÓN DE AIRE COMBINADAS

## DIMENSIONES Y PESOS

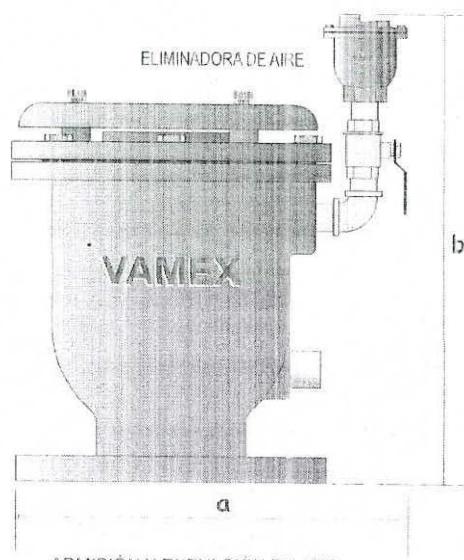


TABLA DE PESOS Y MEDIDAS VÁLVULAS DE ADMISIÓN, EXPULSIÓN Y ELIMINACIÓN DE AIRE COMBINADAS

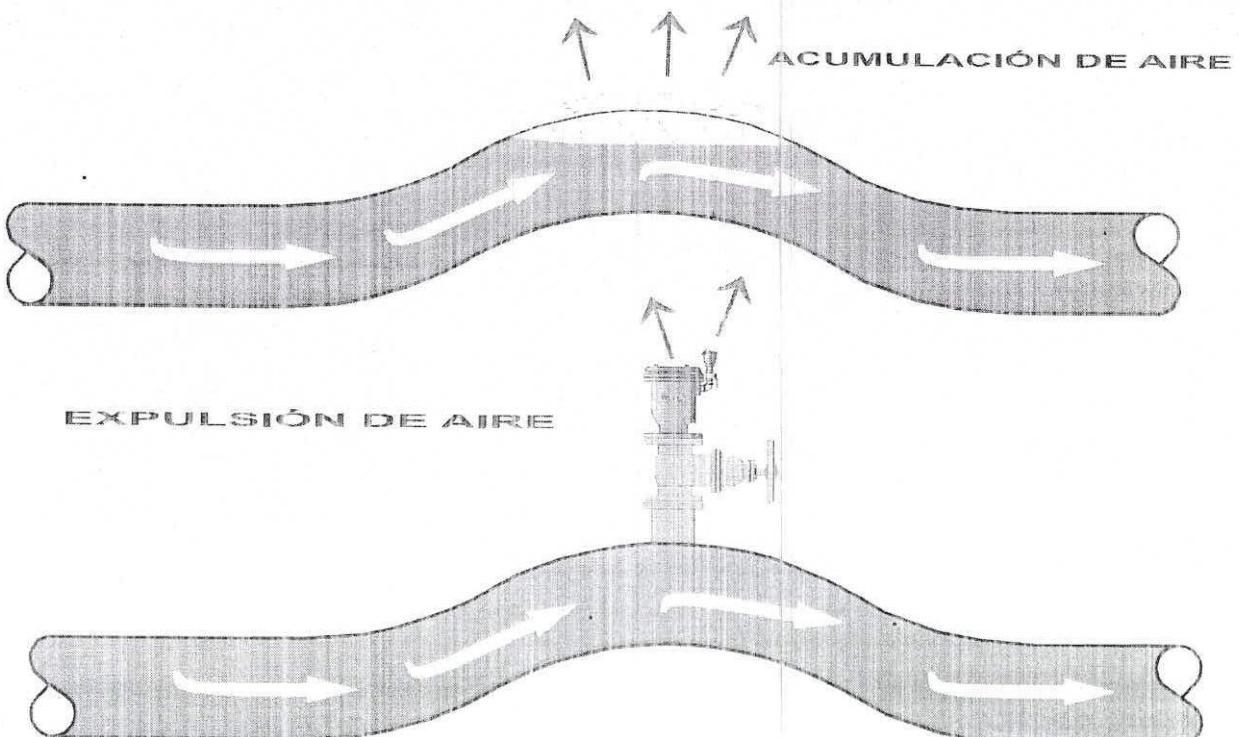
modelo	a	b	pesos aproximados
A1/E10	1"	9 1/2"	5.5 Kg
A2/E10	2"	10 3/4"	9 Kg
A3/E10	3"	12 1/2"	18.5 Kg
A4/E10 (125 lbs)	4"	14"	26Kg
A4/E10 (250 lbs)	4"	14"	28.5Kg
A6/E10 (125 lbs)	5"	18 1/4"	60Kg
A6/E10 (250 lbs)	5"	18 1/4"	67.5 Kg
A8/E10 (125 lbs)	3"	21 3/8"	92.5 Kg
A8/E10 (250 lbs)	3"	21 3/8"	106.6 Kg
A10/E20 (125 lbs)	10"	25"	125 Kg
A10/E20 (250 lbs)	10"	25"	146 Kg
A12/E20 (125 lbs)	12"	28 1/4"	194 Kg
A12/E20 (250 lbs)	12"	28 1/4"	220 Kg
A14/E20 (125 lbs)	14"	31"	231 Kg
A14/E20 (250 lbs)	14"	31"	268 Kg
A16/E20 (125 lbs)	16"	35"	355 Kg
A16/E20 (250 lbs)	16"	35"	411 Kg



ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE

Vamex-jrpp

## PROBLEMATICA EN LA LÍNEA POR ACUMULACIÓN DE AIRE



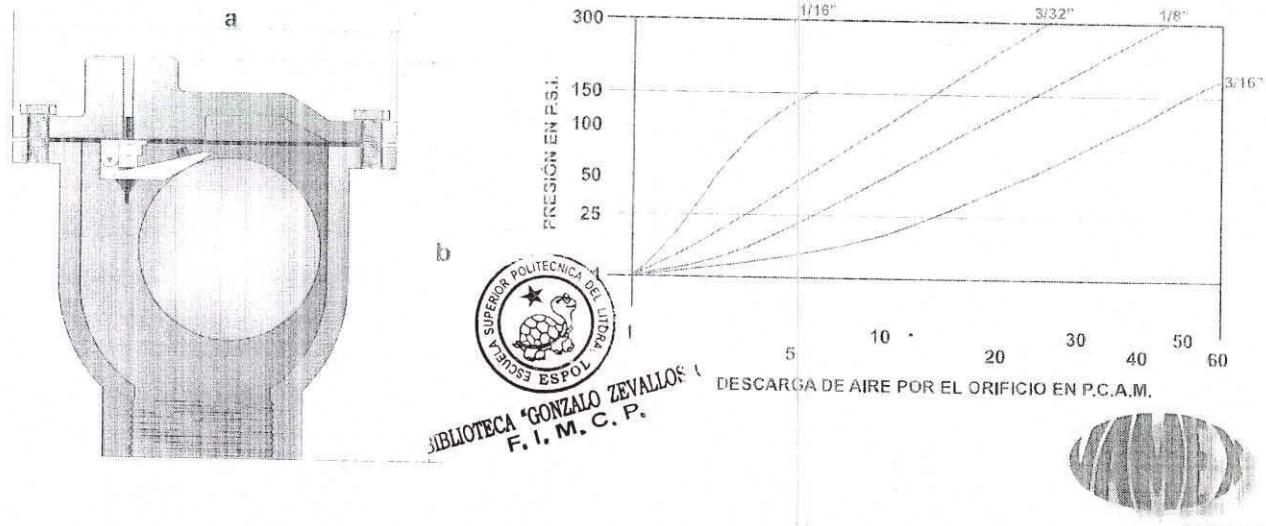
# VÁLVULAS ELIMINADORAS DE AIRE

## SELECCIÓN DE DIÁMETRO

La elección del modelo adecuado de una válvula que expulse la cantidad exacta de aire que se ha acumulado en un sistema, podrían determinarse conforme a la siguiente tabla considerando que del gasto total hasta el 2% es aire en suspensión.

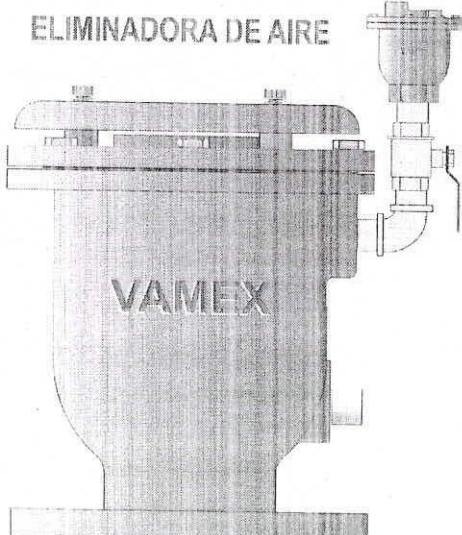
modelo	orificio estándard	presión máxima de trabajo	orificio opcional	presión máxima de trabajo	a	b	pesos aproximados	
E10	1/2", 3/4" y 1"	1/16"	1-150 psi 0.1-10.5 Kg/cm <sup>2</sup>	5/32" 1/8"	1-37 psi 0.1-2.5 Kg/cm <sup>2</sup> 1-75 psi 0.1-5.2 Kg/cm <sup>2</sup>	4 7/8" 5 7/8"	4 1/2" 6 1/2"	2 Kg 4.5 Kg
E20	1" y 2"	1/8"	1-150 psi 0.1-10.5 Kg/cm <sup>2</sup> 1-300 psi 0.1-21.0 Kg/cm <sup>2</sup>	5/32"	1-75 psi 0.1-5.2 Kg/cm <sup>2</sup>	5 7/8"	6 1/2"	4.5 Kg

CAPACIDAD DE VENTEO SEGÚN PRESIÓN DE TRABAJO  
Y DIÁMETRO DE ORIFICIO DE VENTEO



## VÁLVULAS DE ADMISIÓN, EXPULSIÓN Y ELIMINACIÓN DE AIRE COMBINADAS

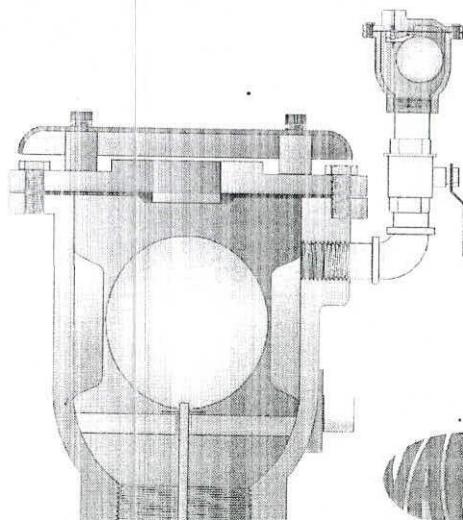
### ELIMINADORA DE AIRE



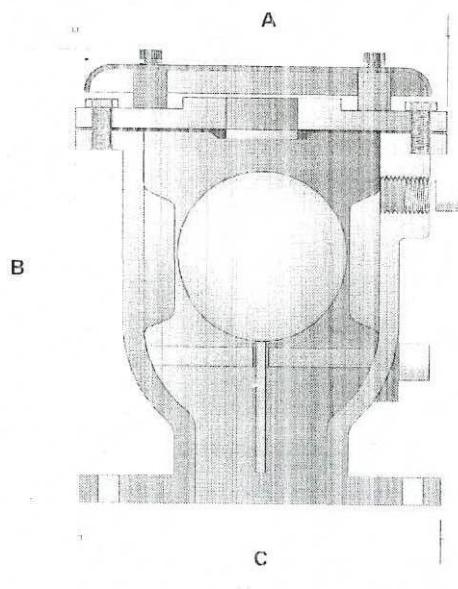
### ADmisión Y EXPULSIÓN DE AIRE

El diseño de esta válvula es el resultado de la combinación de la Válvula de Admisión y Expulsión de Aire con la Válvula Eliminadora de Aire, en dos cuerpos ensamblados por medio de conexiones de fierro tropicalizado.

Su función es admitir y expulsar grandes volúmenes de aire cuando la línea de conducción es llenada o vaciada, y también purgar o eliminar el aire que se acumule con la Válvula Eliminadora de Aire, garantizando con esta doble función un considerable ahorro de energía y evitar rupturas en la tubería.



## DIMENSIONES Y MEDIDAS VÁLVULA DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE

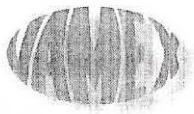


**TABLA DE PESOS Y MEDIDAS  
VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN**

modelo	A	B	C	PESOS APROXIMADOS
A1	1"	5"	5 15/16"	Roscada 3 Kg
A2	2"	6 1/8"	8 15/16"	Roscada 6.5 Kg
A3	3"	8"	10 3/16"	Roscada 16Kg
A4 (125 lbs)	4"	9 1/2"	12 3/4"	9" 23.5Kg
A4 (250 lbs)	4"	9 1/2"	13 3/4"	10" 26Kg
A6 (125 lbs)	6"	12 3/4"	17 1/4"	11" 55Kg
A6 (250 lbs)	6"	12 3/4"	17 11/16"	12 1/2" 63Kg
A8 (125 lbs)	8"	15 7/8"	21"	13 1/2" 89Kg
A8 (250 lbs)	8"	15 7/8"	21 1/2"	15" 100Kg
A10 (125 lbs)	10"	19 1/2"	23 1/4"	16" 120Kg
A10 (250 lbs)	10"	19 1/2"	24"	17 1/2" 140Kg
A12 (125 lbs)	12"	23"	27"	19" 190Kg
A12 (250 lbs)	12"	23"	27 3/4"	20 1/2" 215Kg
A14 (125 lbs)	14"	25"	29 1/2"	21" 270Kg
A14 (250 lbs)	14"	25"	30 3/4"	23" 300Kg
A16 (125 lbs)	16"	28 1/2"	30 7/8"	23 1/2" 360Kg
A16 (250 lbs)	16"	28 1/2"	31 3/4"	25 1/2" 400Kg

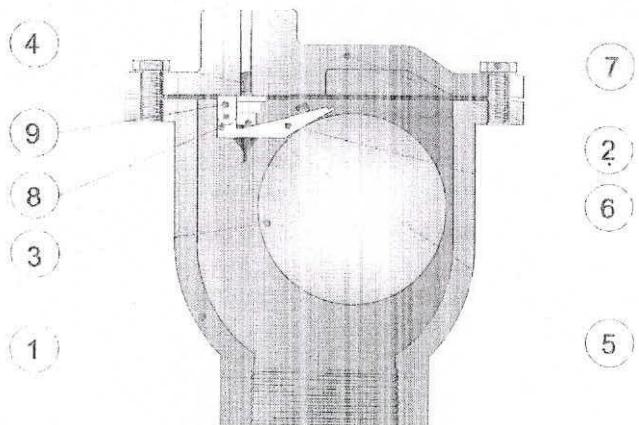


BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.



Vamex-irpp

## VÁLVULAS ELIMINADORAS DE AIRE



Las válvulas Eliminadoras de Aire, han sido diseñadas para que un sistema de bombeo trabaje a su máxima capacidad del flujo calculado.

Instaladas en los puntos altos de la línea automáticamente expulsan por un orificio de venteo las cantidades de aire que se han acumulado cuando el sistema está en operación y bajo presión.

De no eliminar este aire se provoca una restricción en la línea como si tuviera una válvula de secciónamiento parcialmente cerrada, al ocurrir este fenómeno se presentan problemas tales como: mayor consumo de energía, un gasto menor al calculado y en ocasiones la obstrucción total del sistema.



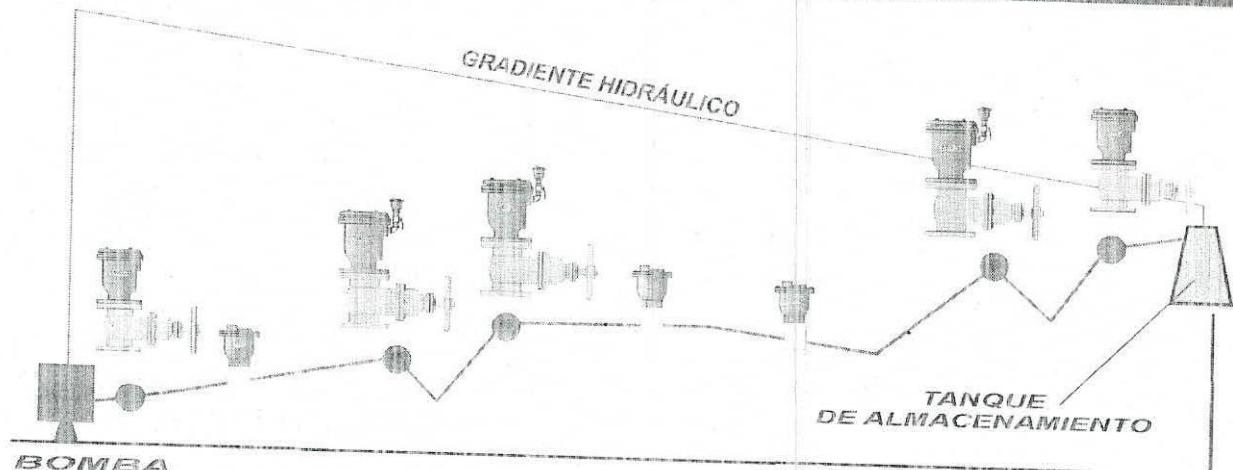
### materiales:

Cuerpo y tapa:	Hierro Gris ASTM A126 Grado B
Flotador:	Acero Inoxidable ASTM A240
Asiento:	Buna-N (Acilonitrilo)ASTM D2000
Tornillos:	Acero SAE Grado 2 tropicalizado
Esprea y Mecanismo:	Delrin ASTM D2133
Pintura:	Recubrimiento epóxico interior y exterior
	Fundido por calor, según FDA y NSF-61

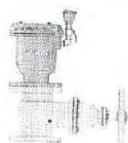
Materiales opcionales: Hierro Ductil Clase 300 ASTM A536 Gr. 6545-12/500psi  
Acero al Carbón Clase 300 ASTM 216 Gr. WCB / 650 psi

- 1.- CUERPO
- 2.- TAPA
- 3.- FLOTADOR
- 4.- ESPREA
- 5.- ASIENTO
- 6.- BRAZO
- 7.- TORNILLOS
- 8.- PERNO
- 9.- HORQUILLA

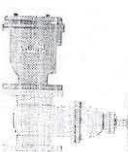
## APLICACIÓN DE VÁLVULAS ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE Y ELIMINADORAS EN UNA LÍNEA DE CONDUCCIÓN



BOMBA



VÁLVULA DE ADMISIÓN,  
EXPULSIÓN Y ELIMINACIÓN DE AIRE  
(COMBINADA)



VÁLVULA DE ADMISIÓN  
Y EXPULSIÓN DE AIRE  
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.  
F. I. M. C. P."



ELIMINADORA DE AIRE



Vamex-jpp

## VÁLVULA DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE ROMPEDORA DE SÍFON

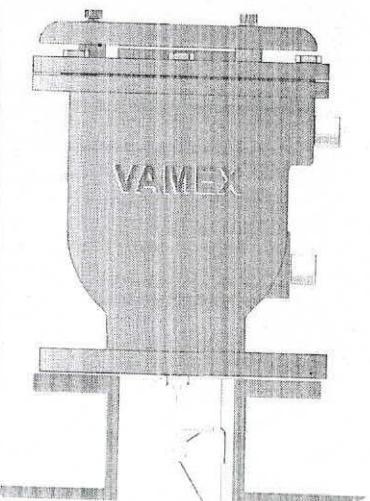
ESTA VÁLVULA ES IDEAL EN SISTEMAS DE BOMBEO DONDE SE PUEDA PRESENTAR EL FENÓMENO DE SÍFON, EVITANDO EL REGRESO DE LA COLUMNA AL PERMITIR EL INGRESO DE AIRE PARA ROMPER EL EFECTO DE REGRESO DE LA COLUMNA POR SUCCIÓN.

EL MECANISMO CONSTA DE UN BRAZO DE PALANCA MAS UNA PALETA QUE SERÁN FIJADAS AL FLOTADOR, (OBTURADOR) DE LA VÁLVULA, EL CUAL PROVOCARA QUE CUANDO EL FLUJO SEA EN EL SENTIDO DE EL BOMBEO, IMPULSARA A EL FLOTADOR HACIA EL SELLO, CERRANDO ASÍ LA VÁLVULA SIN DERRAMAR FLUIDO.

CUANDO EL FLUJO SEA EN SENTIDO CONTRARIO AL BOMBEO, LA PALETA EN EL BRAZO DE PALANCA SERÁ IMPULSADA POR EL MISMO FLUIDO HACIA EL PUNTO DONDE JALARÁ A EL FLOTADOR HACIA ABAJO, OBLIGANDO A QUE LA VÁLVULA ABRA, CON ESTO SE PERMITE EL INGRESO DE AIRE PROVOCANDO UNA SEPARACIÓN DE COLUMNA Y CONSEGUENTEMENTE LA RUPTURA DEL EFECTO SÍFON.

### materiales:

Cuerpo y tapa:	Hierro Gris ASTM A126 Grado B
Flotador:	Acero Inoxidable ASTM A240
Asiento:	Buna-N (Acrilonitrilo)ASTM D2000
Tornillos:	Acero SAE Grado 2 tropicalizado
Mecanismo:	Acero Inoxidable T304
Pintura:	Recubrimiento epóxico interior y exterior fundido por calor, según FDA y NSF-61



FLUJO

## SELECCIÓN DE DIÁMETROS CUANDO EXISTEN PENDIENTES PRONUNCIADAS

La válvula de Admisión y Expulsión de Aire se deberá elegir de un diámetro mínimo capaz de admitir y expulsar el aire de un sistema a través de su orificio de ventilación, sin exceder de una presión diferencial permitida.

A) Para seleccionar el diámetro mínimo capaz de expulsar aire aplíquese la fórmula siguiente para convertir el gasto a pies cúbicos de aire por segundo.

$$PGAS = Q/28.32$$

DONDE:

PGAS = Pies Cúbicos de Aire por Segundo

Q = Gasto en Litros por Segundo

Con el resultado, en la gráfica, se deberá elegir el diámetro de la válvula sin exceder de una presión diferencial de 2 lb/pulg.

B) El diámetro mínimo capaz de admitir aire, está dado por el diámetro de la tubería y la pendiente en metros de altura entre los metros de longitud. Se pueden tener dos pendientes diferentes, por lo que deberá considerarse la pendiente más severa.

$$PCAS = 0.08665 \sqrt{PD}$$

DONDE:

PCAS = Pies Cúbicos de Aire por Segundo

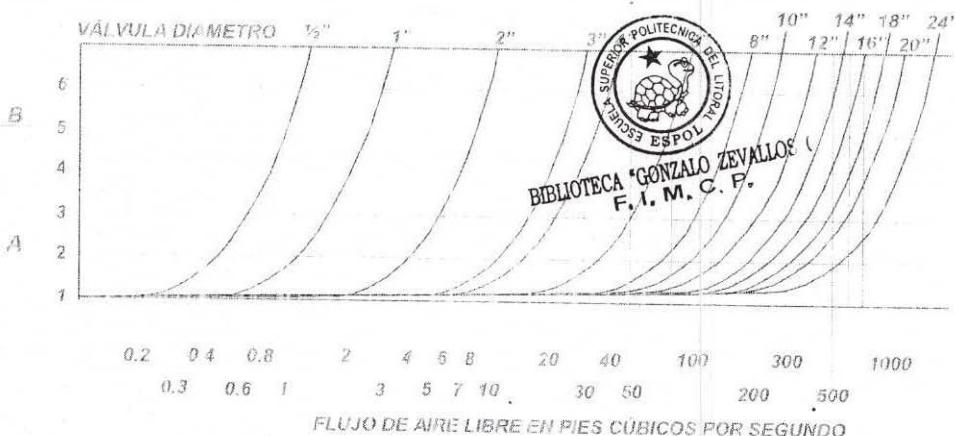
P = Pendiente (metros de altura entre metros de Longitud)

D = Diámetro de la tubería en pulgadas.

Con el resultado, en la gráfica, se deberá elegir el diámetro de la válvula sin exceder de una presión diferencial de 5 lb/pulg.

Comparando los procedimientos A y B, se decidirá por la de mayor diámetro, si es que los resultados fueran de diámetros diferentes.

PRESIÓN DIFERENCIAL



Vamex-jpp

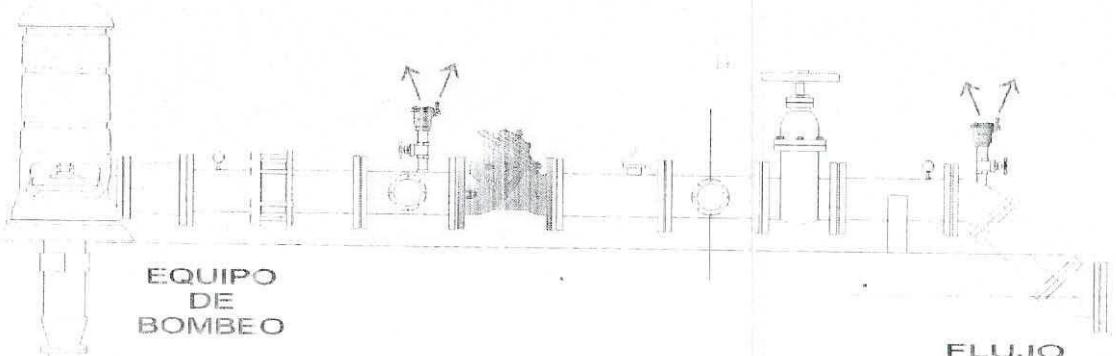
## SELECCIÓN DE DIÁMETROS

Tabla para seleccionar las válvulas de admisión y expulsión de aire en la descarga a bombas de pozo profundo

Gasto en lps de la bomba sin carga	13	20	30	75	125	310	500	1260	2250	3150
Diámetro de la válvula	1/2	3/4	1	2	3	4	6	8	10	12

Tabla para seleccionar las válvulas de admisión y expulsión de aire en la línea de conducción

Gasto en lps de la línea	25	45	80	245	450	690	1450	3150	4500	7000
Diámetro de la válvula	1/2	3/4	1	2	3	4	6	8	10	12

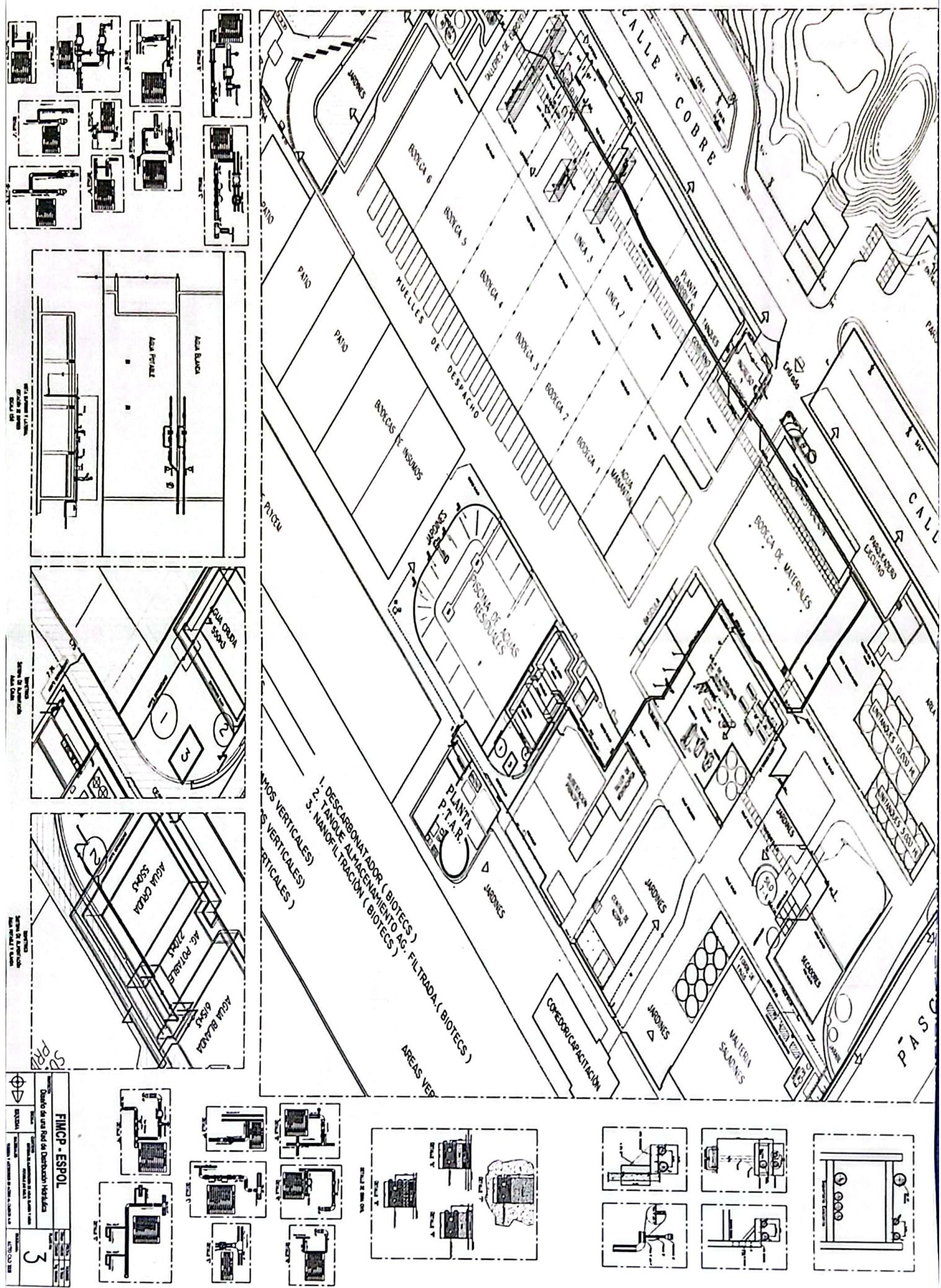


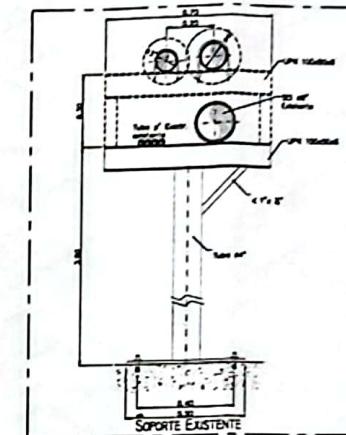
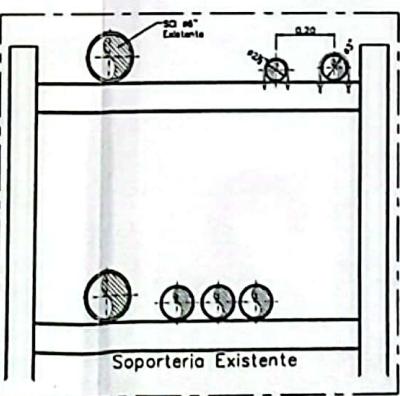
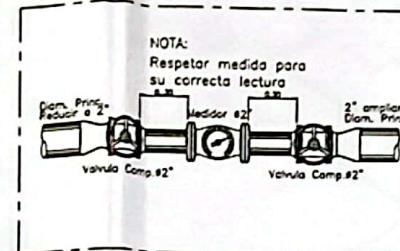
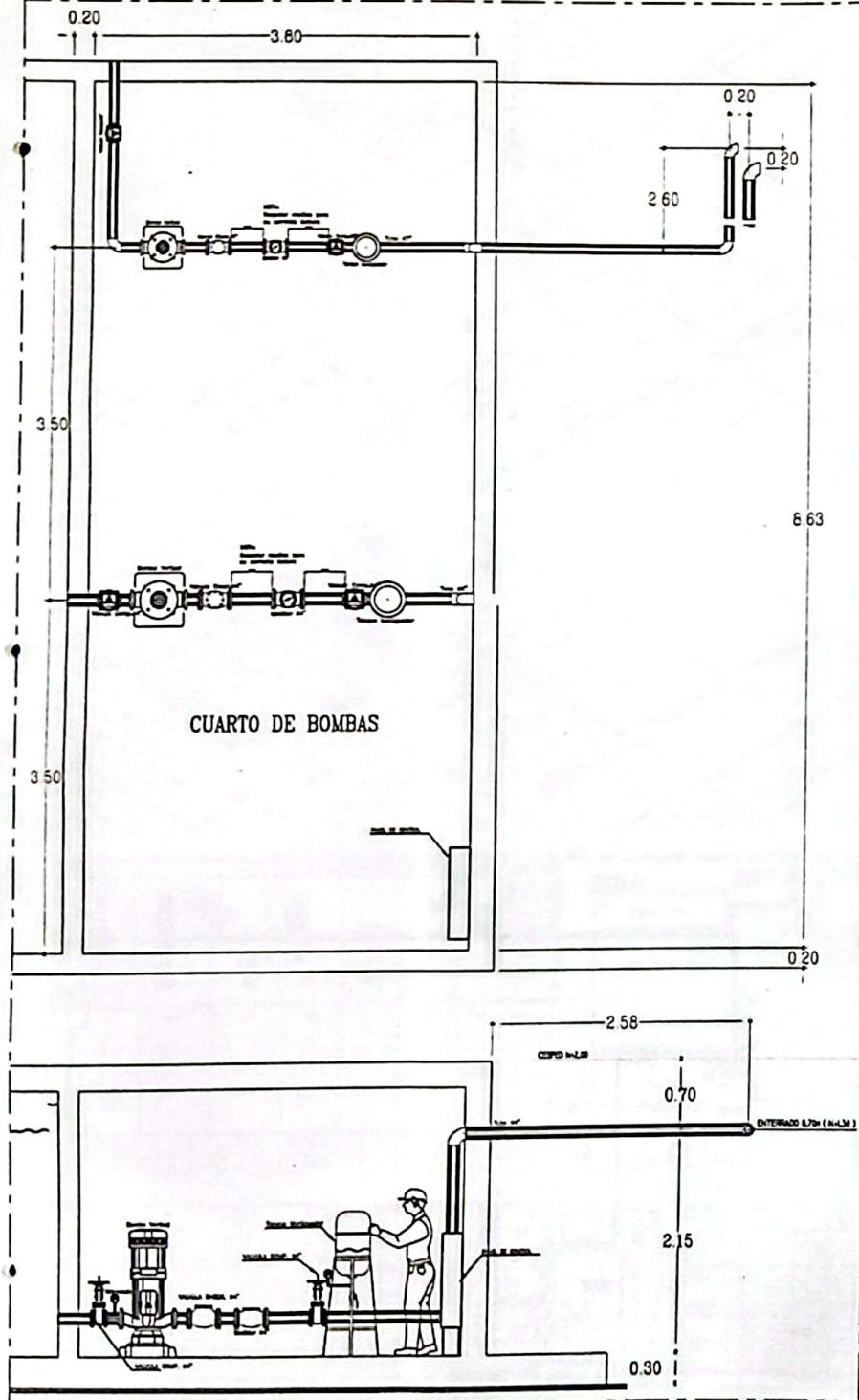
materiales:

Cuerpo y tapa:	Hierro Gris ASTM A126 Grado B
Flotador:	Acero Inoxidable ASTM A240
Asiento:	Buna-N (Acilonitrilo) ASTM D2000
Tornillos:	Acero SAE Grado 2 tropicalizados
Tornillo Allen:	Acero aleado Rc38 grado 9 tropicalizados
Cubierta:	Cold Rolled
Pintura:	Recubrimiento epóxico interior y exterior fondo gris y superficie blanca

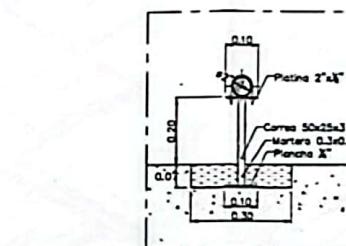
**APENDICE B**  
**(PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCION HIDRAULICA)**



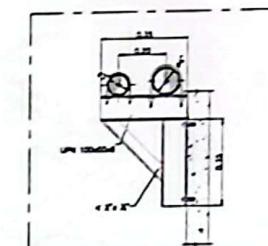




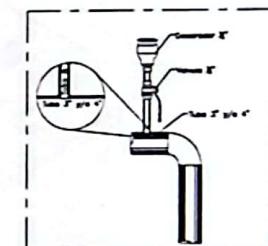
DETALLE "4"



DETALLE "8"



DETALLE DE  
SOPORTE DE PARED

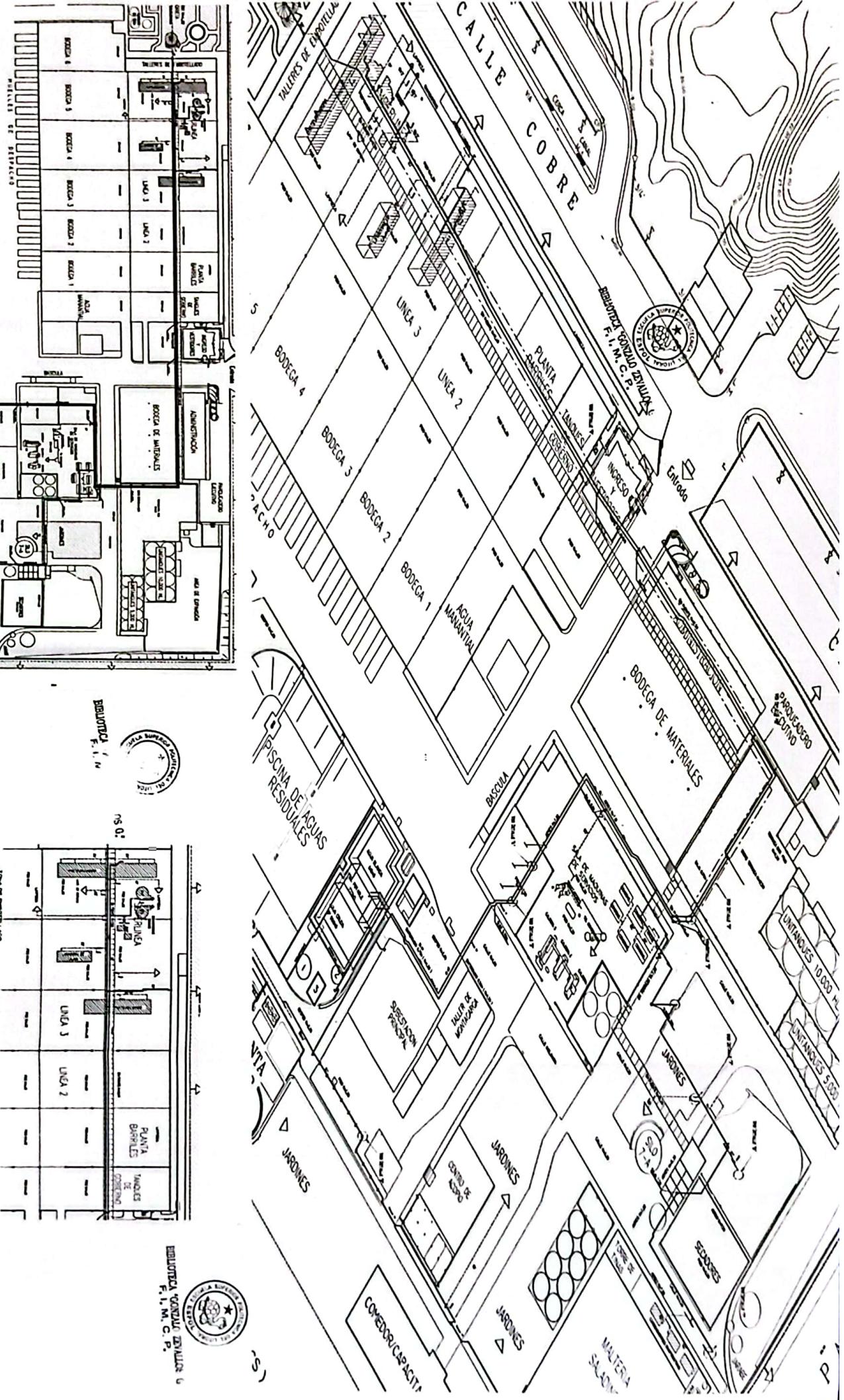
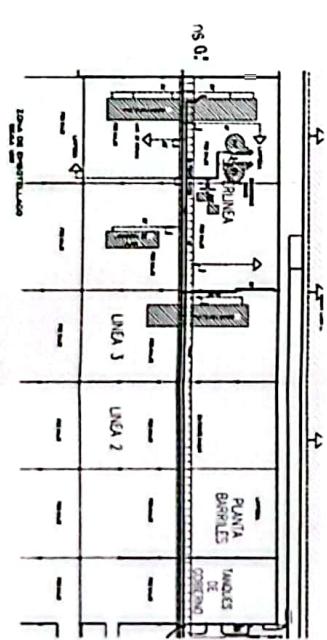
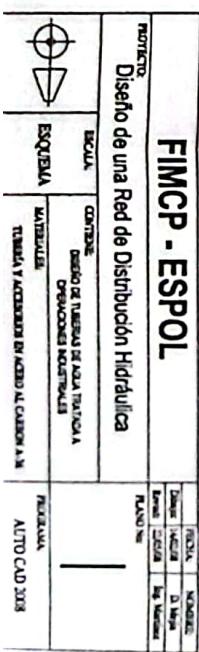
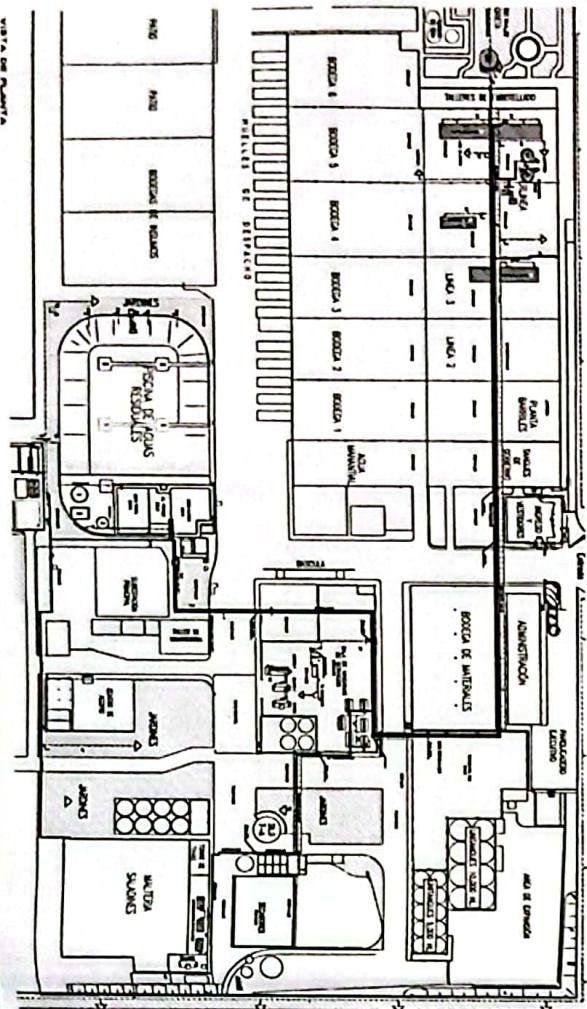


DETALLE "5"

VIGA LPN 100x100x6MM		Largo	GML	11
Cierre 50x25x1.5x24MM		Largo	GML	1
Placa de suelo A-36, 3/16"		Largo	0.3 x 1.44 M	1
Pernos 3/4" x 3-1/2" (compartidos) galv		Largo	Unidad	24
Pernos 5/8" x 2-1/2" (compartidos) galv		Largo	Unidad	248
Pernos 5/8" x 2-1/2" (compartidos) galv		Largo	Unidad	12
Arandela 3/4" x 1/4"		Largo	Unidad	12
Pernos 7/8" x 1/2"		Largo	GML	1
Vigas lata 3/16"		Largo	GML	3
Chamfer		Largo	0.3 MP	2
Tubería 3/4"		Largo	Unidad	8
U-Base 4"		Largo	Unidad	40
U-Base 3"		Largo	Unidad	140
U-Base 2"		Largo	Unidad	30

DETALLE "9"

FIMCP - ESPOL		FECHA: 14/02/08	NOMBRE: D. Mejía
PROYECTO: Diseño de una Red de Distribución Hidráulica		Revis: 22/03/08	Ing. Martínez
ESQUEMA	ESCALA:	CONTIENE: CUARTO DE BOMBAS Y DETALLES GENERALES INGENIERIA DE DETALLE	
		MATERIALES: TUBERIA Y ACCESORIOS EN ACERO AL CARBON A-36	
		PROGRAMA: AUTO CAD 2008	
		PLANO Nx	2



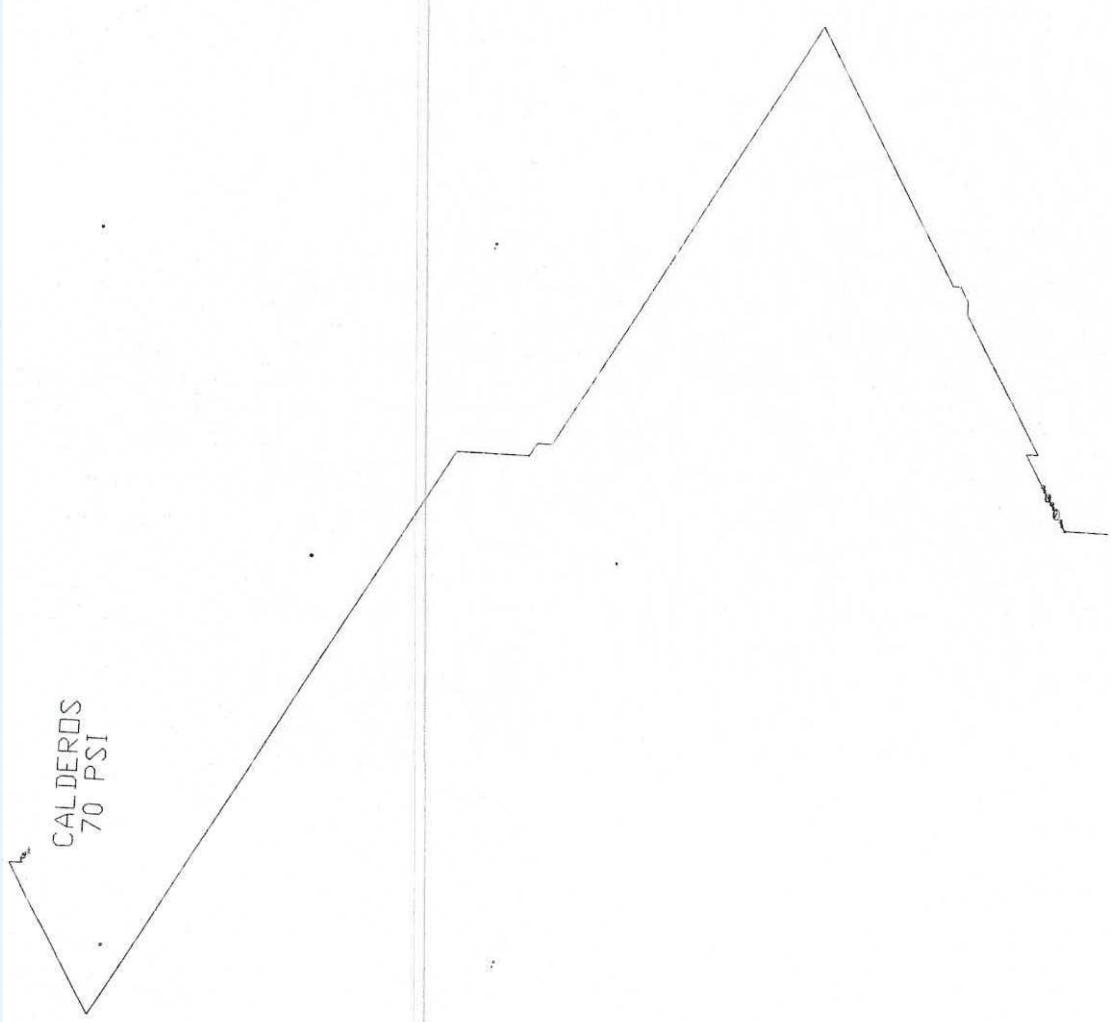
**APENDICE C**  
**(ESQUEMA DE RECORRIDOS DE LOS PUNTOS**  
**CRITICOS DE DISEÑO)**

CALDEROS  
70 PSI

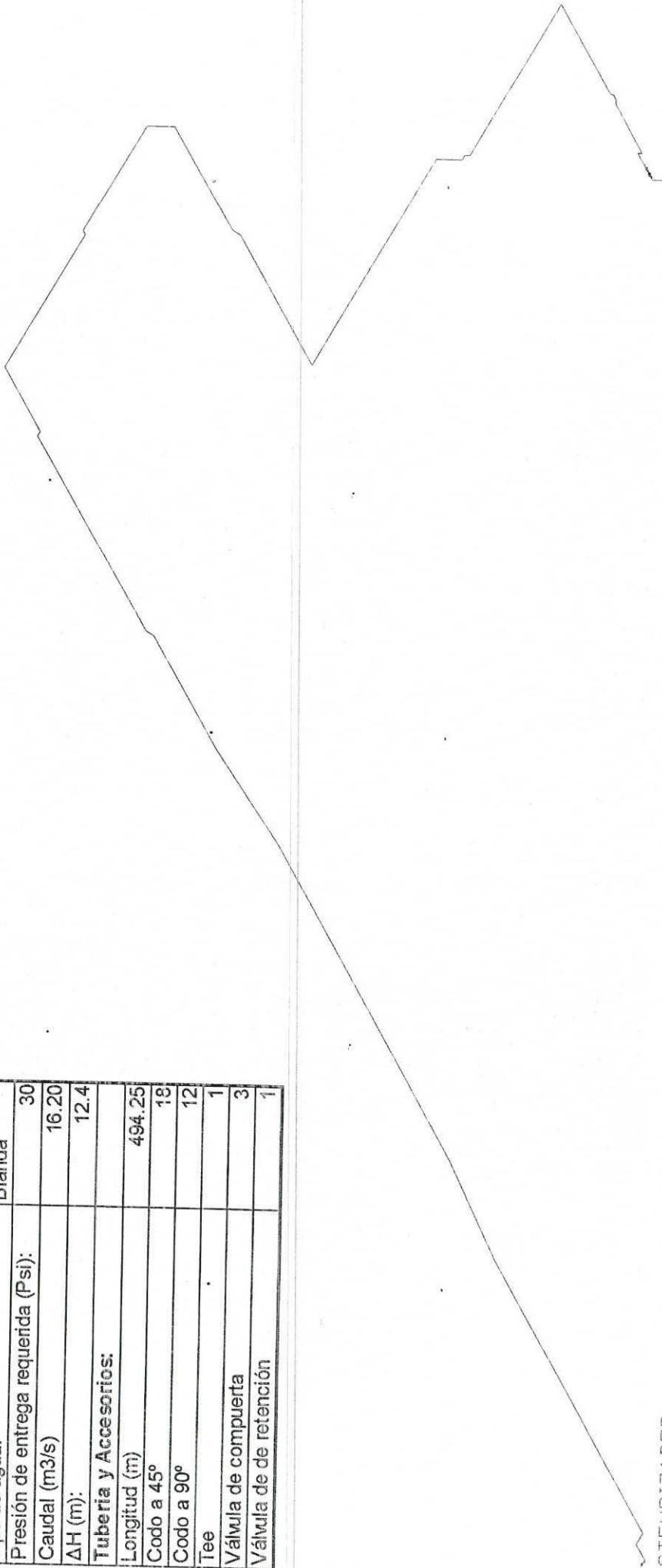
Cuarto de bomba a Caldera	
Tipo de agua:	Blanda
Presión de entrega requerida (Psi):	70
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	21.71
ΔH (m):	7.1
Tubería y Accesorios:	
Longitud (m)	134.32
Codo a 45°	
Codo a 90°	4
Tee	10
Válvula de compuerta	1
Válvula de retención	3
	1

FIMCP - ESPOL		PROYECTO: Diseño de una Red de Distribución Hidráulica	FECHA: 14/02/08	NOMBRE: D. Mejía
		ESQUEMA	Revisado: 22/05/08	Ing. Martínez
		ESCALA:	PLANO No:	
		CONTIENE: LINEA DE INTERCONEXIÓN DESDE EL CUARTO DE BOMBAS A CALDEROS		
		MATERIALES: TUBERIA Y ACCESORIOS EN ACERO AL CARBON A.36	PROGRAMA:	AUTO CAD 2008

CUARTO DE BOMBAS



Tipo de agua:	Blanda
Presión de entrega requerida (Psi):	30
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	16.20
ΔH (m):	12.4
Tubería y Accesorios:	
Longitud (m)	494.25
Codo a 45°	12
Codo a 90°	12
Tee	1
Válvula de compuerta	3
Válvula de de retención	1

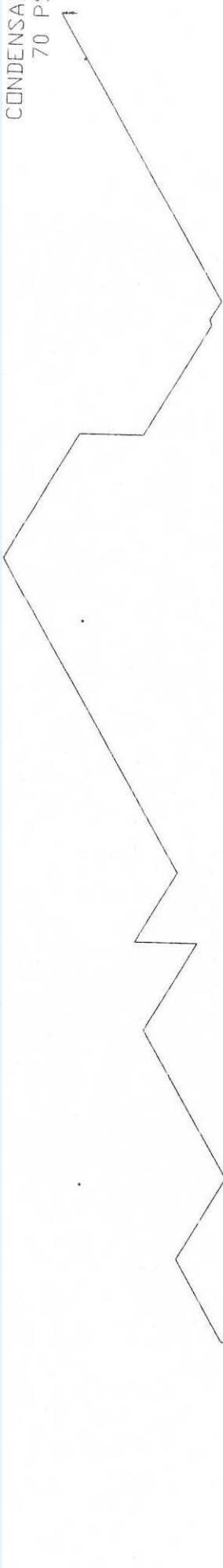


PASTEURIZADOR  
30 PSI

CUARTO DE BOMBAS

<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujo: 1402/08	D. Mejia
		Revise: 22/05/08	Ing. Martinez
PROYECTO:		PLANO No:	
Diseño de una Red de Distribución Hidráulica			
 ESQUEMA	ESCALA:	CONTIENE:	
		LINEA DE INTERCONEXION DESDE EL CUARTO DE BOMBAS A PASTEURIZADOR	
		MATERIALES:	PROGRAMA:
		TUBERIA Y ACCESORIOS EN ACERO AL CARBON A-36	AUTO CAD 2008

CONDENSADOR  
70 PSI



Cuarto de bomba a Condensador Evaporativo

Tipo de agua:	Potable
Presión de entrega requerida (Psi):	70
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	20.00
ΔH (m):	7.7
Tubería y Accesorios:	
Longitud (m)	343.36
Codo a 45°	6
Codo a 90°	20
Tee	2
Válvula de compuerta	3
Válvula de retención	1

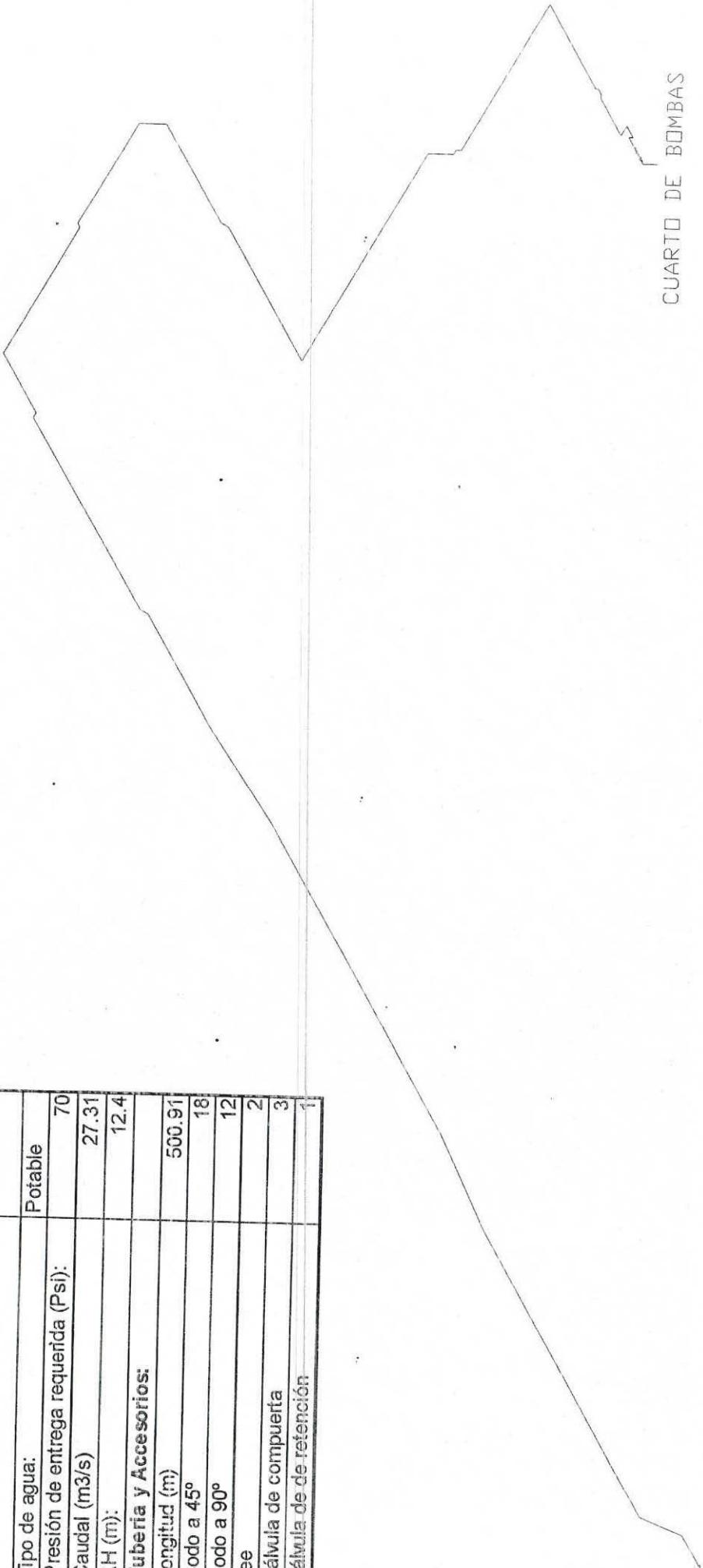
PROYECTO:	FIMCP - ESPOL	FECHA:	NOMBRE:
	Diseño de una Red de Distribución Hidráulica	14/02/08	D. Mejia
PLANO No.:		Revisó: 22/05/08	Ing. Martinez

ESCALA:	CONTIENE:	
	LÍNEA DE INTERCONEXIÓN DESDE EL CUARTO DE BOMBAS A CONDENSADOR	
ESQUEMA	MATERIALES:	
	TUBERÍA Y ACCESORIOS EN ACERO AL CARBON A-36	PROGRAMA: AUTO CAD 2008

CUARTO DE BOMBAS

Cuarto de bomba a Sistema de riego

Tipo de agua:	Portable
Presión de entrega requerida (Psi):	70
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	27.31
ΔH (m):	12.4
Tubería y Accesorios:	
Longitud (m)	500.91
Codo a 45°	18
Codo a 90°	12
Tee	2
Válvula de compuerta	3
Válvula de retención	1



SISTEMA DE RIEGO  
70 PSI

**FIMCP - ESPOL**  
PROYECTO: **Diseño de una Red de Distribución Hidráulica**

FECHA: **14/02/08**  
Dibujo: **14/02/08** D. Mejia  
Revisó: **22/05/08** Ing. Martínez  
PLANO No. **\_\_\_\_\_**

	<b>ESCALA:</b>	<b>CONTIENE:</b>	
		LINEA DE INTERCONEXIÓN DESDE EL CUARTO DE BOMBAS A SISTEMA DE RIEGO	
	<b>ESQUEMA</b>	<b>MATERIALES:</b>	PROGRAMA:
		TUBERÍA Y ACCESORIOS EN ACERO AL CARBON A-36	AUTO CAD 2008

**APENDICE D**  
**(COTIZACION ABIERTA, HOJA DE TRABAJO Y**  
**RESUMEN DE COSTO DEL PROYECTO)**

DIRECCION DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS					
PROYECTO: DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE RED HIDRAULICA PARA					
REUTILIZACION DE AGUA DE LA PTAR					
ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor / Unit	Valor total
1	Diseño de Red Hidraulica				
	<i>Materiales menores :</i>				
	Gastos fijos	global	1	400,00	400,00
	<i>Mano de Obra</i>				
	Diseño de Red Hidraulica	H-H	40	53,33	2.133,20
	<i>Otros Gastos</i>				
	Fungibles	Global	1	46,06	46,06
	Alquiler	Global	1	46,06	46,06
	Transporte	Global	1	46,06	46,06
	Imprevistos	Global	1	69,09	69,09
	Supervisión	Global	1	115,15	115,15
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.855,62</b>
2	<b>Suministro y Montaje de bombas</b>				
	Bomba GOULDS 33SV 3/1, POT 15 HP	Unidad	1	3.298,00	3.298,00
	Bomba GOULDS 4SV, 4 Etapas, POT 7,5 HP	Unidad	1	2.265,00	2.265,00
	<i>Materiales menores :</i>				
	VIGA UPN 100X50X6MM	6ML	1	101,33	101,33
	Plancha de acero A-36, 3/16"	1.2 X 2,44 MT	1	162,67	162,67
	Soldadura 6011	Kg	2	3,33	6,67
	<i>Mano de Obra</i>				
	Montaje Bomba	Unidad	2	266,67	533,34
	<i>Otros Gastos</i>				
	Fungibles	Global	1	14,62	14,62
	Alquiler	Global	1	14,62	14,62
	Transporte	Global	1	14,62	14,62
	Imprevistos	Global	1	21,93	21,93
	Supervisión	Global	1	36,55	36,55
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>6.469,33</b>
3	<b>Suministro de tuberías y accesorios</b>				
	Tubo 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	198	25,41	5.031,18
	Tubo 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	648	18,27	11.838,96
	Tubo 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	360	13,98	5.032,80
	Tubo 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	168	8,81	1.480,08
	Tubo 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	12	4,59	55,08
	Tubo 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	6	3,50	21,00
	Codo 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	8,26	66,08
	Codo 4" x 45° S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	2	10,46	20,92
	Codo 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	31	7,33	227,23
	Codo 3" x45° S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	30	3,67	109,95
	Codo 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	9	5,47	49,23
	Codo 2-1/2" x45° S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	22	2,74	60,17
	Codo 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	30	3,48	104,40
	Codo 1" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosca	Unidad	14	1,80	25,20
	Codo 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosca	Unidad	8	0,70	5,60
	Tee 6" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	1	62,34	62,34
	Tee 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	3	27,72	83,15
	Tee 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	23	17,77	408,71
	Tee 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	5	13,66	68,30
	Tee 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	12	8,89	106,63
	Tee 1" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosca	Unidad	4	1,91	7,64
	Tee 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosca	Unidad	4	0,95	3,80
	Bridas 6" Slip-on 150PSI	Unidad	2	31,42	62,84
	Bridas 4" Slip-on 150PSI	Unidad	30	22,39	671,70
	Bridas 3" Slip-on 150PSI	Unidad	92	15,92	1.484,64
	Bridas 2-1/2" Slip-on 150PSI	Unidad	46	13,92	640,32
	Bridas 2" Slip-on 150PSI	Unidad	62	10,64	659,68
	Nudo 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	14	6,97	97,58
	Nudo 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	6,97	55,76



BIBLIOTEC



BIBLIOTECA GONZALEZ  
F. I. M.

VALLES G

Valvulas de Comp. 1" T580 150PSI ROSC	Unidad	10	40,13	401,30
Valvulas de Check. 1" 150PSI ROSC	Unidad	10	45,31	453,10
Valvulas de Comp. 1/2" T580 150PSI ROSC	Unidad	8	26,08	208,64
Valvulas de Check. 1/2" 150PSI ROSC	Unidad	8	39,64	317,12
Red 6" a 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	1	19,40	19,40
Red 4" a 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	2	10,95	21,90
Red 4" a 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	4	9,51	38,04
Red 4" a 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	2	13,94	27,88
Red 3" a 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	3	6,62	19,86
Red 3" a 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	7,55	60,40
Red 3" a 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	7	7,52	52,54
Red 2-1/2" a 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	4	5,68	22,72
Red 2-1/2" a 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	1	10,48	10,48
Red 2" a 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	4,80	38,40
Red 1" a 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosc	Unidad	9	1,50	13,50
Eliminador de aire Spirax Sarco, 1/2"	Unidad	5	131,05	655,25
Tanque de expansión Champion de 20 galones	Unidad	1	153,51	153,51
Valvulas de Comp. 6" T580 150PSI BRI	Unidad	1	902,70	902,70
Valvulas de Comp. 4" T580 150PSI BRI	Unidad	4	464,67	1.858,67
Valvulas de Comp. 3" T580 150PSI BRI	Unidad	7	374,00	2.618,00
Valvulas de Comp. 2-1/2" T580 150PSI BRI	Unidad	4	351,33	1.405,33
Valvulas de Comp. 2" T580 150PSI BRI	Unidad	24	240,80	5.779,20
Valvulas de Check. 6" 150PSI BRI	Unidad	1	380,00	380,00
Valvulas de Check. 3" 150PSI BRI	Unidad	4	238,00	952,00
Valvulas de Check. 2-1/2" 150PSI BRI	Unidad	4	204,00	816,00
Valvulas de Check. 2" 150PSI BRI	Unidad	16	164,33	2.629,33
Manometro c/ glicerina de 150 PSI	Unidad	8	24,27	194,13
<b>Materiales menores :</b>				
Pernos 3/4" x 3-1/2" (completos) galv	Unidad	8	1,60	12,80
Pernos 5/8" x 3" (completos) galv	Unidad	288	1,07	307,20
Pernos 5/8" x 2-1/2" (completos) galv	Unidad	216	0,93	201,60
Gas	Carga	8	2,67	21,33
Oxigeno	Carga	3	13,33	40,00
Soldadura 6011	Kg	160	2,93	469,33
Soldadura 7018	Kg	160	3,73	597,33
Disco de Corte de 4"	Unidad	30	1,20	36,00
Disco de desbastado de 4"	Unidad	30	2,67	80,00
Teflon	Unidad	50	0,33	16,67
Permatex	Tubo	10	5,33	53,33
<b>Otros Gastos</b>				
Fungibles	Global	1	33,37	33,37
Alquiler	Global	1	33,37	33,37
Transporte	Global	1	33,37	33,37
Imprevistos	Global	1	50,06	50,06
Supervisión	Global	1	83,44	83,44
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>50.639,76</b>
<b>4 Montaje de tuberías y accesorios</b>				
Tubo 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	198	11,90	2.355,94
Tubo 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	648	8,92	5.782,75
Tubo 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	360	7,44	2.677,20
Tubo 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	168	5,95	999,49
Tubo 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	12	2,97	35,70
Tubo 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	ml	6	2,97	17,85
Codo 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	23,80	190,38
Codo 4" x 45° S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	2	23,80	47,59
Codo 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	31	17,85	553,29
Codo 3" x 45° S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	30	17,85	535,44
Codo 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	9	14,87	133,86
Codo 2-1/2" x 45° S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	22	14,87	327,21
Codo 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	30	11,90	356,96
Codo 1" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosc	Unidad	14	5,69	79,67
Codo 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosc	Unidad	8	5,69	45,53
Tee 6" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	1	53,54	53,54
Tee 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	3	35,70	107,09
Tee 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	23	26,77	615,76

Tee 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	5	22,31	111.55
Tee 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	12	17,85	214.18
Tee 1" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosca	Unidad	4	8,92	35.70
Tee 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosca	Unidad	4	8,92	35.70
Bridas 6" Slip-on 150PSI	Unidad	2	35,70	71,39
Bridas 4" Slip-on 150PSI	Unidad	30	23,80	713.92
Bridas 3" Slip-on 150PSI	Unidad	92	17,85	1.642,02
Bridas 2-1/2" Slip-on 150PSI	Unidad	46	14,87	684,17
Bridas 2" Slip-on 150PSI	Unidad	62	11,90	737,72
Nudo 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	14	5,69	79,67
Nudo 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	5,69	45,53
Valvulas de Comp. 1" T580 150PSI ROSC	Unidad	10	5,69	56,91
Valvulas de Check. 1" 150PSI ROSC	Unidad	10	5,69	56,91
Valvulas de Comp. 1/2" T580 150PSI ROSC	Unidad	8	5,95	47,59
Valvulas de Check. 1/2" 150PSI ROSC	Unidad	8	5,95	47,59
Red 6" a 4" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	1	35,70	35,70
Red 4" a 3" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	2	23,80	47,59
Red 4" a 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	4	23,80	95,19
Red 4" a 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	2	23,80	47,59
Red 3" a 2-1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	3	17,85	53,54
Red 3" a 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	17,85	142,78
Red 3" a 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	7	17,85	124,94
Red 2-1/2" a 2" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	4	14,87	59,49
Red 2-1/2" a 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	1	14,87	14,87
Red 2" a 1" S/C ASTM A-53 Sch 40	Unidad	8	11,90	95,19
Red 1" a 1/2" S/C ASTM A-53 Sch 40 rosca	Unidad	9	5,95	53,54
Eliminador de aire Spirax Sarco, 1/2"	Unidad	5	5,95	29,75
Valvulas de Comp. 6" T580 150PSI BRI	Unidad	1	35,70	35,70
Valvulas de Comp. 4" T580 150PSI BRI	Unidad	4	23,80	95,19
Valvulas de Comp. 3" T580 150PSI BRI	Unidad	7	17,85	124,94
Valvulas de Comp. 2-1/2" T580 150PSI BRI	Unidad	4	14,87	59,49
Valvulas de Comp. 2" T580 150PSI BRI	Unidad	24	11,90	285,57
Valvulas de Check. 6" 150PSI BRI	Unidad	1	35,70	35,70
Valvulas de Check. 3" 150PSI BRI	Unidad	4	17,85	71,39
Valvulas de Check. 2-1/2" 150PSI BRI	Unidad	4	14,87	59,49
Valvulas de Check. 2" 150PSI BRI	Unidad	16	11,90	190,38
Tanque de expansión Champion de 20 galones	Unidad	1	66,67	66,67
Manometro c/ gliserina de 150 PSI de 1/2"	Unidad	8	2,93	23,47
<b>Otros Gastos</b>				
Funigbles	Global	1	389,77	389,77
Alquiler	Global	1	389,77	389,77
Transporte	Global	1	389,77	389,77
Imprevistos	Global	1	584,65	584,65
Supervisión	Global	1	974,42	974,42
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>24.072,31</b>
<b>5 Montaje de Soporteria</b>				
<b>Materiales menores :</b>				
Viga UPN 100 x 50 x6mm	6ML	10	101,33	1.021,78
Angulo de 2" X 2" X 1/4"	Unidad	10	26,67	272,89
Varilla lisa 3/8"	6ML	3	5,20	15,60
Channel	0.5 Mtr	3	9,33	28,00
Tuerca 3/8"	UN	6	0,24	1,44
U-Bolt 4"	UN	40	8,00	320,00
U-Bolt 3"	UN	140	5,33	746,67
U-Bolt 2"	UN	39	4,00	156,00
Soldadura E6011	KG	9	3,33	30,83
Discos de pulir	UN	15	2,67	40,00
Oxigeno	Carga	2	13,33	26,67
Gas	Carga	2	4,00	8,00
Pintura	Galón	4	16,00	64,00
Diluyente	Galón	3	6,67	20,00
Correa de 50 x 25 x 15 x 2 mm	UN	1	46,67	46,67
Platina de 2" x 1/8"	6ML	1	16,00	16,00
<b>Mano de Obra</b>				
Soportes Zona Calderos	UN	6	10,67	64,00

Sopores Sala de máquinas 1	UN	8	18,67	149,33
Sopores Sala de máquinas 2	UN	3	20,00	60,00
Sopores Puente Rack tuberías	UN	62	10,67	661,33
Sopores Zona Puente Embotellado	UN	64	10,67	682,67
Sopores Zona Puente Secado es	UN	22	10,67	234,67
<i>Otros Gastos</i>				
Fungibles	Global	1	146,25	146,25
Alquiler	Global	1	48,75	48,75
Transporte	Global	1	97,50	97,50
Imprevistos	Global	1	146,25	146,25
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>5.105,28</b>
<b>6</b>	<b>Suministro y Montaje de medidores de agua</b>			
Bridas 4" Slip-on 150PSI	Unidad	2	20,80	41,60
Bridas 3" Slip-on 150PSI	Unidad	2	15,60	31,20
Bridas 2" Slip-on 150PSI	Unidad	8	10,64	85,12
Medidor de agua de 4"	Unidad	1	528,93	528,93
Medidor de agua de 3"	Unidad	1	448,80	448,80
Medidor de agua de 2"	Unidad	4	329,96	1.319,84
<i>Materiales menores :</i>				
Pernos 5/8" x 2 1/2" (completos) galv	Unidad	16	1,60	25,60
Pernos 5/8" x 3" (completos) galv	Unidad	24	1,60	38,40
Soldadura 6011	KG	2	3,33	6,67
<i>Mano de Obra</i>				
Montaje de medidor	Unidad	6	26,67	160,00
<i>Otros Gastos</i>				
Fungibles	Global	1	4,19	4,19
Alquiler	Global	1	4,19	4,19
Transporte	Global	1	4,19	4,19
Imprevistos	Global	1	6,29	6,29
Supervisión	Global	1	10,48	10,48
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.715,52</b>
<b>7</b>	<b>Suministro y Montaje de tablero de control de bombas</b>			
<i>Materiales menores :</i>				
Tablero de 120 x 120 x 30 en Acero Inox.	UN	1	800,00	800,00
Breaker de Fuerza	UN	2	200,00	400,00
Breaker de Control	UN	2	33,33	66,67
Fuente Logo 220 V. / 24 VDC	UN	1	160,00	160,00
Transformador 440 V. / 110 V. 200 VA	UN	1	26,67	26,67
Selector de 3 posiciones 22mm	UN	2	53,33	106,67
Pulsador de Emergencia 22mm	UN	1	26,67	26,67
Riel Din	UN	3	26,67	80,00
Riel Chanel	UN	6	40,00	240,00
Borneras Telemecanique	UN	15	66,67	1.000,00
Canaleta ranurada	UN	3	53,33	160,00
Cable # 10 THHN	ML	1	106,67	106,67
Cable # 12 THHN	ML	1	80,00	80,00
Transductor de presion	UN	2	426,67	853,33
Variador de frecuencia 15 HP	UN	1	2.000,00	2.000,00
Variador de frecuencia 7,5 HP	UN	1	1.333,33	1.333,33
Tubo Fuji de 1"	UN	3	24,00	72,00
Tubo Fuji de 3/4"	UN	3	20,00	60,00
Tubo Fuji de 1/2"	UN	3	20,00	60,00
Grapa para riel chanel de 1"	UN	6	24,00	144,00
Grapa para riel chanel de 3/4"	UN	6	24,00	144,00
Grapa para riel chanel de 1/2"	UN	6	24,00	144,00
Cable apantallado	Global	1	400,00	400,00
Filtro para armonicos 15 HP	UN	1	313,33	313,33
Filtro para armonicos 7,5 HP	UN	1	153,33	153,33
<i>Mano de Obra</i>				
M/O	Global	1	3.233,33	3.233,33
<i>Otros Gastos</i>				
Fungibles	Global	1	231,70	231,70
Alquiler	Global	1	231,70	231,70
Transporte	Global	1	231,70	231,70

	Imprevistos	Global	1	347,54	347,54
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>13.206,63</b>
8	Acometidas Electricas desde panel a bombas				
	Materiales	Global	1	400,00	400,00
	Mano de Obra	Global	1	646,67	646,67
	M/O	Global	1	19,94	19,94
	Otros Gastos	Global	1	19,94	19,94
	Fungibles	Global	1	19,94	19,94
	Alquiler	Global	1	29,90	29,90
	Transporte	Global	1	29,90	29,90
	Imprevistos	Global	1	29,90	29,90
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.136,38</b>
9	Sandblasting de la tuberia				
	Mano de Obra				
	Tuberia 4"	ML	210	5,33	1.120,00
	Tuberia 3"	ML	682,5	5,33	3.640,00
	Tuberia 2 1/2"	ML	378	5,33	2.016,00
	Tuberia 2"	ML	178,5	5,33	952,00
	Tuberia 1"	ML	12,6	5,33	67,20
	Otros Gastos				
	Fungibles	Global	1	314,28	314,28
	Alquiler	Global	1	104,76	104,76
	Transporte	Global	1	209,52	209,52
	Imprevistos	Global	1	314,28	314,28
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>8.738,03</b>
10	Pintura de la Red Hidraulica				
	Materiales menores :				
	Pintura anticorrosiva	Gal	28,00	16,00	448,00
	Pintura Esmalte	Gal	23,00	16,00	368,00
	Diluyente	Gal	55,00	5,33	293,33
	Pintura asfaltica	Gal	6,00	73,92	443,52
	Diluyente para pintura asfaltica	Gal	1,00	30,93	30,93
	Mano de Obra				
	Tuberia 4"	ML	210	4,00	840,00
	Tuberia 3"	ML	682,5	4,00	2.730,00
	Tuberia 2 1/2"	ML	378	4,00	1.512,00
	Tuberia 2"	ML	178,5	4,00	714,00
	Tuberia 1"	ML	12,6	4,00	50,40
	Otros Gastos				
	Fungibles	Global	1	227,45	227,45
	Alquiler	Global	1	75,82	75,82
	Transporte	Global	1	151,63	151,63
	Imprevistos	Global	1	227,45	227,45
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>8.112,54</b>
11	Pruebas de Radiografias a Cordones de Soldadura				
	Mano de Obra				
	Radiografia sub. 4"	PLACA	15	40,00	600,00
	Radiografia sub. 3"	PLACA	15	26,67	400,00
	Radiografia sub. 2"	PLACA	24	26,67	640,00
	Radiografia 4"	PLACA	5	40,00	200,00
	Radiografia 3"	PLACA	20	26,67	533,33
	Radiografia 2 1/2"	PLACA	12	26,67	320,00
	Otros Gastos				
	Fungibles	Global		-	-
	Alquiler	Global		-	-
	Transporte	Global	1	24,80	24,80
	Imprevistos	Global	1	37,20	37,20
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2.755,33</b>
12	Obras Civil para la instalacion subterranea de tuberia				
	Materiales menores :				
	Pavimento de Hormigon Armado	M2	10	40,00	400,00

Pavimento asfáltico	M2	4	26,67	106,67
Adoquines	M2	3	19,33	58,00
Acera	ML	1	22,67	22,67
Piso	M2	1	13,33	13,33
Tape de pared de bloques	Unidad	2	5,33	10,67
Base de apoyo para tubería aerea en riego	Unidad	17	8,00	136,00
Bobcat	H/E	4,00	26,67	106,67
<b>Mano de Obra</b>				
Demolición de pavimento de Hormigón Armado	ML	20	6,67	133,33
Reposición de pavimento de Hormigón Armado	M2	10	13,33	133,33
Demolición de pavimento asfáltico	ML	8	4,00	32,00
Reposición de pavimento asfáltico	ML	8	5,33	42,67
Demolición de adoquines	ML	6	4,00	24,00
Reposición de adoquines	ML	6	6,67	40,00
Demolición de acera	ML	1	5,33	5,33
Reposición de acera	ML	1	5,33	5,33
Demolición de piso	M2	1	6,67	6,67
Reposición de piso	M2	1	6,67	6,67
Excavación en tierra	M3	25	4,67	116,67
Relleno compactado	M3	25	3,37	84,33
Reconstrucción de malla de cerramiento	Unidad	1	20,00	20,00
Pase en pared de bloques	Unidad	2	6,67	13,33
Tape de pared de bloques	Unidad	2	10,67	21,33
Base de apoyo para tubería aerea en riego	Unidad	17	6,00	102,00
<b>Otros Gastos</b>				
Fungibles	Global	1	32,82	32,82
Alquiler	Global	1	16,41	16,41
Transporte	Global	1	32,82	32,82
Imprevistos	Global	1	49,23	49,23
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.772,40</b>
<b>13</b>	<b>Prueba Hidráulicas</b>			
<b>Mano de Obra</b>				
Tuberia 4"	ML	210	0,27	56,00
Tuberia 3"	ML	682,5	0,27	182,00
Tuberia 2 1/2"	ML	378	0,27	100,80
Tuberia 2"	ML	178,5	0,27	47,60
Tuberia 1"	ML	12,6	0,27	3,36
<b>Otros Gastos</b>				
Fungibles	Global	1	7,80	7,80
Alquiler	Global	1	3,90	3,90
Transporte	Global	1	7,80	7,80
Imprevistos	Global	1	11,69	11,69
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>420,94</b>
<b>14</b>	<b>Puesta en Marcha</b>			
<b>Mano de Obra</b>				
Tuberia 4"	ML	210	0,13	28,00
Tuberia 3"	ML	682,5	0,13	91,00
Tuberia 2 1/2"	ML	378	0,13	50,40
Tuberia 2"	ML	178,5	0,13	23,80
Tuberia 1"	ML	12,6	0,13	1,68
Equipos de Bombeos	Unidad	2	133,33	266,67
<b>Otros Gastos</b>				
Fungibles	Global	1	20,96	20,96
Alquiler	Global	1	10,48	10,48
Transporte	Global	1	20,96	20,96
Imprevistos	Global	1	31,43	31,43
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>545,37</b>
			<b>IVA</b>	<b>128.545,45</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>15.425,45</b>
<b>VALIDEZ DE LA OFERTA</b>				
<b>TIEMPO DE ENTREGA</b>				
<b>FORMA DE PAGO</b>			<b>Anticipo</b>	<b>40%</b>
			<b>Contra Entrega</b>	<b>60%</b>
<b>15 Días</b>				
<b>2 Meses</b>				



### COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

#### COSTO ENERGIA ELECTRICA

	KW	Operación (horas)	KW/hr
Bomba filtro (6)	188	24	4.512,00
Aireadores desarenador (2)	8	24	192,00
Clasificador arenas SSS 420 (2)	3	4,8	14,40
Reja 3 mm RS 18-90-3 (2)	2,2	2	4,40
Tornillo deshidratador SCC 320	2,2	2	4,40
Bomba lodos clarificador (2)	3	24	72,00
Barrelodos clarificador (2)	0,5	24	12,00
Bomba natas clarificador	0,7	2	1,40
Bomba lodos espesador	1,5	24	36,00
Puente espesador de lodos	0,37	24	8,88
Quemador biológico de caldera	0,55	24	13,20
Ignición Tea	1	0,4	0,40
Bomba recirculación lodos	0,75	24	18,00
Bomba recirculación agua	1,5	24	36,00
Soplador agitador digestor	15	24	360,00
Bomba lechoas de secado	3,5	2	7,00
Iluminación	5	12	60,00
TOTAL DIARIO			5.352,08
TOTAL MENSUAL			160.562,40
COSTO KW/hr	\$		0,11

**COSTO MENSUAL** \$ 17.742,15

#### COSTO MANO DE OBRA

	SALARIO	CANT.	
Ingéniero	\$ 1.700,00	1,00	\$ 1.700,00
Operadores	\$ 700,00	4,00	\$ 2.800,00
Vigilantes	\$ 400,00	4,00	\$ 1.600,00
Secretaria	\$ 450,00	1,00	\$ 450,00
Contadora	\$ 700,00	1,00	\$ 700,00
<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>\$</b>	<b>7.250,00</b>	

#### LUBRICACIÓN

	COSTO UNIT.	CANT.	
Aceite de Tivela S (gal.)	\$ 226,08	10	\$ 2.260,76
Aceite de Motor (4 cambios anuales)	\$ 13,56	90	\$ 1.220,81
Grasa industrial	\$ 15,60	20	\$ 311,98
<b>TOTAL ANUAL</b>			<b>\$ 3.793,55</b>

**COSTO MENSUAL** \$ 316,13

#### COMBUSTIBLE

Para operación en caso de fallas de la red  
24 horas @ 21 gal/h \$ 854,57

**COSTO MENSUAL** \$ 854,57

#### SERVICIOS

Recolección de Basura	\$	169,56
Agua	\$	84,78
Teléfono	\$	56,52

**COSTO MENSUAL** \$ 310,85

**REPUESTOS**

Apropiación mensual para fondo rotativo para compra de repuestos

<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>\$ 2.825,94</b>
----------------------	--------------------

**RESTITUCIÓN DE EQUIPOS****EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS**

20 AÑOS

Bombas de agua	\$ 148.388,50
Aireadores	\$ 28.960,39
Clasificaciones de arena	\$ 90.091,11
Rejilla	\$ 110.652,68
Tornillo deshidratador	\$ 36.540,99
Bombas de lodos clarificador	\$ 57.307,27
Bombas de natas clarificador	\$ 3.673,73
Bombas de lodos espesador	\$ 21.871,37
Sistema de agitación digestor primario	\$ 223.436,12
Bombas de lodos recirculación	\$ 21.871,37
Bombas lechos de secado	\$ 51.929,55
Caldera	\$ 49.357,95
Tea	\$ 64.553,61
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 908.634,64</b>

<b>COSTO MENSUAL PARCIAL</b>	<b>\$ 3.785,98</b>
------------------------------	--------------------

5 AÑOS

**INSTRUMENTACIÓN**

Medición nivel US	\$ 9.237,85
Flotadores	\$ 565,19
Medición DBO	\$ 65.477,13
Medición pH	\$ 9.608,21
Medición Temperatura	\$ 1.299,93
Medición de caudal	\$ 39.429,67
Medición de presión	\$ 1.819,91
Medición de flujo	\$ 20.798,95
Detector H <sub>2</sub> S	\$ 8.319,58
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 156.556,43</b>
<b>COSTO MENSUAL PARCIAL</b>	<b>\$ 2.609,27</b>

<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>\$ 6.395,25</b>
----------------------	--------------------

**VARIOS**

Gasolina	\$ 1.130,38
Papelería e insumo de oficina	\$ 1.695,57
Pintura	\$ 1.130,38
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>\$ 3.956,32</b>

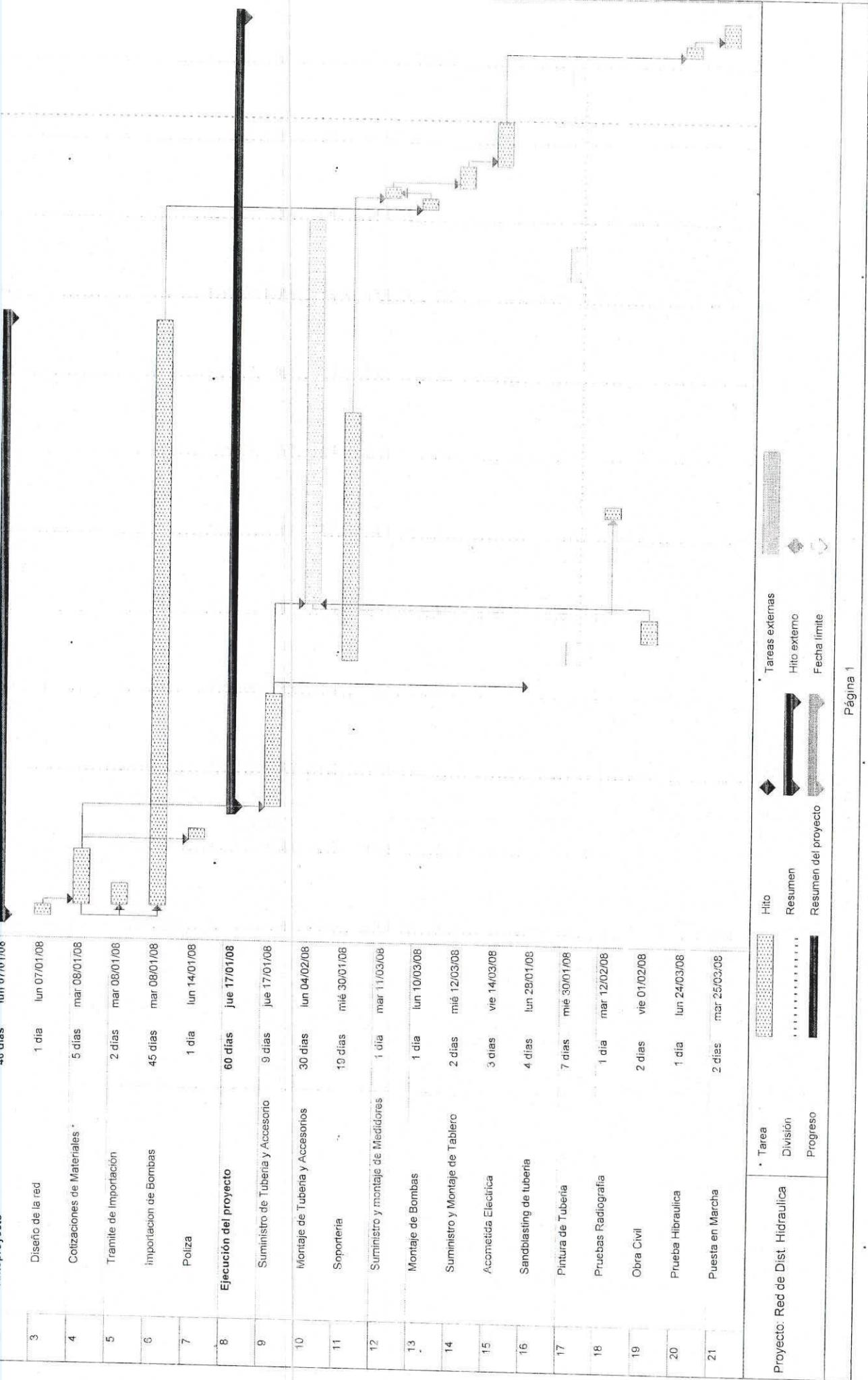
<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>\$ 329,69</b>
----------------------	------------------

<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>	<b>\$ 36.024,58</b>
----------------------------	---------------------

## APENDICE F (CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES)



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"  
F. I. M. C. P.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Munson Young Okiishi. Fundamento de Mecánica de Fluidos. Editorial Limusa, S.A.,2003. Segunda Pre-impresión.
2. P. Gerhart, R. Cross, J. Hochstein. Fundamentos de Mecánica de Fluidos. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. U.S.A. 1995. Segunda Edición.
3. Catálogo de DIPAC actualizado.
4. Manual de Hidráulica. J.M de Azevedo Netto y Acosta A. Guillermo. Sao Paulo.1975. Editorial HARLA
5. Abastecimientos de agua y alcantarillado. Mijares R. Gustavo. 3era Edición. Caracas 1980. Ediciones Vega s.r.l.
6. Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua,
7. Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento de bombas. HIDROSTAL.Lima, 2000.
8. Bombas y estaciones elevatorias utilizadas en abastecimiento de agua. Yassuda R. Eduardo et al. Sao Paulo, 1966. Universidad de Sao Paulo.
9. Steel Structure Painting Counscil. Normas SSPC-SP.



BIBLIOTECA 'CONCEPCIÓN  
F. I. M.'