

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**



**TOMO I**

**“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE UNA ADUCCIÓN PARA  
SISTEMAS DE AGUA POTABLE A PRESIÓN, EN ZONAS DE  
FUERTES PENDIENTES UTILIZANDO TUBERÍA PEAD VS PVC Y  
CONSIDERANDO SISTEMAS DE REGULACIÓN DE PRESIÓN”**

**Por:**

**WILLAN VICENTE ACOSTA ARCE**

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico en Licenciatura de Ingeniería Civil.

**Semestre II – 2022**

**Tarija-Bolivia**

## **DEDICATORIA**

Se le dedico al forjador de mi camino, a mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo al creador, de mis padres y de las personas que más amo.

## ÍNDICE GENERAL

1. CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	3
1.5. OBJETIVOS.....	3
1.5.1. OBJETIVO GENERAL:.....	3
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
1.6. DELIMITACIONES .....	4
1.6.1. DELIMITACIÓN DEL UNIVERSO.....	4
1.6.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	4
1.7. ALCANCE DEL TRABAJO .....	6
1.8. JUSTIFICACIÓN.....	6
2. CAPÍTULO II.....	7
2.1. MARCO HISTÓRICO .....	7
2.1.1. HISTORIA DE LAS CONDUCCIONES DE AGUA .....	7
2.1.2. HISTORIA DE LAS CONDUCCIONES CON TUBERÍAS PVC .....	8
2.1.3. HISTORIA DE LAS CONDUCCIONES CON TUBERÍAS PEAD.....	9
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.2.1. ADUCCIÓN.....	10
2.2.2. TUBERÍAS PVC.....	10
2.2.3. TUBERÍAS PEAD .....	15
2.2.4. ESTACIONES REDUCTORA DE PRESIÓN (ERP).....	24
2.2.5. ELEMENTOS BÁSICOS DE DISEÑOS PARA CONDUCTOS A PRESIÓN .....	39
2.3. MARCO NORMATIVO.....	47

3. CAPÍTULO III .....	48
3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	48
3.2. ALTERNATIVAS DE ESTUDIOS .....	48
3.3. CODIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	49
3.4. DISEÑO HIDRÁULICO .....	50
3.4.1. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 01-5-PEAD-CRP .....	51
3.4.2. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 02-5-PEAD-VRP .....	58
3.4.3. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 03-5-PVC-CRP.....	65
3.4.4. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 04-5-PVC-VRP.....	71
3.4.5. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 05-10-PEAD-CRP .....	78
3.4.6. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 06-10-PEAD-VRP .....	84
3.4.7. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 07-10-PVC-CRP.....	90
3.4.8. DISEÑO HIDRÁULICO ALTERNATIVA 08-10-PVC-VRP.....	96
3.5. PRESUPUESTO GENERAL.....	104
3.5.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	104
3.5.2. RESUMEN DE PRESUPUESTOS ECONÓMICOS POR ALTERNATIVAS	113
4. CAPÍTULO IV .....	114
4.1. ANÁLISIS TÉCNICO .....	114
4.1.1. ANÁLISIS DE LAS CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL DISEÑO .....	118
4.1.2. COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE ESTACIONES REDUCTORAS DE PRESIÓN .....	120
4.1.3. COMPARACIÓN DE VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN.....	121
4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	124
4.2.1. COMPARACIÓN ECONÓMICA GENERAL .....	124
4.2.2. COMPARACION DE COSTO EN MOVIMIENTOS DE TIERRA .....	125
4.2.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ESTACIONES REDUCTORAS DE PRESIÓN PARA LA VIDA ÚTIL DEL PROYECTO.....	128

CONCLUSIONES .....78

RECOMENDACIONES.....79

BIBLIOGRAFÍA.....80

ANEXOS:

**A1. FOTOGRAFIAS**

**A2. COTIZACIONES**

**A3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**A4. CÓMPUTOS MÉTRICOS**

**A5. PLANOS**

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1.</b>	Demanda de polímeros en el año 2013.....	1
<b>Figura 2.</b>	Consumo de etileno en el mundo .....	2
<b>Figura 3.</b>	Ubicación geográfica del proyecto .....	5
<b>Figura 4.</b>	Equipo de unión por termofusión de tuberías PEAD. ....	22
<b>Figura 5.</b>	Unión por electrofusión. ....	23
<b>Figura 6.</b>	Uniones desmontables. ....	24
<b>Figura 7.</b>	Detalle de una cámara rompe presión.....	25
<b>Figura 8.</b>	Cámara rompe presión comunidad de llanadas .....	26
<b>Figura 9.</b>	Esquema de válvulas reductoras de presión para zonas de fuertes pendientes ...	28
<b>Figura 10.</b>	Válvula Reductora de Presión .....	29
<b>Figura 11.</b>	Red de distribución urbana escalonada. ....	32
<b>Figura 12.</b>	Red de riego ramificada escalonada. ....	33
<b>Figura 13.</b>	Aducción para el suministro de varias poblaciones.....	33
<b>Figura 14.</b>	Gráfica de cavitación .....	37
<b>Figura 15.</b>	Relleno de zanja.....	46
<b>Figura 16.</b>	Alternativa de diseño .....	49
<b>Figura 17.</b>	Comparación de número de ERP para alternativas con caudal de 5 l/s .....	120
<b>Figura 18.</b>	Comparación de número de ERP para alternativas con caudal de 10 l/s .....	120
<b>Figura 19.</b>	Comparación del volumen excavación de zanjas para alternativas con caudal de 5 l/s .....	121
<b>Figura 20.</b>	Comparación del volumen excavación de zanja para alternativas con caudal 10 l/s .....	121
<b>Figura 21.</b>	Volumen de excavación en partida de ERP para alternativas	

	con caudal 5 l/s .....	122
<b>Figura 22.</b>	Volumen de excavación en partida de ERP para alternativas con caudal 10 l/s	122
<b>Figura 23.</b>	Tiempo de ejecución para alternativas de caudal 5 l/s .....	123
<b>Figura 24.</b>	Tiempo de ejecución para alternativas de caudal 10 l/s .....	123
<b>Figura 25.</b>	Comparación de presupuesto general para alternativas con un caudal de 5 l/s .....	124
<b>Figura 26.</b>	Comparación de presupuesto general para alternativas con un caudal de 10 l/s .....	124
<b>Figura 27.</b>	Comparación de excavación de zanja para alternativas de caudal 5 l/s .....	125
<b>Figura 28.</b>	Comparación de excavación de zanja para alternativas de caudal 10 l/s .....	125
<b>Figura 29.</b>	Comparación de relleno de zanja para alternativas de caudal 5 l/s .....	126
<b>Figura 30.</b>	Comparación de relleno de zanja para alternativas de caudal 10 l/s .....	126
<b>Figura 31.</b>	Comparación de excavación para ERP por alternativas de caudal 5 l/s .....	127
<b>Figura 32.</b>	Comparación de excavación para ERP por alternativas de caudal 10 l/s .....	127
<b>Figura 33.</b>	Análisis económico de las ERP para los 20 años de vida útil del proyecto para alternativa con $Q= 5$ l/s.....	128
<b>Figura 34.</b>	Análisis económico de las ERP para los 20 años de vida útil del proyecto para alternativa con $Q= 10$ l/s.....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Accesorios PVC. ....	11
Tabla 2.	Propiedades físicas del PVC. ....	13
Tabla 3.	Tipos de accesorios .....	16
Tabla 4.	Clasificación de las tuberías PEAD .....	18
Tabla 5.	Características técnicas de la tubería PEAD .....	21
Tabla 6.	Relaciones dimensional mínimas (SDR) para soldadura por electrofusión. ....	23
Tabla 7.	Ventajas y desventajas en una CRP .....	27
Tabla 8.	Materiales de fábrica de VRP.....	31
Tabla 9.	Ventajas y desventaja de una VRP.....	34
Tabla 10.	Valores velocidad máxima recomendados en válvulas. ....	35
Tabla 11.	Valores Cv máximo recomendados en válvulas. ....	36
Tabla 12.	Presión de vapor del agua a diferentes temperaturas.....	36
Tabla 13.	Valores de la presión atmosférica a diferentes alturas .....	36
Tabla 14.	Capacidad de la válvula.....	38
Tabla 15.	Período de diseño (años) .....	41
Tabla 16.	Velocidad máxima permisible en tuberías (m/s) .....	42
Tabla 17.	Planilla de cálculo hidráulico .....	43
Tabla 18.	Valores del coeficiente C de Hazen-Williams.....	44
Tabla 19.	Profundidad y ancho de zanja.....	45
Tabla 20.	Codificación de alternativas .....	49
Tabla 21.	Alternativas de diseños.....	49
Tabla 22.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 01 5 PEAD CRP.....	51
Tabla 23.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 02-5-PEAD-VRP .....	58



Tabla 24.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 03-5-PVC-CRP .....	65
Tabla 25.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 04-5-PVC-VRP .....	71
Tabla 26.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 05-10-PEAD-CRP .....	78
Tabla 27.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 06-10-PEAD-VRP .....	84
Tabla 28.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 07-10-PVC-CRP .....	91
Tabla 29.	Planilla de diseño hidráulico alternativa 08-10-PVC-VRP .....	97
Tabla 30.	Resumen de presios unitarios .....	104
Tabla 31.	Presupuesto general alternativa 01-5-PEAD-CRP .....	106
Tabla 32.	Presupuesto general alternativa 02-5-PEAD-VRP .....	107
Tabla 33.	Presupuesto general alternativa 03-5-PVC-CRP .....	108
Tabla 34.	Presupuesto general alternativa 04-5-PVC-VRP .....	109
Tabla 35.	Presupuesto general alternativa 05-10-PEAD-CRP .....	110
Tabla 36.	Presupuesto general alternativa 06-10-PEAD-VRP .....	111
Tabla 37.	Presupuesto general alternativa 07-10-PVC-CRP .....	112
Tabla 38.	Presupuesto general alternativa 08-10-PVC-VRP .....	113
Tabla 39.	Resumen de costo por alternativa en moneda Nacional (bs) .....	
	boliviano y (\$) Dólar Estadounidense (6,96 bs = 1 \$).....	113
Tabla 40.	Comparación de las consideraciones técnicas de las tuberías .....	114
Tabla 41.	Comparación de las consideraciones técnicas de las ERP. ....	116
Tabla 42.	Comparación técnica de las tuberías instaladas .....	118
Tabla 43.	Comparación técnica de las estaciones reductoras de presión .....	119