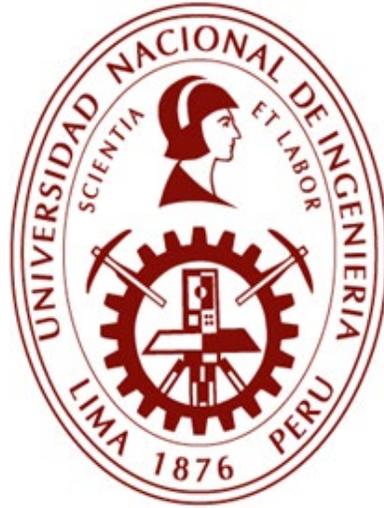


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EXPEDIENTE TECNICO “AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO
DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE
MOLLENDO” – PROVINCIA DE ISLAY, REGIÓN AREQUIPA**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

ELABORADO POR:

HELMUT RICKY RODRÍGUEZ CUEVA

ASESOR:

ING. JORGE LUIS OLIVAREZ VEGA

LIMA - PERÚ

2018

TOMO I

DEDICATORIA

A mi madre, que en su afán de alejarme de las cosas negativas en el cual me estaba adentrando, decidió traerme a la ciudad de Lima, para conocer que el mundo no era solo el pueblito donde vivía, sino que es basto. Ese pequeño viaje por una semana, hizo que yo decidiera no volver con ella al pueblo donde vivíamos y retomé mi sueño de niño que era convertirme en ingeniero.

Tabita Pércida Cueva Brañez

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a mi madre Tabita Cueva Brañez, mi tía Mency Rodríguez Vivas, mis hermanos Marco Zenteno Cueva y Jhonny Centeno Cueva, que han sido las personas que me ayudaron incondicionalmente en mi aventura emprendida de seguir estudiando, que sin su ayuda no hubiera sido posible cumplir esta meta.

RESUMEN

Mollendo es una ciudad que se ubica en la costa sur oeste del Perú, tiene una población aproximada de 28000 habitantes, los cuales se bastecen por medio de un sistema de agua potable que tiene más de 56 años de antigüedad y que actualmente presenta una serie de deficiencias en calidad, cantidad, continuidad y cobertura.

La empresa prestadora de los servicios de saneamiento SEDAPAR S.A. consiente de sus limitaciones en el servicio, ha venido elaborando proyectos y ejecutando obras para dar un mejor servicio; como es el caso de la ampliación de la captación, línea de conducción y planta de tratamiento de agua potable para producir 100L/s adicionales a la producción existente, quedando por resolver los problemas en el sistema de distribución. Para tal fin ha elaborado un perfil con código SNIP 113240 denominado “Ampliación, Renovación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Mollendo Matarani- Distritos de Mollendo, Provincia de Islay, Región Arequipa”

El objetivo inicial de la tesis era desarrollar a nivel de expediente técnico la alternativa declarado viable en el estudio de perfil de código SNIP 113240 propiedad de SEDAPAR S.A. Dado la antigüedad del estudio, del crecimiento de la población, la aparición de nuevas habilitaciones urbanas en la ciudad de Mollendo y a obras ejecutadas por el gobierno regional sin coordinación con SEDAPAR S.A., la alternativa declarada viable en el estudio de perfil no se ajusta a la realidad actual de la ciudad de Mollendo. Por lo tanto en la tesis, se tuvo que plantear nuevas alternativas de solución que incluyen a las nuevas habilitaciones urbanas y a los nuevos componentes, elegir la más económica y ésta desarrollarla a nivel de estudio definitivo.

Para tal fin, primeramente se ha recabado información del sistema existente, se ha realizado un diagnóstico del sistema existente de agua potable de la ciudad de Mollendo, se ha actualizado el catastro de habilitaciones, se determina la población actual, se elabora los estudio de población y demanda; luego, se plantean las alternativas de solución en la cual se desarrolla un análisis técnico económico para determinar la más económica y de ésta se dimensionan sus componentes a nivel de expediente técnico todo lo concerniente a la especialidad de ingeniería sanitaria.

Las estructuras proyectadas en la alternativa más económica, involucran componentes comunes que varían en volúmenes en caso de reservorios, en

diámetros en caso de líneas de conducción y caudales, etc.; de todos ellos se ha elegido uno de cada tipo de componente y se ha elaborado su diseño a nivel de estudio definitivo, ya que elaborar el expediente completo implica repetir los mismos procedimientos y la tesis sería muy voluminoso.

Para el planeamiento de las alternativas de solución, primeramente se ha sectorizado el sistema existente en 7 sectores de abastecimiento. Donde los sectores del 2 al 6 serán abastecidos cada uno desde un reservorio apoyado y el sector 1, será bastecido directamente desde la planta de tratamiento con la instalación de una línea de aducción que saldrá de la cisterna proyectada (1875m³).

Entonces en base a la sectorización proyectada y en base a la alternativa seleccionada, el sistema de distribución está compuesto por:

- 7 sectores de abastecimiento, de los cuales: en el sector 1, 2 y 3 se proyecta el mejoramiento con la renovación de redes y conexiones domiciliarias; en los sectores 4, 5, 6 y 7 se proyecta la ampliación de redes y conexiones domiciliarias.
- 9 reservorios apoyados de almacenamiento, de los cuales el RAP-1 y el R6A son proyectados, además de que los reservorios R2 y R2A abastecerán al sector 2 al igual que los reservorios R6 y R6A que abastecerá al sector 5.
- 6 líneas de impulsión, donde cuatro de ellas se proyecta su construcción de Hierro Dúctil de diámetros DN450mm, DN350mm, DN250mm y DN150mm y dos de ellas son existentes de PVC DN250mm y DN160mm.
- Una línea de conducción, la cual es proyectada de DN150mm de PVC,
- 6 estaciones de bombeo, de las cuales 4 estaciones de bombeo son proyectadas y dos son existente, para estas dos estaciones de bombeo existente se contempla su mejoramiento.
- Se proyecta cambiar las líneas de aducción existente a excepción del reservorio R-01 (Sector 6),

Todo el sistema proyectado está previsto para que funciona de forma automatizada, los reservorios y las estaciones de bombeo, se proyectan con elementos necesarios para que puedan funcionar automáticamente.

El periodo de diseño del expediente se ha estimado hasta el año 2036, pero la planta de tratamiento existente; así como, los componentes captación, línea de conducción de agua cruda, cubren la demanda hasta el año 2029, en este año, se

deben ampliar todos estos componentes para conducir y tratar 29.23L/s adicionales a la capacidad que poseen, que es de 200L/s.

Por otro lado, en el diagnóstico se ha podido identificar que la planta de tratamiento de agua potable no está cumpliendo con eliminar elementos pesados como Arsénico, fierro y otros elementos, dado que han sido diseñadas para otras normas menos exigentes, y con el cambio de los Límites Máximos Permisibles para agua apta para consumo humano publicado el año 2011, en caso de arsénico, este parámetro ha bajado 10 veces menos; por lo tanto, el agua tratada no está cumpliendo con esta nueva norma. Dado que la presente tesis no interviene con obras en la Planta de Tratamiento de Agua Potable, porque actualmente tiene capacidad ociosa instalada, se plantea en la presente tesis, tres soluciones posibles, las cuales tienen que ser investigadas y evaluadas económicamente antes de su implementación en la planta.

ABSTRACT

Mollendo is a city that is located on the south west coast of Peru, has a population of approximately 28,000 inhabitants, which are sufficient by means of a drinking water system that is more than 56 years old and that currently presents a series of deficiencies in quality, quantity, continuity and coverage.

The company providing sanitation services SEDAPAR S.A. aware of its limitations in the service, it has been elaborating projects and executing works to give a better service; as it is the case of the expansion of the catchment, line of conduction and potable water treatment plant to produce additional 100L / s to the existing production, remaining to solve the problems in the distribution system. To this end, it has prepared a profile with SNIP code 113240 called "Extension, Renewal and Improvement of the Drinking Water and Sewerage System of Mollendo Matarani - Districts of Mollendo, Province of Islay, Arequipa Region"

The initial objective of the thesis was to develop at the level of technical file the alternative declared viable in the study of SNIP code profile 113240 property of SEDAPAR S.A. Given the age of the study, the growth of the population, the appearance of new urban permits in the city of Mollendo and works executed by the regional government without coordination with SEDAPAR SA, the alternative declared viable in the profile study does not conform to the current reality of the city of Mollendo. Therefore, in the thesis, new solution alternatives had to be considered, including new urban permits and new components, choosing the most economical one and developing it at the final study level.

To this end, information has first been collected on the existing system, a diagnosis of the existing potable water system of the city of Mollendo has been made, the cadastre of ratings has been updated, the current population is determined, the population study is prepared and demand; then, the solution alternatives are proposed, in which an economic-technical analysis is developed to determine the most economical one and its components are dimensioned at the level of the technical file, everything concerning the specialty of sanitary engineering.

The structures projected in the most economical alternative, involve common components that vary in volumes in case of reservoirs, in diameters in case of lines of conduction and flows, etc.; of all of them, one of each type of component has been chosen and its design has been drawn up at the level of the definitive study, since

the elaboration of the complete file implies repeating the same procedures and the thesis would be very voluminous.

For the planning of the solution alternatives, the existing system has been sectorized in 7 supply sectors. Where sectors from 2 to 6 will be supplied each from a supported reservoir and sector 1, will be directly from the treatment plant with the installation of an adduction line that will leave the projected cistern (1875m³).

Then, based on the projected sectorisation and based on the selected alternative, the distribution system is composed of:

- 7 supply sectors, of which: in sector 1, 2 and 3 the improvement is projected with the renovation of networks and household connections; In sectors 4, 5, 6 and 7 the expansion of home networks and connections is projected.
- 9 supported storage reservoirs, of which RAP-1 and R6A are projected, in addition to which reservoirs R2 and R2A will supply sector 2 as well as reservoirs R6 and R6A that will supply sector 5.
- 6 lines of impulsion, where four of them project their Ductile Iron construction of diameters DN450mm, DN350mm, DN250mm and DN150mm and two of them are existing PVC DN250mm and DN160mm.
- A line of conduction, which is projected of DN150mm of PVC,
- 6 pumping stations, of which 4 pumping stations are projected and two are existing, for these two existing pumping stations their improvement is contemplated.
- It is planned to change the existing adduction lines with the exception of reservoir R-01 (Sector 6),

The entire projected system is designed to work automatically, reservoirs and pumping stations are projected with elements necessary for them to work automatically.

The design period of the file has been estimated until the year 2036, but the existing treatment plant; as well as, the intake components, raw water line, cover the demand until the year 2029, in this year, all these components must be expanded to drive and treat an additional 29.23L / s to the capacity they possess, which is 200L / s.

On the other hand, in the diagnosis it has been possible to identify that the potable water treatment plant is not complying with the elimination of heavy elements such as arsenic, iron and other elements, since they have been designed for other less

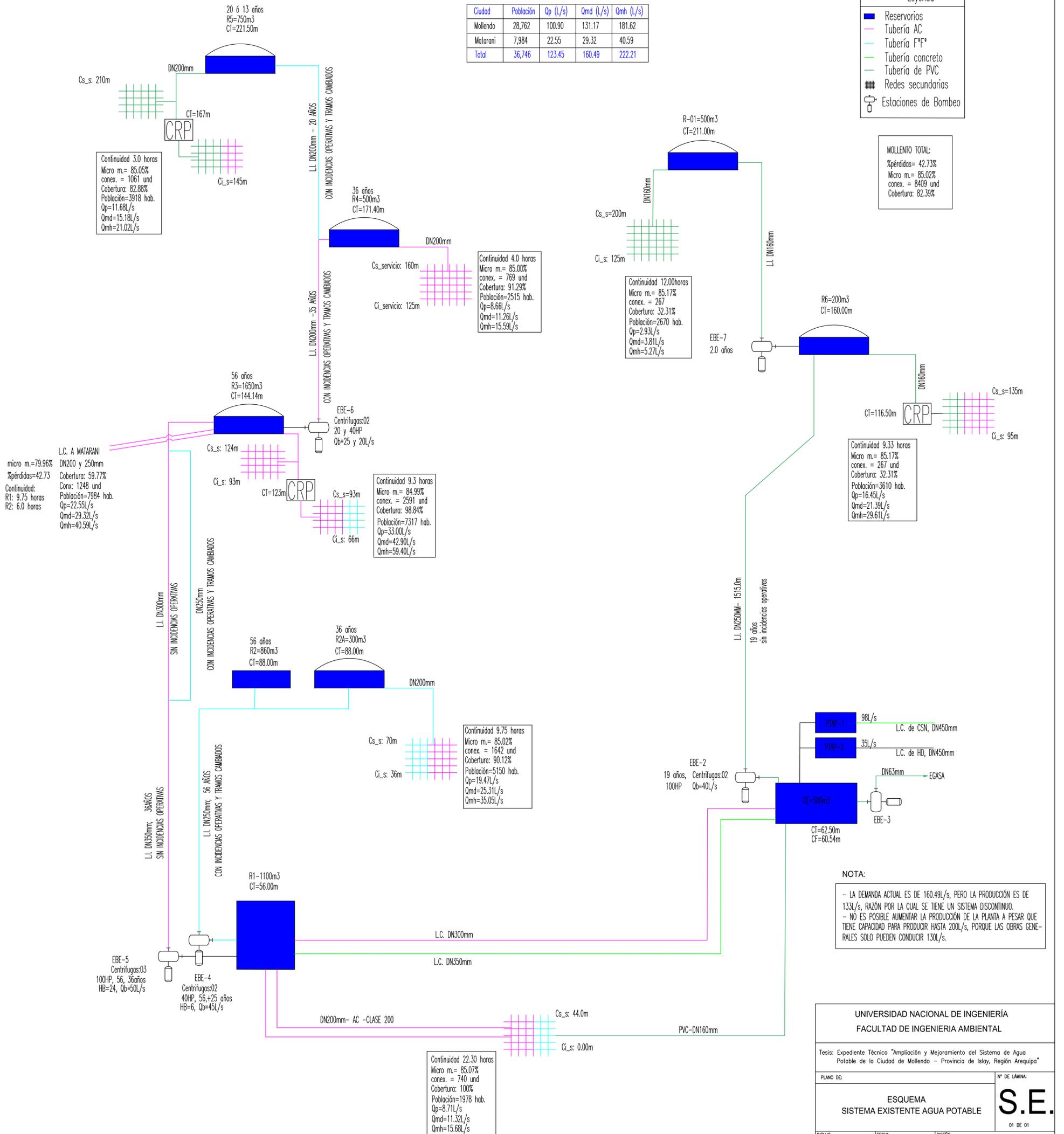
demanding standards, and with the change of Maximum Permissible Limits for water suitable for human consumption published in 2011, in case of arsenic, this parameter has dropped 10 times less; therefore, the treated water is not complying with this new norm. Given that this thesis does not intervene with works in the Potable Water Treatment Plant, because it currently has idle installed capacity, this thesis proposes three possible solutions, which have to be investigated and evaluated economically before their implementation in plant.

CUADRO RESUMEN DE POBLACIÓN, DEMANDA DE MOLLENDO Y MATARANI

Ciudad	Población	Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)
Mollendo	28,762	100.90	131.17	181.62
Matarani	7,984	22.55	29.32	40.59
Total	36,746	123.45	160.49	222.21

Legenda	
	Reservorios
	Tubería AC
	Tubería F*F*
	Tubería concreto
	Tubería de PVC
	Redes secundarias
	Estaciones de Bombeo

MOLLENDO TOTAL:
%pérdidas= 42.73%
Micro m.= 85.02%
conex. = 8409 und
Cobertura: 82.39%



NOTA:
- LA DEMANDA ACTUAL ES DE 160.49L/s, PERO LA PRODUCCIÓN ES DE 133L/s, RAZÓN POR LA CUAL SE TIENE UN SISTEMA DISCONTINUO.
- NO ES POSIBLE AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LA PLANTA A PESAR QUE TIENE CAPACIDAD PARA PRODUCIR HASTA 200L/s, PORQUE LAS OBRAS GENERALES SOLO PUEDEN CONDUCIR 130L/s.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

Tesis: Expediente Técnico "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Mollendo - Provincia de Islay, Región Arequipa"

PLANO DE: N° DE LÁMINA:

ESQUEMA
SISTEMA EXISTENTE AGUA POTABLE

S.E.
01 DE 01

DIBUJO: H.R.R.C	FECHA: 01/2018	DISEÑO: BACHILLER HELMUT RICKY RODRIGUEZ CUEVA
ESCALA: INDICADA	ESPECIALIDAD: INGENIERIA SANITARIA	

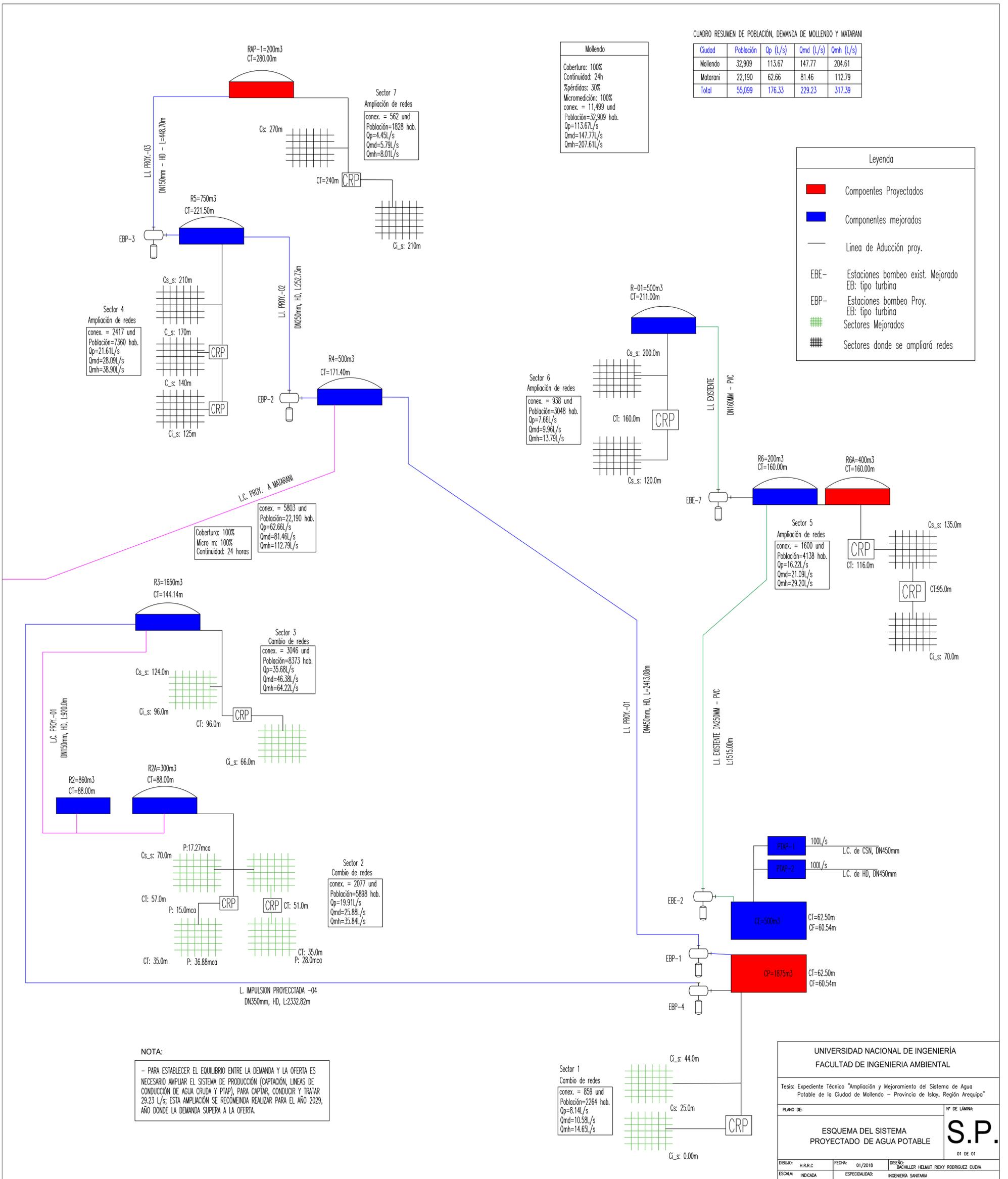
CUADRO RESUMEN DE POBLACIÓN, DEMANDA DE MOLENDO Y MATARANI

Ciudad	Población	Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)
Mollendo	32,909	113.67	147.77	204.61
Matarani	22,190	62.66	81.46	112.79
Total	55,099	176.33	229.23	317.39

Mollendo
Cobertura: 100%
Continuidad: 24h
% Pérdidas: 30%
Micromedición: 100%
conex. = 11,499 und
Población=32,909 hab.
Qp=113.67L/s
Qmd=147.77L/s
Qmh=207.61L/s

Leyenda

- Componentes Projectados
- Componentes mejorados
- Línea de Aducción proy.
- EBE- Estaciones bombeo exist. Mejorado
EB: tipo turbina
- EBP- Estaciones bombeo Proy.
EB: tipo turbina
- Sectores Mejorados
- Sectores donde se ampliará redes



NOTA:
- PARA ESTABLECER EL EQUILIBRIO ENTRE LA DEMANDA Y LA OFERTA ES NECESARIO AMPLIAR EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN (CAPTACIÓN, LINEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA Y PTAP), PARA CAPTAR, CONDUCCION Y TRATAR 29.23 L/s; ESTA AMPLIACIÓN SE RECOMIENDA REALIZAR PARA EL AÑO 2029, AÑO DONDE LA DEMANDA SUPERA A LA OFERTA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

Tesis: Expediente Técnico "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Mollendo - Provincia de Islay, Región Arequipa"

PLANO DE: **ESQUEMA DEL SISTEMA PROYECTADO DE AGUA POTABLE** N° DE LÁMINA: **S.P.**
01 DE 01

DIBUJO: H.R.R.C. FECHA: 01/2018 DISEÑO: BACHILLER HELMUT RICKY RODRIGUEZ CUEVA
ESCALA: INDICADA ESPECIALIDAD: INGENIERIA SANITARIA

Contenido

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y ASPECTOS GENERALES	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	2
3. DEFICIENCIAS DEL SISTEMA EXISTENTE	3
4. OBJETIVOS	4
5. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	5
6. ASPECTOS GENERALES.....	5
6.1. DATOS HISTÓRICOS	5
6.2. UBICACIÓN Y ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	6
6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD:.....	7
6.3.1. Geográficas	7
6.3.2. Clima.....	8
6.3.3. Accesibilidad.....	8
6.3.4. Vivienda	9
6.3.5. Educación	11
6.3.6. Salud.....	11
6.3.7. Actividades Económicas.....	12
6.3.8. Servicios Públicos	13
CAPITULO II: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE.....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE.....	14
1.1. Fuente de abastecimiento.....	17
1.2. Almacenamiento	17
1.3. Líneas de conducción.....	18
1.4. Líneas de impulsión	18
1.5. Sectores de abastecimiento.....	19

2.	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE	20
2.1.	Captación superficial.....	20
2.2.	Líneas de conducción de agua cruda	20
2.3.	Planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena.....	21
2.4.	Líneas de conducción de agua tratada.....	23
2.5.	Líneas de impulsión	23
2.6.	Estaciones de bombeo	26
2.6.1.	Estaciones de bombeo en la PTAP	26
2.6.2.	Estaciones de bombeo en el R1	27
2.6.3.	Estación de bombeo en el R3	28
2.6.4.	Estación de bombeo en el R6	29
2.7.	Unidades de almacenamiento	30
2.7.1.	Reservorio R1	30
2.7.2.	Reservorio R2 y R2A	32
2.7.3.	Reservorio R-3.....	34
2.7.4.	Reservorio R4	36
2.7.5.	Reservorio R5	37
2.7.6.	Reservorio R6	38
2.7.7.	Reservorio R-01.....	39
2.8.	Líneas de aducción	40
2.9.	Rede de distribución	40
2.10.	Conexiones domiciliarias.....	41
2.11.	Pérdidas de agua en el sistema de agua potable	42
2.12.	Calidad de agua.....	42
2.13.	Conclusiones del diagnóstico	44
	CAPITULO III: ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA.....	47
1.	ESTUDIO DE POBLACIÓN	47
1.1.	OBJETIVO DEL ESTUDIO	47

1.2.	DATOS CENSALES PARA EL ANALISIS POBLACIONAL	47
1.3.	METODOS DESARROLLADOS	47
1.3.1.	Método Aritmético.....	48
1.3.2.	Método geométrico.....	49
1.3.3.	Método Parabólico.....	51
1.3.4.	Método Lineal Modificada	52
1.4.	SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA ESTIMACION DE LA POBLACION	52
1.4.1.	Selección del modelo matemático para la ciudad de Mollendo	53
1.4.2.	Selección del modelo matemático para la localidad de Islay (Matarani)	57
1.5.	CONCLUSIONES.....	61
1.6.	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN	61
2.	ESTUDIO DE DEMANDA	65
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	65
2.2.	ESTUDIO DE LA DEMANDA	65
2.3.	CONSUMOS	66
2.3.1.	Variaciones diarias (K1)	67
2.3.2.	Variaciones horarias (K2).....	68
2.3.3.	Tipos de consumos	68
2.4.	DENSIDAD DE VIVIENDA.....	69
2.5.	PORCENTAJE DE COBERTURA	69
2.6.	PORCENTAJE DE MICROMEDICIÓN	70
2.7.	EL PORCENTAJE DE PÉRDIDAS.....	70
2.8.	DEMANDA DE MOLLENDO Y MATARANI	71
2.8.1.	Información considerada para cálculo de la demanda.....	72
2.8.2.	Metodología.....	72
2.8.3.	Cálculo del consumo doméstico y comercial por conexión	73
2.8.4.	Consumo para las conexiones, industriales, estatales y sociales.....	78

2.8.5.	Densidad de vivienda.....	78
2.8.6.	Cálculo del porcentaje cobertura y micro medición	79
2.8.7.	Cálculo de % de pérdidas	79
2.8.8.	Resultados de la hoja de cálculo de la demanda.....	80
2.8.9.	Cálculo de la demanda de la ciudad de Matarani	82
2.8.10.	Cálculo de la Demanda de la ciudad de Mollendo.....	85
CAPÍTULO IV: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y ANALISIS DE COSTOS.....		106
1.	PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	106
2.	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	106
2.1.	ALTERNATIVA I:.....	106
2.2.	ALTERNATIVA II:.....	108
2.1.	ALTERNATIVA III:.....	110
3.	ANALISIS DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS.....	114
3.1.	ESTIMACIÓN DE COSTOS C1, C2 Y C3.....	115
3.2.	ESTIMACIÓN DEL COSTO C4.....	121
3.3.	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	122
3.3.1.	Costos de la alternativa I.....	122
3.3.2.	Costo de la Alternativa II	123
3.3.3.	Costo de la Alternativa III	124
CAPÍTULO V: SISTEMA PROYECTADO DE AGUA POTABLE.....		125
1.	INTRODUCCIÓN.....	125
2.	ESTUDIO BÁSICOS	125
3.	SISTEMA DE AGUA POTABLE PROYECTADO.....	126
3.1.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	126
3.1.1.	Periodo óptimo de diseño.....	126
3.1.2.	Población y cobertura	126
3.1.3.	Demanda de agua potable.....	128
3.1.4.	Caudales de diseño.....	129

3.2. CRITERIOS DE DISEÑO	130
3.2.1. Criterios para el dimensionamiento de reservorios.....	130
3.2.2. Criterio de dimensionamiento de redes	130
3.2.3. Criterio de dimensionamiento de líneas de Impulsión	133
3.2.4. Criterios de dimensionamiento de líneas de conducción.....	133
3.2.5. Características técnicas de los componentes.....	134
3.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO.....	135
8.3.1. Fuente de abastecimiento.....	135
8.3.2. Reservorios de almacenamiento.....	138
8.3.3. Línea de conducción	140
8.3.4. Líneas de impulsión	141
8.3.5. Estaciones de bombeo	141
8.3.6. Redes de agua potable.....	142
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES.....	148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
Gráfico 1: Adquisición de vivienda.....	9
Gráfico 2: Adquisición de vivienda.....	10
Gráfico 3: Servicios básicos en las viviendas	10
Gráfico 4: horas de continuidad que brinda a su sector el R1	31
Gráfico 5: horas de continuidad que brinda a su sector el R2 y R2A	34
Gráfico 6: horas de continuidad que brinda a su sector el R3	35
Gráfico 7: horas de continuidad que brinda a su sector el R4	37
Gráfico 8: horas de continuidad que brinda a su sector el R5	38
Gráfico 9: horas de continuidad que brinda a su sector el R6	39
Gráfico 10: Curvas del crecimiento Poblacional de Mollendo	57
Gráfico 11: Curvas del crecimiento Poblacional de Matarani.....	60
Gráfico 12: Curva para la estimación de costo del equipo de bombeo	117

Imagen 1: Macro ubicación del área del proyecto	7
Imagen 2: Esquema inicial de agua potable	15
Imagen 3: Esquema de agua potable en 1981	15
Imagen 4: Esquema del componente que se adiciona 1998.....	16
Imagen 5: Esquema del componente que se adiciona en el 2005.....	16
Imagen 6: Esquema del componente que se adiciona en el 2009.....	17
Imagen 7: Cisterna existente	23
Imagen 8: Estaciones de bombeo en la PTAP	26
Imagen 9: esquema de la estación de bombeo en el R1	27
Imagen 10: Válvula check con fuga.....	28
Imagen 11: Equipos de bombeo del R3.....	29
Imagen 12: Reservorio R1	30
Imagen 13: Reservorio R2	32
Imagen 14: caseta de válvulas del R2	32
Imagen 15: caseta de válvulas del R2A.....	33
Imagen 16: Reservorio R3	34
Imagen 17: Reservorio R4	36
Imagen 18: Caseta de válvulas del R4	36
Imagen 19: Reservorio del R5.....	37
Imagen 20: Caseta de válvulas del R6	39
Imagen 21: Foto satelital de Mollendo en el año 2009.....	54
Imagen 22: Foto satelital de Mollendo en el año 2014.....	54
Imagen 23: Sectores de abastecimiento proyectado - Mollendo.....	86
Imagen 24: Esquema proyectado de la alterativa I	108
Imagen 25: Esquema proyectado de la alterativa II	110
Imagen 26: Esquema proyectado de la alterativa III.....	112
Cuadro 1: Densidad de vivienda	11
Cuadro 2: Reservorios existentes.....	17
Cuadro 3: Volumen operativo de reservorios existentes	30
Cuadro 4: Metrado de redes existentes.....	41
Cuadro 5: Metrado de conexiones existentes.....	41
Cuadro 6: Porcentaje de pérdidas	42
Cuadro 7: Resultados fisicoquímicos del año 2010.....	43

Cuadro 8: Resultados fisicoquímicos del año 2008 y 2009.....	44
Cuadro 9: Población de Mollendo según los censos.....	47
Cuadro 10: Población de Matarani según los censos	47
Cuadro 11: tasas aritméticas de la combinación de dos censos	48
Cuadro 12: tasas aritméticas de la combinación de tres censos.....	49
Cuadro 13: tasa aritmética de la combinación de cuatro censos	49
Cuadro 14: tasas geométricas de la combinación de dos censos	50
Cuadro 15: tasas geométricas de la combinación de tres censos	50
Cuadro 16: tasa geométrica de la combinación de cuatro censos.....	51
Cuadro 17: Constantes de la combinación de tres censos	51
Cuadro 18: Constantes de la combinación de cuatro censos	52
Cuadro 19: Crecimiento Poblacional estimada por el INEI.....	53
Cuadro 20: Crecimiento Poblacional estimada por el INEI.....	55
<i>Cuadro 21: Crecimiento Poblacional según los métodos matemáticos.....</i>	<i>56</i>
<i>Cuadro 22: Censos, Población y Tasas de crecimiento intercensal.....</i>	<i>57</i>
<i>Cuadro 23: Tasa Poblacional del Departamento de Arequipa.....</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro 24: Tasa de crecimiento Poblacional de País.....</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro 25: Crecimiento Poblacional según los métodos matemáticos.....</i>	<i>59</i>
<i>Cuadro 26: Población actual de Mollendo por habilitaciones.....</i>	<i>61</i>
<i>Cuadro 27: Población actual de Matarani por habilitaciones</i>	<i>63</i>
<i>Cuadro 28: Proyección de la Población de Mollendo.....</i>	<i>64</i>
<i>Cuadro 21: Proyección de la Población de Matarani.....</i>	<i>64</i>
Cuadro 30: Estimación del consumo Doméstico.....	74
Cuadro 31: Estimación del consumo Comercial.....	76
Cuadro 32: Consumo Industrial, estatal y social	78
Cuadro 33: Número de conexiones existentes al año 2014 - Matarani.....	83
Cuadro 34: Consumo por categoría de conexión.....	83
Cuadro 35: Proyección del % de cobertura, % de Pérdida y % de Micromedición	84
Cuadro 36: Demanda de agua potable de Matarani.....	85
Cuadro 37: Población Inicial Sector R1	87
Cuadro 38: N° de conexiones existentes al año 2014 – sector 1	87
Cuadro 39: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 1	87
Cuadro 40: Demanda de Agua Potable del Sector 1.....	88
Cuadro 41: Población inicial del Sector 2.....	89
Cuadro 42: número de conexiones existentes al año 2014 – Sector 2	89

Cuadro 43: proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 2	89
Cuadro 44: Demanda del Agua Potable del Sector 2.....	90
Cuadro 45: Población inicial del Sector 3.....	91
Cuadro 46: Número de conexiones existentes al año 2014 –Sector 3.....	92
Cuadro 47: proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 3	92
Cuadro 48: Demanda de Agua Potable del Sector 3.....	93
Cuadro 49: Población inicial del Sector 4.....	93
Cuadro 50: Número de conexiones existentes al año 2014 – sector 4	94
Cuadro 51: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 4	94
Cuadro 52: Demanda de Agua potable del Sector 4	95
Cuadro 53: Población inicial del Sector 5.....	96
Cuadro 54: Número de conexiones existentes al año 2014 – sector 5	96
Cuadro 55: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 5	96
Cuadro 56: Demanda de Agua Potable del Sector 5.....	97
Cuadro 57: Población inicial del Sector 6.....	98
Cuadro 58: Número conexiones existentes al año 2014 – sector 6.....	98
Cuadro 59: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 6	98
Cuadro 60: Demanda de Agua Potable del Sector 6.....	99
Cuadro 61: Población inicial del Sector 7.....	100
Cuadro 62: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 7	100
Cuadro 63: Demanda de Agua Potable del Sector 7.....	101
Cuadro 64: Población inicial de la ciudad de Mollendo -2014.....	101
Cuadro 65: Número de conexiones al año 2014.....	103
Cuadro 66: Proyección del % de Pérdida, % Cobertura y % de Micromedición - Mollendo	103
Cuadro 67: Demanda Total de Agua Potable de la ciudad de Mollendo.....	104
Cuadro 68: Abastecimiento de sectores de la alternativa I	106
Cuadro 69: Metas de la alternativa I.....	107
Cuadro 70: Abastecimiento de sectores de la alternativa II	108
Cuadro 71: Metas de la alternativa II	109
Cuadro 72: Abastecimiento de sectores de la alternativa III	111
Cuadro 73: Metas de la alternativa III	111
Cuadro 74: Metas comunes de las tres alternativas.....	114
Cuadro 75: Costos de equipos de bombeo cotizados año 2016.....	117

Cuadro 76: Comparación de estimación de costos de equipos de bombeo.....	118
Cuadro 77: Valores de ϕ	119
Cuadro 78: Costos C1, C2 y C3 de la Alternativa I.....	122
Cuadro 79: Costo C4 de la Alternativa I	123
Cuadro 80: Costos C1, C2 y C3 de la Alternativa II.....	123
Cuadro 81: Costos C1, C2 y C3 de la Alternativa III.....	124
Cuadro 82: Costo C4 de la Alternativa III	124
Cuadro 83: Metas de la alternativa seleccionada	126
Cuadro 84: Población y cobertura de agua potable - Matarani.....	127
Cuadro 85: Población y Cobertura de agua potable - Mollendo	127
Cuadro 86: Demanda del sistema de Agua potable Mollendo y Matarani	128
Cuadro 87: Caudales totales de Diseño - Mollendo y Matarani.....	129
Cuadro 88: Coeficientes de Fricción "C" de Hazen y Williams	131
Cuadro 89: Coeficientes de Fricción para perdidas locales	131
Cuadro 90: Metrado de redes proyectadas – Sector 2.....	143
Cuadro 91: Metrado válvulas de cierre proyectadas – Sector 2	144

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y ASPECTOS GENERALES

1. INTRODUCCIÓN

Mollendo es una ciudad que se ubica en la costa sur oeste del Perú, tiene un sistema de agua potable con más de 56 años de antigüedad y que actualmente presenta una serie de deficiencias en los parámetros de calidad, cantidad, continuidad y cobertura.

El crecimiento de la población en la ciudad de Mollendo ha generado que el sistema existente no se de abasto para cubrir la demanda de agua potable de la población, lo cual ha generado que el abastecimiento no sea continuo sino por horas; zonas que se abastecen por piletas, camiones cisternas y otros medios. Además, el paso de los años y la mala calidad del agua, ha generado el desgaste de la infraestructura y por ende las pérdidas en el sistema alcanzan más del 40%.

La empresa SEDAPAR S.A. Zonal Mollendo, es quien presta los servicios de saneamiento en la ciudad de Mollendo y Matarani, ha desarrollado proyectos y ejecutado obras como la ampliación de la captación, línea de conducción de agua cruda, planta de tratamiento de agua potable entre los años 2010 y 2011, para mejorar la prestación del servicio de agua potable. Quedando entonces por resolver los problemas existentes en el sistema de distribución.

Para ello SEDAPAR S.A. cuenta con un estudio a nivel de perfil con código SNIP 113240 elaborado en 2007. Dado la antigüedad del estudio, del crecimiento de la población, la aparición de nuevas habilitaciones urbanas en la ciudad de Mollendo y las obras ejecutadas por el gobierno regional sin coordinación con SEDAPAR S.A., la alternativa declarada viable en el estudio de perfil no se ajusta a la realidad actual de la ciudad de Mollendo. Entonces, en la tesis se plantea nuevas alternativas de solución al sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Mollendo que resuelvan los problemas presión, continuidad, cantidad, cobertura y el porcentaje de pérdidas; se selecciona la alternativa más económica y ésta se desarrolla a nivel de estudio definitivo todo lo relacionados a la especialidad de Ingeniería Sanitaria.

Para ello se ha recabado información del sistema existente tanto de sede central de SEDAPAR S.A ubicado en la ciudad de Arequipa, de SEDAPAR S.A. sede Mollendo

y de la Municipalidad de Mollendo. Los cuales fueron vitales para realizar el diagnóstico del sistema existente y en base a dicho diagnóstico se plantea las alternativas de solución.

La elección de la alternativa más económica se realizada en base a un análisis de técnico de costos. Una vez determinada la alternativa más económica, se procede a dimensionar sus componentes a nivel de estudio definitivo.

2. ANTECEDENTES

La empresa prestadora de servicios de saneamiento SEDAPAR S.A. consciente de sus deficiencias en la prestación de servicios de abastecimiento de agua apta para consumo humano, ha visto conveniente ampliar las obras de captación y conducción de agua cruda y hacer una nueva planta de tratamiento de agua para consumo humano; la ampliación de estos componentes a la fecha ya han sido ejecutas. Estas nuevas instalaciones tienen una capacidad de conducción y tratamiento de 100lps. Ahora es necesario proyectar los trabajos de renovación, mejoramiento y ampliación del sistema de distribución de agua potable para las ciudades de Mollendo y Matarani.

En la búsqueda de este objetivo, ha elaborado un estudio de perfil denominado **“Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Mollendo Matarani – Distritos de Mollendo, Provincia de Yslay, Región de Arequipa”**, donde se planean dos alternativas de solución para el sistema de distribución de agua potable para la ciudad de Mollendo y Matarani.

Tomando como referencia la existencia de este estudio con código SNIP 113240, se plantea como tema de tesis la elaboración del **Expediente Técnico “Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Mollendo”- Provincia de Islay, Región Arequipa.**

Para hacer uso de la información del estudio de perfil antes mencionado, con carta del 04 de febrero del 2015, y número de registro de ingreso 190570 a SEDAPAR S.A., el **Sr. Helmut Ricky Rodríguez Cueva** solicita la autorización a la EPS¹ SEDAPAR S.A. para hacer uso del estudio a nivel de perfil, para la elaboración de la presente tesis.

Con oficio N°195-2015/S-40000 del 16 de febrero del 2015, la EPS SEDAPAR S.A. por medio del Ingeniero Henry Bellido Morales Gerente de Proyectos y Desarrollo

¹ Empresa prestadora de servicios de saneamiento

técnico, autoriza al Sr. Helmut Ricky Rodríguez Cueva el uso del estudio a nivel de perfil para el desarrollo de su tesis.

3. DEFICIENCIAS DEL SISTEMA EXISTENTE

COBERTURA

La cobertura del servicio de agua potable no es al 100%, debido a la aparición de nuevas a habilitaciones urbanas que se han ubicado en las partes altas y zonas periféricas de la ciudad de Mollendo por el incremento de la población, existiendo una necesidad de brindarles agua apta para consumo humano para todo esta población que actualmente se abastecen por piletas, por camiones cisternas y otros medios.

CONTINUIDAD

En la ciudad de Mollendo, todas las urbanizaciones que cuentan con redes de agua potable, sólo la parte baja de la urbanización Mollendo Cercado tiene continuidad de 24 horas al día por 10 meses al año y dos meses la continuidad se reduce a 12 horas en las épocas de verano; el resto de las habilitaciones tiene el servicio restringido con una continuidad promedio entre 4 y 9 horas por día.

Esta falta de continuidad se debe principalmente a una mala sectorización de las redes existentes.

CANTIDAD

Este parámetro si bien es cierto con las obras de ampliación ejecutas por SEDAPAR S.A. como: la ampliación de la captación, conducción de agua cruda y planta de tratamiento, se tiene actualmente capacidad para cubrir la demanda actual de la población, pero la falta de un adecuado sistema de distribución limitan poder abastecer a la población con la cantidad de agua necesaria para satisfacer sus necesidades.

CALIDAD

Desde hace más de 20 años se conoce que la fuente de agua de la ciudad de Mollendo contiene arsénico, boro, manganeso, hierro, cloruros, alta conductividad que varían según la estación del año, y actualmente se siguen presentado estos problemas. Si bien es cierto que antes del año 2010, la planta de tratamiento de agua cumplía con producir agua potable con concentraciones menores a los establecidos en los límites máximos permisibles. Con el nuevo Reglamento de

Calidad de Agua para Consumo Humano publicado febrero del 2011 por el Ministerio de Salud (DS N° 031-2010-SA.), las concentraciones de arsénico en el agua producida para consumo humano está por encima de los límites máximos permisibles.

Por lo tanto, existe un problema de calidad en ciertos parámetros fisicoquímicos que SEDAPAR S.A. sede Mollendo tiene pendiente resolver a la brevedad posible.

PORCENTAJE DE PÉRDIDAS

El porcentaje de pérdidas en el sistema de agua potable de distribución de Mollendo en el año 2005, 2006, 2011 eran de 60.34%, 58.43%, 51.65% y al año 2014 está en 42.73%, lo cual es bastante grande, y esto nos da una idea del estado de la infraestructura existente.

Si bien las pérdidas en el sistema han ido disminuyendo, este se debe al incremento de la micromedición y a un mejor uso de los usuarios.

Estas pérdidas principalmente se deben al estado en que se encuentran las tuberías, ya que las más antiguas son de Fierro Fundido y Asbesto Cemento, y a las obras mal ejecutadas, que han ido incorporándose al sistema existente. Este último ejecutadas por los propios pobladores sin supervisión alguna, por la municipalidad de Mollendo y Gobierno Regional de Arequipa sin coordinación y supervisión técnica por parte de SEDAPAR S.A.

Por otro lado, las tuberías de hierro fundido que son las más antiguas del sistema de distribución, se encuentran en pésimo estado debido a su antigüedad y la calidad del agua que ha contribuido grandemente en su deterioro, incrementando las pérdidas en el sistema.

4. OBJETIVOS

Objetivo principal

Mostrar las deficiencias del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mollendo y plantear alternativas de solución para resolver estas deficiencias, diseñando a nivel de estudio definitivo los componentes de la alternativa que resulte ser la más económica, después de un análisis técnico de costos.

Objetivos secundarios

- Determinar la demanda actual y futura del área de influencia del presente

estudio, el cual es la base fundamental para dimensionar los componentes del sistema de agua potable.

- Elaborar una adecuada sectorización del sistema existente para mejorar directamente la continuidad del servicio.
- Busca mejorar o realizar recomendaciones para mejorar la prestación de servicio en puntos específicos como: continuidad, calidad, cantidad, reducción de pérdidas, cobertura del servicio. Lo cual se traducirá en una mejor calidad de vida de la población que habita la ciudad de Mollendo.

5. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El sistema de abastecimiento de la ciudad de Mollendo tiene una antigüedad de más de 56 años, donde algunos componentes se encuentran deteriorados y sumado al crecimiento de la población en los últimos años, viene teniendo problemas de cantidad, calidad, continuidad, cobertura y alto porcentaje de pérdidas.

Debido a estas deficiencias existentes en el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mollendo, y tomando como precedentes las obras de ampliación de la captación, línea de conducción de agua cruda y de la planta de tratamiento de agua potable ejecutadas por la EPS SEDAPAR S.A., además de las obras ejecutadas por Gobierno Regional de Arequipa y la Municipalidad de Mollendo, la presente tesis busca solucionar el problema existente en el sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Mollendo.

6. ASPECTOS GENERALES

6.1. DATOS HISTÓRICOS

Mollendo²:

Los inicios datan después de la decadencia del Tiahuanaco, correspondió a los "Changos" habitar las costas de Camaná, Arequipa y Moquegua. En la época incaica, el litoral sur del Perú se hallaba poblado por varias tribus o agrupaciones, que eran las siguientes: Los "Tampus" acondicionados en el actual Tambo, Los "Chullis" en la zona de Chule, Los "Changos" que estaban ubicados entre Aranta e Islay.

La cuenca formada por el río tambo, probablemente conquistada y sometida en diversas épocas, formó así un pueblo de costumbres heterogéneas, que nos han

²<http://www.mollendo.net/historia/>

dejado vestigios de su civilización, puede comprobarse, con los nombres que aún subsisten, cuya etimología es unas veces quechua como Cocachacra, Challascapi, etc. y otras que se puede asignar al Kauiqui y al Puquina por las terminaciones características en ando, endo, indo, como Cachendo, Mollendo, Huarindo, Catarindo, etc. La población ha sido considerable a lo largo del valle y en las lomas donde habitaban donde hasta hoy existen aguas que vierten del subsuelo.

Según Jorge Basadre fija la fundación de Islay en 1826. El historiador Mateo Paz Soldán sostiene que Islay se fundó en el año de 1830 y se debe al general Antonio Gutiérrez de la Fuente, reputado como “Gran Prefecto” de Arequipa, cargo que desempeñó entre 1825 y 1828, cuando merced a sus gestiones muy atinadas, el Congreso de la República expidió una ley, elevando a la categoría de Puerto Mayor al de Islay, el que fue dotado de una serie de obras para su desarrollo.

El 20 de febrero de 1828 el Arzobispo de Arequipa, Monseñor José de Sebastián de Goyeneche y Barreda, nombra el primer Teniente Cura de la nueva Vice-Parroquial del Puerto de Santa Rosa de Islay a Fray Lorenzo Ruiz, lo que se presume por esta circunstancia histórica de carácter religioso, que Islay se fundó como sostiene el sabio Antonio Raimondi, el 30 de agosto de 1827, fiesta de Santa Rosa de Lima.

6.2. UBICACIÓN Y ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

La localidad de Mollendo se ubica en el Distrito de Mollendo, Provincia de Islay, Región de Arequipa, ubicado a una distancia de 120 Km de la ciudad de Arequipa, entre las cotas 5.00 y 280.00 msnm, al sur oeste de la ciudad de Arequipa en las coordenadas 817332E y 8114860S.

Ubicación geográfica del proyecto:

Por el Norte : Distrito de Islay (Matarani)

Por el Sur : Océano Pacífico

Por el Este : Distrito de Mejía y Cocachacra

Por el Oeste : Océano Pacifico

El área de influencia del proyecto abarcará todo el sistema de distribución de agua apta para consumo humano de la ciudad de Mollendo.

Imagen 1: Macro ubicación del área del proyecto



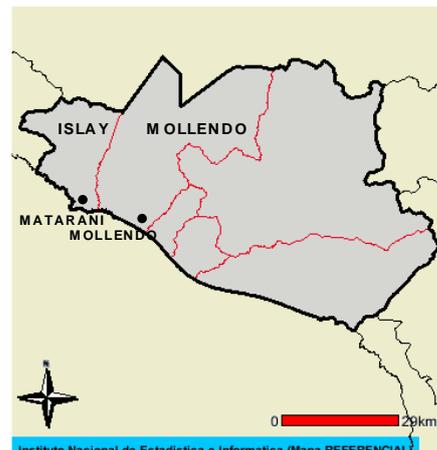
Mapa del Perú (INEI)



Mapa Provincial de Arequipa (INEI)



Mapa de distrital de la Provincia de Islay



Ubicación de la Ciudad de Mollendo

FUENTE: INEI: Banco de Información Distrital.

6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD:

6.3.1. Geográficas

La ciudad de Mollendo se encuentra establecida entre las cotas topográficas de 0 a 300 msnm³; por lo tanto, se encuentra ubicado en la costa del sur del Perú.

Su superficie, presenta unidades geomorfológicas, propias de la región de la costa:

- Faja Litoral: es estrecha y discontinua y comprende el territorio entre la ribera

³ Metros sobre el nivel del mar

del mar y el sistema de colinas denominada Cordillera de la Costa. Su topografía la configuran playas y acantilados. La continuación de esta faja hacia el mar lo conforman el talud continental y las fosas marinas. La más importante de las fosas es la de Mollendo que tiene una profundidad superior a los 6.500 m.

- Quebradas secundarias: la ciudad de Mollendo presenta 4 quebradas, de las cuales dos cortan la parte central de la ciudad y las otras dos se ubican en los extremos de la ciudad.
- Cordillera de la Costa: esta unidad geomorfológica corresponde a una parte del macizo de Arequipa que está viene expuesto a lo largo de la costa sur del Perú. El macizo montañoso tiene un ancho que fluctúa entre 10 y 15 km y altitudes de 900 a 1200 m. Tiene características desérticas y áridas.
- Acantilados: esta unidad se presenta en la parte inferior de la ciudad en la dirección oeste hacia la ciudad de Matarani, en la otra dirección se tiene zona de playas.

Mollendo presentan una topografía con pendientes moderadas y ondulantes. La mayor parte de la localidad cuenta con pavimento flexible o rígido y las zonas periféricas presentan vías de terreno natural.

6.3.2. Clima

El clima en Mollendo, es típicamente de costa, desértica y árida, con escasa precipitación y presenta una temperatura media de 19 °C, y sus fluctuaciones máximas y mínimas se encuentran entre 27°C y 14°C respectivamente.

6.3.3. Accesibilidad

Vía terrestre: Hay 3 rutas alternativas de carreteras asfaltadas desde el norte, este y sur de Perú: - Lima-Camaná-Repartición-Mollendo (Arequipa-Mollendo), Puno – Mejía Mollendo, Tacna-Mejía Mollendo, respectivamente.

Vía Marítima: Puerto Matarani, y luego por carretera a Mollendo.

El Terminal Portuario de Matarani tiene una ubicación estratégica en la costa Oeste de América del Sur, donde la carga llega a su destino a través de una moderna carretera apropiada para el tránsito de vehículos de carga pesada. Esta vía es una de las más rápidas y seguras de esta parte del mundo y forma parte de la vía interoceánica que nos une al Brasil.

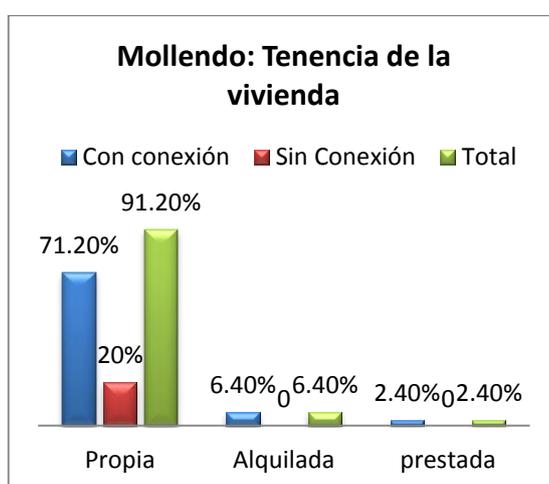
Vía Férrea: Una ventaja adicional que ofrece un excelente servicio de transporte de carga hacia el interior del Perú, específicamente las ciudades de Arequipa, Puno y Cusco, cercanas a las fronteras con Bolivia y Brasil.

6.3.4. Vivienda

Adquisición de vivienda.

En la ciudad de Mollendo la mayoría de la población cuenta con vivienda propia, tanto en aquellos que tienen y no tienen agua instalado en sus viviendas. Hay pocas familias que viven en viviendas alquiladas y en calidad de prestado son muy pocas.

Gráfico 1: Adquisición de vivienda



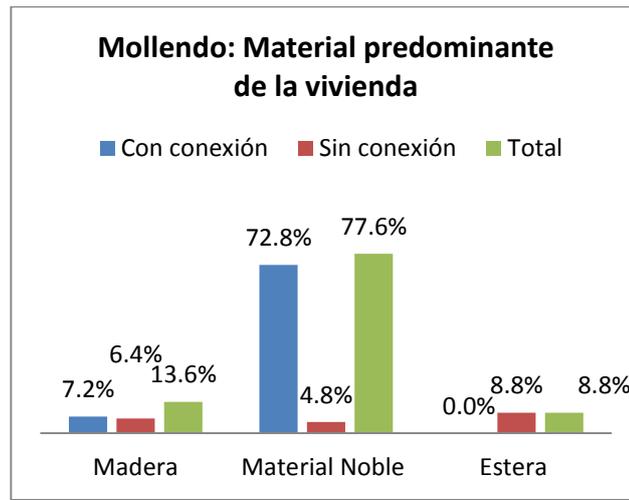
Fuente: SEDAPAR S.A – Encuesta Socioeconómica del año 2011

Como podemos observar el 91.2% de las vivienda son propia, 6.4% en calidad de alquiladas y el 2.4% en condición de prestadas.

Material predominante de vivienda.

En la ciudad de Mollendo el 77.6% de viviendas son de material noble, seguido de material de madera con un 13.6% y un significativo de esteras.

Gráfico 2: Adquisición de vivienda

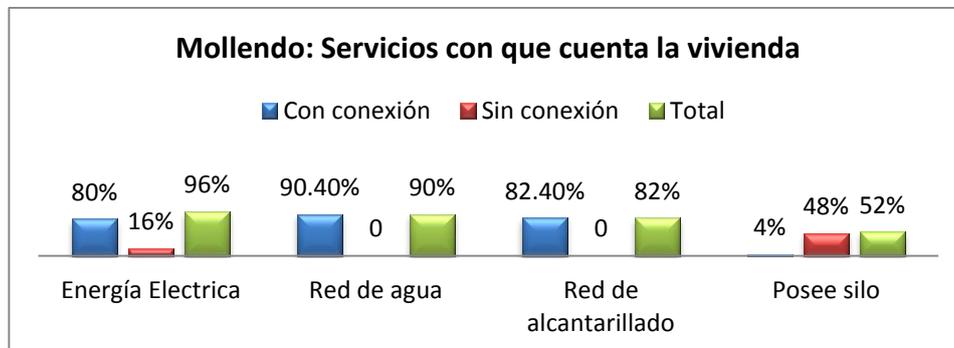


Fuente: SEDAPAR S.A – Encuesta Socioeconómica del año 2011

Servicios básicos que posee la vivienda.

En la ciudad de Mollendo el servicio con mayor cobertura es la energía eléctrica, seguida de agua potable y de alcantarillado respectivamente.

Gráfico 3: Servicios básicos en las viviendas



Fuente: SEDAPAR S.A – Encuesta Socioeconómica del año 2011

Número de personas por vivienda.

La ciudad de Mollendo y Matarani tienen una densidad de vivienda de 3.28 y 4.12 habitantes/vivienda respectivamente.

Cuadro 1: Densidad de vivienda

Localidad	Tipo de conexión	Número de Casos	Promedio de Número de personas por vivienda
Matarani	Con Conexión	13	4.24
	Sin Conexión	12	3.80
	Total	25	4.0
Mollendo	Con Conexión	100	3.86
	Sin Conexión	25	2.7
	Total	125	3.28
Total	Con Conexión	113	3.92
	Sin Conexión	37	3.07
	Total	150	3.94

Fuente: SEDAPAR S.A – Encuesta Socioeconómica del año 2011

6.3.5. Educación

La educación pública y privada en Mollendo es principalmente básico, jardín, primaria, secundaria principalmente y de 4 a 5 institutos de educación superior, razón por la cual muchos jóvenes migran a las ciudades cercanas donde existe educación universitaria como Arequipa.

6.3.6. Salud⁴

Los principales problemas presentados en relación a las causas de morbilidad y mortalidad en las diferentes etapas de vida, se presentan a continuación

- La primera causa de mortalidad son las enfermedades del sistema respiratorio, que alcanza 26.5%,
- Por tumores 19.6%, por causas externas de morbilidad y mortalidad 13.7%,
- por enfermedades circulatorias 12.7%,
- por enfermedades infecciosas y parasitarias 4.9%

Organización para la atención de salud.

La atención de salud está organizada de manera que dependen a nivel regional de la Dirección Regional de Salud de Arequipa, que a nivel de la provincia se cuenta con la Dirección Ejecutiva de Salud Islay, el mismo que esta subdividido en la oficina de Administración y Oficina de Desarrollo Institucional, que conforman la Microred

⁴ http://www.saludarequipa.gob.pe/redislay/estadistica/ASIS_2016.PDF

de salud Alto Inclán, Microred de salud la Punta de Bombón y la Microred de Salud de Punta de Bombón.

Problemas del estado de salud

- alta tasa de incidencia de diabetes y de hipertensión arterial y va incrementándose.
- Presencia de arsénico, boro, manganeso, sodio, cloruros en el agua potable, que están por encima de los límites permisibles.
- Incremento de la obesidad
- Incremento de atención y tratamiento de personas con violencia familiar y trastornos mentales como, depresión, ansiedad y conducta.

La presencia de metales como arsénico, boro, manganeso, cloruros en el agua potable, son problemas que SEDAPAR S.A. debe atender y resolver de inmediato ya que es un problema que tiene más de 20 años y viene atentando contra la salud de las personas.

El Arsénico es un metal altamente dañino y tóxico para el organismo, la exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas. También se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes.⁵

6.3.7. Actividades Económicas

Pesca: Baja capacidad de captura y almacenamiento de las embarcaciones pesqueras artesanales: el 92% de las embarcaciones tienen entre 0.5 a 5 TM de capacidad de almacenaje.

Producción pesquera artesanal estacional veraniega centrada en 3 productos: pota, algas pardas, perico.

Servicios portuarios: Bajo flujo de carga de productos no tradicionales por el terminal portuario 82 % de carga liner y 6 % en contenedores de otros productos

Turismo: Baja oferta de turismo. Solo en la temporada de verano, su playas son el atractivo turístico y llega a tener una población flotante importante, principalmente los fines de semana.

PYMES: Fragilidad de las micro y pequeñas empresas: bajo nivel de formalidad y

⁵ Datos de la OMS, organización mundial de la Salud

bajo nivel de Productividad

Recurso Agua: Agua insuficiente para las actividades humanas: 3 horas promedio de disponibilidad del agua. Baja calidad del agua potable: presencia de arsénico y boro por encima de los límites permisibles establecidos por la OMS

Recurso Suelo: Contaminación de suelos por inadecuada gestión integral de residuos sólidos: barrido en parte de la ciudad, ningún aprovechamiento y disposición final en botaderos informales

Recurso Mar: Contaminación del litoral marino por evacuación permanente de aguas servidas sin tratar y eliminación de desperdicios sólidos de las embarcaciones pesqueras en el mar.

6.3.8. Servicios Públicos

Electricidad: este servicio es brindado por la empresa SEAL.

Agua Potable: es brindado por la empresa SEDAPAR S.A, y según los indicadores de gestión del año 2015, el 82.9% de la población se abastece por medio de conexiones domiciliarias, el 2.37% por camiones cisterna, 11.73% por piletas públicas y el 3% de agua no es abastecido por SEDAPAR. Por lo tanto tiene una cobertura del servicio de 97%.

Alcantarillado: según los indicadores de gestión de SEDAPAR S.A, del año 2015 este servicio tiene una cobertura de 78.3%. Pero el tratamiento de estas aguas es nula, todos descargan directamente al mar.

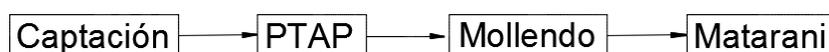
Telefonía: En cuanto a telefonía fija existe la empresa Claro y Movistar; como teléfono móvil existe, Caro, Movistar, Entel, y Bitel entre las principales. Que también brindan servicios de internet y televisión por cable o satelital.

Residuos Sólidos: el recojo de residuos sólidos es brindado por la Municipalidad, pero no cuenta con programa de manejo de residuos sólidos ni un relleno sanitario donde depositarlos, estos desechos son llevados a botaderos no autorizados.

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE

El sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mollendo involucra a la ciudad de Matarani; ya que ambas ciudades comparten componentes del sistema como: fuente, planta de tratamiento y las obras generales del sistema de distribución de agua tratada.



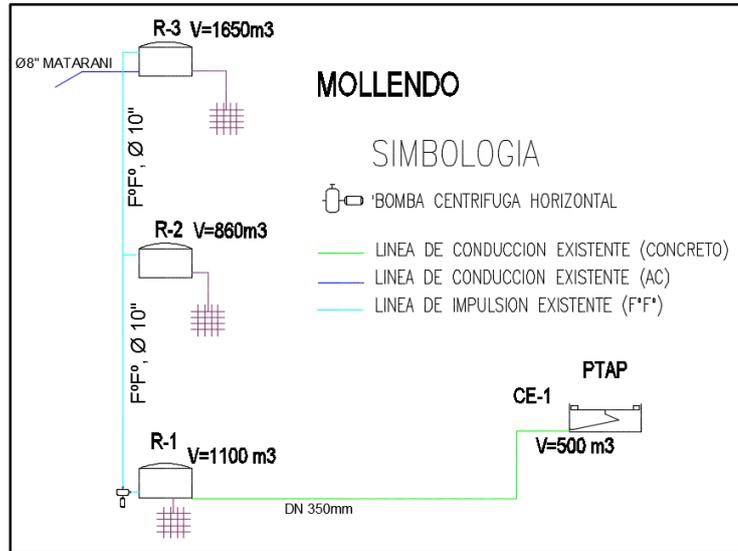
Al ser Mollendo una ciudad costera, esta se ha desarrollado desde la parte baja de su litoral hacia la parte alta, conformados por cerros y lomas.

De esta forma se puede explicar la conformación de su sistema de abastecimiento de agua potable desde sus orígenes y los cambios operados como consecuencia del incremento de la demanda. Este tiene componentes que han ido agregándose al sistema a lo largo del tiempo, debido principalmente al incremento poblacional, que como en la mayoría de las ciudades de nuestro país, no tienen un crecimiento ordenado, asentándose en lugares inadecuados y cada vez más alto y alejados del casco urbano; en la ciudad de Mollendo la población se ha asentado ente los 0.00 y 280 m.s.n.m.

El sistema de abastecimiento de agua potable de Mollendo tiene una antigüedad aproximada de más de 56 años y su implementación se resume a continuación.

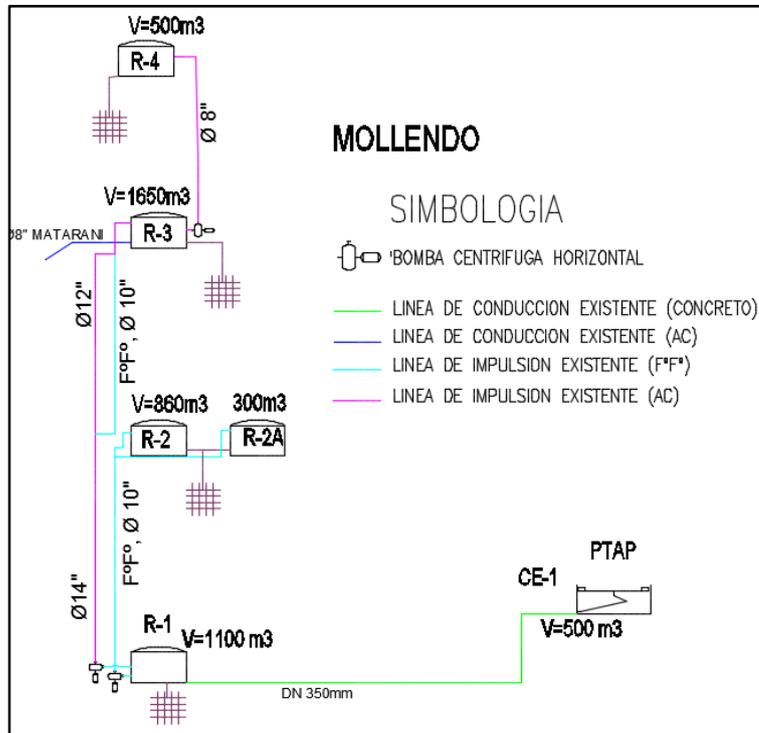
En su etapa inicial contaba con una captación, una línea de conducción de agua cruda, una Planta de Tratamiento de Agua Potable, tres reservorios (R-1, R-2 y R-3), una línea de conducción de agua tratada (PTAP al R1), una estaciones de bombeo, una línea de impulsión (del R-1 al R-2 y R-3), líneas de aducción, redes primarias, secundarias y conexiones domiciliarias.

Imagen 2: Esquema inicial de agua potable



En el año 1981, se incrementaron al sistema de abastecimiento nuevos componentes como: la construcción de los reservorios (R-2A, R-4, y la ampliación del R-1), dos estaciones de bombeo, dos líneas de impulsión (del R-1 al R-3 y del R-3 al R-4), la instalación de líneas de aducción, redes y conexiones domiciliarias.

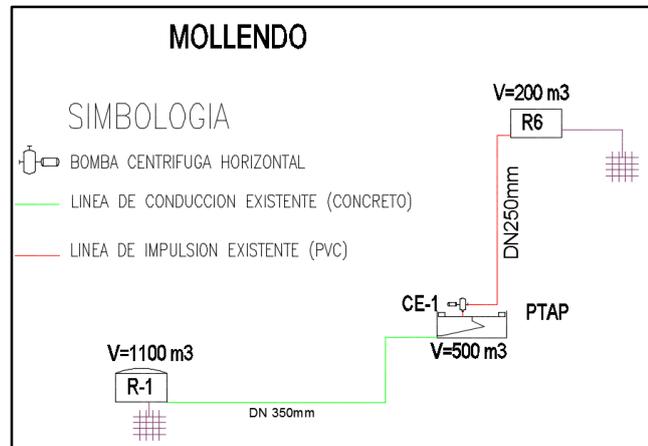
Imagen 3: Esquema de agua potable en 1981



En 1998 se implementó parte del proyecto denominado "Línea de Impulsión al R-6", que consistió en la construcción de una nueva estación de bombeo y una línea

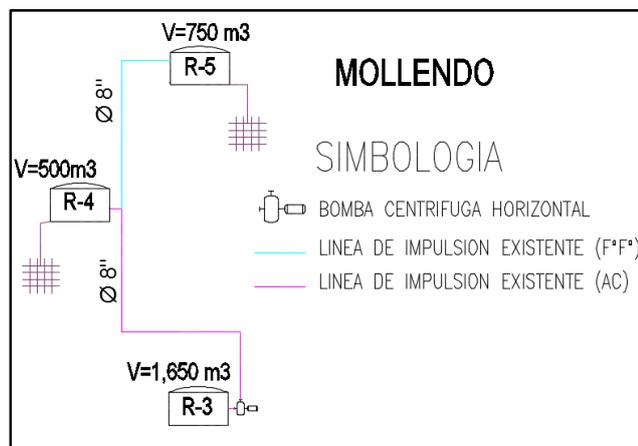
de impulsión (CE-1 – Cámara de re-bombeo denominando actualmente R-6), línea de aducción, redes y conexiones domiciliarias.

Imagen 4: Esquema del componente que se adiciona 1998



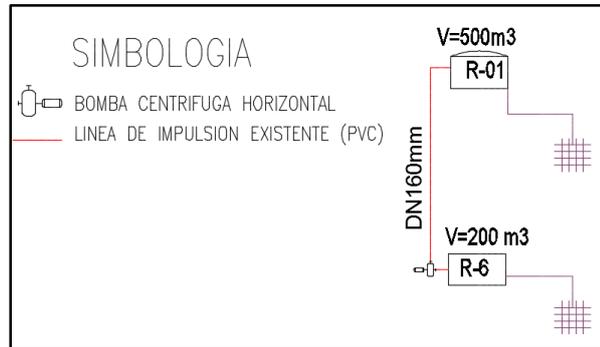
En el año 2005 se amplía el sistema con la construcción de un nuevo reservorio denominado R5, línea de impulsión, redes y conexiones domiciliarias.

Imagen 5: Esquema del componente que se adiciona en el 2005



En el año 2008 se amplió el sistema de captación y se instaló una nueva línea de conducción de agua cruda de Hierro Dúctil clase K-7, DN450mm.

En el año 2009, el Gobierno regional construye un nuevo reservorio denominado R-01, una línea de impulsión y una línea de aducción; pero este componente hace recién tres años que entro a funcionar, con la construcción de una cisterna y una estación de bombeo en el R6.

Imagen 6: Esquema del componente que se adiciona en el 2009

Finalmente, a fines del año 2011 se concluyó con la ampliación de la Planta de Tratamiento Hernán Perochena.

Resumen el sistema de abastecimiento de la ciudad de Mollendo está compuesto por los siguientes componentes: una Captación superficial, dos Líneas de conducción de agua cruda, dos plantas de tratamiento de agua potable ubicadas en el mismo lugar, dos líneas de conducción de agua tratada, 5 líneas de impulsión, 5 estaciones de bombeo, 8 reservorios, redes de distribución y conexiones domiciliarias.

1.1. Fuente de abastecimiento

La fuente que abastece a la ciudad de Mollendo y Matarani es del tipo superficial, y capta el agua del canal de regadío Ensenada – Mejía – Mollendo, el cual conduce agua proveniente del río Tambo en épocas de avenidas (enero, febrero y marzo), y en épocas de estiaje el canal conduce agua proveniente de la represa Pasto grande.

El canal de regadío conduce 1.00m³/s, del cual 200L/s se tiene destinado para el abastecimiento de las ciudades de Mollendo y Matarani.

1.2. Almacenamiento

La ciudad de Mollendo cuenta con las siguientes unidades de almacenamiento, todos son del tipo apoyado.

Cuadro 2: Reservorios existentes

Reservorio	Volumen (m3)
R1	1100
R2 Y R2A	1160
R3	1650

Reservorio	Volumen (m3)
R4	500
R5	750
R6	200
R-01	500
TOTAL	5860

1.3. Líneas de conducción

El sistema existente tiene dos líneas de conducción de agua cruda que van desde la captación hasta la PTAP Hernán Perochena, una de 18 pulgadas que tiene una longitud aproximada de 11Km y es de concreto reforzado; la otra línea es de Hierro Dúctil de diámetro DN450 K-7, de 11.143Km.

Las líneas de conducción de agua tratada son dos y abastecen al reservorio R1: una línea es de concreto reforzado de diámetro DN350mm y tiene una longitud de 880m, la otra línea es de AC de un diámetro de DN300mm con una longitud de 960m.

1.4. Líneas de impulsión

El sistema existente tiene 5 líneas de impulsión las cuales describimos a continuación.

- Línea de impulsión que va del R1 al R2 y R2A, tiene un diámetro de DN250mm –Fierro Fundido de una longitud de 915m.
- Línea de impulsión que va del R1 al R3; compuesta por tres tramos, primer tramo de 14" de AC, en el segundo tramo van tuberías en paralelo de 12" y 10" de AC y Fierro fundido respectivamente volviéndose a unir a pocos metros de llegar al reservorio.
- Línea de impulsión que va del R3 al R4 y R5; esta línea es de un diámetro de DN200mm, en su primer tramo entre el R3 y el R4 es de AC⁶ con una longitud de 420m, el segundo tramo comprendido entre el R4 y el R5 es de fierro fundido y tiene una longitud de 275m. Es importante señalar que la información que se tiene de este componente son varias, donde se puede apreciar diferentes diámetros y materiales de las tuberías.
- Línea de impulsión que va desde la PTAP al R6; es de PVC de un diámetro DN250mm y tiene una longitud 1515m.
- Línea de impulsión que va del R6 al R-01, es de PVC de DN160mm y tiene una

⁶ Asbesto Cemento

longitud de 530m.

1.5. Sectores de abastecimiento

El sistema de distribución existente está compuesto por 8 sectores de abastecimiento.

Sector de abastecimiento de la PTAP⁷

La PTAP a parte de abastecer a los reservorios, también tiene otros puntos de abastecimiento como son:

- Por medio de una tubería de DN160mm de PVC, abastece la parte baja de la Urb. Inclán y al Circuito de Playas el cual se ubica en la parte baja de la Urb. Mollendo Cercado.
- Por medio de una estación de bombeo y una línea de impulsión de diámetro DN63mm de PVC, abastece a la industria EGASA.
- Por medio de una línea de impulsión de 3" de HDPE, abastece al surtidor que llena los camiones cisternas.

Sector de Abastecimiento del reservorio R1 (1100m3)

Por medio de dos líneas de aducción de DN200mm de Asbesto Cemento, el reservorio abastece a las urbanizaciones CP Inclán y la parte baja de Mollendo Cercado.

Sector de abastecimiento del reservorio R2 (680m3) y R2A (300m3)

Los reservorios por medio de una línea de aducción de diámetro DN200mm de Fierro fundido abastecen a las urbanizaciones de: Mollendo Cercado, parte baja de la Zona Industrial (proyectada), parte baja de Urb. Catarindo, Inmaculada Concepción, Asociación Alfonso Castro, Señor del Rímac, parte de Luz y Fuerza, Las Tres Cruces, Miramar, parte alta de C.P. Inclán, parte baja de Miramar II Etapa, y a la parte baja de Alto Las Cruces.

Sector de abastecimiento del reservorio R3 (1650m3)

Este reservorio por medio de una línea de aducción de diámetro DN300mm de AC abastece las urbanizaciones de: Mollendo Cercado, Catarindo, Catarindo Alto, Asociación san Agustín ARVIDUNSA, Zona Industrial, Costa Azul, Enace, parte de Nueva Generación 86, la Florida, las Ambarinas, Nuevo Perú, parte de Luz Y

⁷ Planta de tratamiento de agua potable

Fuerza, Progreso, ENAPU, 7 de Junio, Estibadores, Barrio de las Huertas, San Antonio, las Mellizas, Parte baja de Bellavista, Alto Inclán, Hortencia Pardo, parte baja de Cesar Vallejo, Alto las Tres Cruces y Miramar II Etapa.

Además, desde este reservorio por medio de dos líneas de conducción de diámetros DN250mm y DN200mm de AC, se abastece a la ciudad de Matarani.

Sector de abastecimiento del reservorio R4 (500m³)

El sector del reservorio está comprendida por las siguientes urbanizaciones: Apiamo, Nueva Generación 86, San Borja, Villa Lourdes, Mollendo Cercado, Alto San Martín, Villa Magistral y Bellavista, los cuales son abastecidos por medio de una línea de aducción de diámetro DN200mm de AC.

Sector de abastecimiento del Reservorio R5 (750m³)

El reservorio abastece a las siguientes urbanizaciones: Los Tres Portales, Mirador el Pacífico, A.V.I.S. La Victoria, El Pacífico, San Borja, Villa Lourdes, Asociación 1 de enero, Villa Magistral, Alto A.P.V.I.S. Obreros Municipales y Alto bellavista, a través de una línea de aducción de PVC de DN200mm diámetro.

Sector de abastecimiento del Reservorio R6 (200m³)

Este reservorio abastece a las urbanizaciones Cesar Vallejo, Hortencia Pardo, Alto Inclán, Los Pinos y Los Olivos del Valle, por medio de una línea de aducción de DN160mm de PVC.

Sector del Reservorio R-01 (500m³)

Este reservorio abastece a la habilitación Los pinos y parte de la urbanización Olivos del Valle con una línea de aducción de diámetro DN160mm de PVC.

2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA EXISTENTE

2.1. Captación superficial

La captación se encuentra ubicada a 11 Km de distancia de la PTAP, una cota de 81m.s.n.m.; en el año 2008 ha sido ampliada para captar 200Lps, y el año 2011 ha entrado en operación.

Las estructuras se encuentran en buen estado de conservación.

2.2. Líneas de conducción de agua cruda

La línea de conducción que tiene un antigüedad de más de 56 años es de concreto

reforzado de 18" y tiene una longitud aproximada de 11Km, a pesar de que ya ha cumplido su vida útil no presenta incidencias operativas y se encuentra operando con normalidad conduciendo 98Lps.

En el año 2008 se amplió la capacidad de conducción, con la instalación de una tubería en paralelo a la existente de diámetro DN450mm de Hierro Dúctil clase K-7, el cual tiene una longitud de 11.143Km y una capacidad de conducción de 100Lps.

Esta línea entró en operación el año 2011, debido a su reciente incorporación esta línea está nueva y en buen estado de conservación.

2.3. Planta de tratamiento de agua potable Hernán Perochena

La planta Hernán Perochena está constituida por dos plantas de tratamiento, la antigua tiene una capacidad de tratamiento de 100 L/s pero está trabaja con 98L/s, y la nueva fue diseñada para tratar un caudal de 100 L/s.

PLANTA ANTIGUA: Esta planta tiene las siguientes unidades:

Mezcla rápida; es del tipo resalto hidráulico, para lo cual se usa una canaleta Parshall, de concreto el cual se encuentra en buen estado de conservación.

Dosificador; cuenta con dos unidades de dosificadores en seco, que se encuentran operativos y en buen estado de conservación.

Floculador, esta unidad es mecánica, se encuentra operativo, las estructuras se encuentran en un buen estado de conservación.

Decantador: consta de dos decantadores laminares de flujo pistón, las estructuras se encuentran en buen estado de conservación.

Filtros: tiene 4 unidades de filtración de tasa declinante, esta unidad se encuentra en buen estado estructuralmente, le hace falta mantenimiento, reposición del lecho filtrante y cambio de las tuberías del sistema de lavado, dado que las tuberías presentan roturas causado por la corrosión. El lecho filtrante es arena.

Cisterna y cloración, la cisterna tiene una capacidad de 500 m³, presenta rajaduras, el techo está deteriorado y falta pintado de las paredes exteriores. El sistema de cloración se realiza con hipoclorito calcio artesanalmente.

Laboratorio: es usada para monitorear el agua cruda, tratada, y para evaluar los procesos en cada unidad de la planta y ajustar las dosificaciones de los insumos.

Se encuentra en buen estado de conservación.

PLANTA NUEVA: Es una planta de filtración rápida y está constituida por las siguientes unidades:

- Una Unidad de mezcla rápida de resalto hidráulico.
- Un Dosificación en solución de carga constante.
- Un floculador vertical compuesta de 5 tramos.
- Dos decantadores laminares con pantallas
- 4 unidades de filtración de lecho mixto (arena y antracita), de tasa declinante y de sistema autolavado.
- Cámara de contacto (aplicación de cloro gas para desinfección).

Esta planta entró a funcionamiento en diciembre del 2011. Desde entonces por el desconocimiento de la operación de este tipo de plantas por parte de los operadores, ha generado que la planta no pueda tratar 100Lps, actualmente viene operando con 35Lps.

En este tipo de plantas las deficiencias de los procesos de mezcla, floculación y decantación son cargadas a los filtros, produciendo su colmatación en un menor tiempo y como resultado menores carreras de filtración, aumento en el gasto de agua para el lavado y disminución de la calidad de agua filtrada.

Los filtros no tienen implantado la tasa declinante, cada filtro se lava una vez por día en una secuencia de 6 horas cada una, esto viene provocando que el agua rebose todo el tiempo por el vertedero que controla el ingreso de caudal a los filtros, el lecho filtrante presenta formación de bolsas de lodos y también presenta disminución del lecho filtrante.

Dentro de las instalaciones de la planta existen otros componentes como: Un reservorio que sirve para el retro lavado de los filtros de la planta antigua que ese encuentra en buen estado de conservación y estaciones de bombeo que describiremos más adelante.

CISTERNA DE 500M3 (CE-1)

Imagen 7: Cisterna existente



El agua tratada es almacenada en una cisterna de 500m³, a partir de la cual se distribuye el agua potable a los reservorios así como también a la red de distribución directamente.

Esta cisterna es una unidad semi-enterrada, tiene una antigüedad aproximada de 56 años, las paredes internas presentan deterioro, así como también el techo presenta graves daños estructurales, es decir está a punto de colapsar ya que presenta desprendimiento del concreto hacia el interior de la cisterna.

2.4. Líneas de conducción de agua tratada

Las dos líneas de conducción van de la cisterna al reservorio R1.

La línea de conducción de diámetro DN350mm es de concreto reforzado, tiene una antigüedad aproximada de 56 años, una longitud de 880m. Esta línea ya ha cumplido con su vida útil; actualmente está deteriorada y presenta incidencias de rotura constantemente; además, tiene algunos tramos sustituidos por tubería de PVC.

La línea de conducción de diámetro DN300mm tiene una antigüedad de 36 años, tiene una longitud de 960m; en todo sus años de servicio esta línea no ha presentado aún averías y es de AC.

2.5. Líneas de impulsión

Las líneas de impulsión forman parte de las obras generales de distribución.

Línea de impulsión a Cisterna - EGASA

Es de PVC, de diámetro DN63mm – PN10 y abastece a la empresa EGASA. Se encuentra en buen estado de conservación. Su operación y mantenimiento está a cargo de la empresa EGASA.

Línea de impulsión Cisterna – R6

Tiene una longitud de 1515m, es de un diámetro de DN250 – PVC - PN 15 en un primer tramo y PN 10 en un segundo tramo; tiene una antigüedad de 19 años y durante su operación no ha presentado ningún problema de averías.

Línea de impulsión del R1 al R2 y R2A

Inicialmente esta línea llegaba hasta el reservorio R-3, actualmente solo abastece a los reservorios R-2 y R2A.

La tubería es Fierro Fundido de diámetro DN250mm; tiene una antigüedad aproximada de 56 años. Se encuentra en mal estado, viene presentando averías continuas ocasionadas por el desgaste de la tubería. Según los operadores en las reparaciones que realizan notan que la tubería presenta graves problemas de corrosión.

Línea de Impulsión del R1 al R3

Consta de tres tramos de diferentes diámetros y tipos de tubería. El primer tramo la tubería es de AC de diámetro DN350mm clase 200, tiene una antigüedad de 36 años y no presenta incidencias operativas.

El segundo tramo está compuesto por dos tuberías en paralelo, una de ellas es de AC de diámetro DN300mm – clase 200 y tiene 36 años de antigüedad y no presenta incidencias operativas. La otra tubería, es la tubería inicial de fierro fundido que llegaba al R-3 de diámetro DN250mm y tiene una antigüedad de 56 años, este tramo se encuentra muy deteriorada, presenta tramos cambiados.

Ambas líneas se unen antes de llegar al árbol de descarga del reservorio.

Línea de impulsión del R3 al R4 y R5

Sobre esta línea de impulsión se tiene diferente información de parte de SADAPAR S.A. que no guardan relación entre ellas.

Según el plano de replanteo de 1981, del “Proyecto integral de agua potable y

alcantarillado de Mollendo”, realizado por JyJ Camet Ingenieros S.A. – Ministerio de Vivienda de Obras Sanitarias; la línea de impulsión que abastece al R4 es de asbesto y cemento DN200mm clase 200. (Fuente: SADAPAR S.A.)

Según el plano del Proyecto Obras de interconexión entre reservorios R3-R4-R5 Mollendo de julio de 1995, elaborado por SEDAPAR S.A. indica que el reservorio R4 se abastece del reservorio R5 por medio de una tubería de DN100mm. (Fuente: SADAPAR S.A.)

Según el Plano de marzo de 1997, elaborado por Icasa Ejecutores e Ingenieros Civiles S.A. ejecutores; señala que la línea de impulsión que va del R3 al R4 es de DN200mm de AC, clase 200. (Fuente: SADAPAR S.A.)

Según plano del proyecto Estudio integral de agua potable y desagüe de la provincia de Islay Mollendo Matarani – Líneas de impulsión, elaborado por La Consultora Inversiones Latinoamericanas S.R.L.Tda.; la línea que abastecen al reservorio R4 es de DN300mm de AC y al reservorio R5 va otra línea independiente desde el R3 de AC de DN200mm. (Fuente: SADAPAR S.A.)

Según el operador más antiguo que conoce el sistema de agua potable de todo Mollendo y Matarani, el reservorio R4 y R5 es bastecido por una sola línea de impulsión que se instalaron en diferentes años. Primero se instalado una tubería de AC de DN200mm hace 35 años aproximadamente para abastecer al R4, y años después se instaló la tubería de Fierro Fundido DN200mm para abastecer al R5, empalmado esta última a la línea de impulsión existente.

Esta información es creíble debido a que en la visita a campo en el reservorio R3 se constató la existencia de una estación de bombeo con dos equipos de bombeo de diferente capacidad conectadas a una sola línea de impulsión. Done el operador manifestó que con la bomba más pequeña se abastecer al R4 y con la más grande se abastece al R5.

Por lo tanto, el primer tramo de la línea tiene una antigüedad de 35 años aproximadamente, con una longitud de 420m y es de AC de diámetro DN200mm – clase 200 y no presenta incidencias operativas. El segundo tramo que empalma al primer tramo y abastece al reservorio R-5, la tubería es de F^oF^o de Diámetro DN200mm con una longitud de 275m, tiene una antigüedad aproximada de 20 años, dado que existe un plano del año 1995 que menciona la interconexión entre los reservorios R3-R4 y R5.

2.6. Estaciones de bombeo

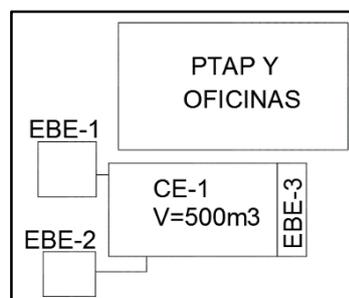
Si bien es cierto que las estaciones de bombeo se ubican en diferentes lugares, en este ítem sólo evaluaremos las estaciones de bombeo.

2.6.1. Estaciones de bombeo en la PTAP

Imagen 8: Estaciones de bombeo en la PTAP

En el área donde se ubica la PTAP existen 3 estaciones de bombeo EBE-1, EBE-2 y EBE-3.

La estación EBE-1: es usada para llenar los camiones cisterna a través del surtidor; además bombea agua hacia el reservorio existente en la planta para el lavado de los filtros de la planta antigua.



La estación de bombeo EBE-2: abastece al reservorio R6 a través de la línea de impulsión de PVC de DN250mm. Tiene una antigüedad de 19 años, en la actualidad se encuentra en mal estado, ya que presenta fugas y los accesorios del árbol de descarga están desgastados y oxidados. Los dos manómetros están malogrados.

La estación cuenta con dos bombas centrifugas de 100 HP, estas son de segunda mano, tienen una eficiencia de entre 50 y 70 %, lo cual se traduce en consumo de energía y como consecuencia eleva el costo de la distribución de agua potable.

El sistema de alivio se encuentra malogrado desde hace 17 años; la válvula compuerta que aísla la válvula de alivio ya no cierra herméticamente, y se tiene una constante fuga de agua que a veces llega a vaciar la tubería de impulsión por completo.

La estación funciona entre dos y 3 horas por día, en ese tiempo llenan el reservorio R-6. El encendido y apagado de los equipos de bombeo se realiza manualmente, para ello se emplea dos operadores, uno ubicado en el R6 que controla el nivel del agua en el reservorio y otro en la estación de bombeo para apagar el equipo y manipular el sistema de alivio.

Para eliminar el golpe de ariete, el operador al apagar la bomba abre la válvula compuerta del sistema de alivio y deja salir la mayor cantidad de agua posible, esta operación la realiza de 3 a 5 veces cada vez que funcione la estación.

La estación de bombeo EBE-3: La estación de bombeo abastece a la empresa

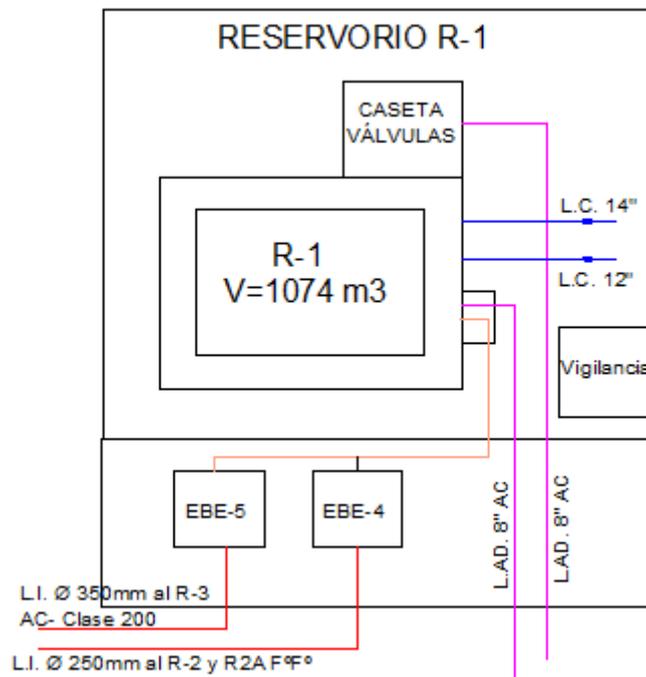
EGASA, por medio de una línea de impulsión de DN63mm.

La estación esta automatizada y es operada por la empresa Egasa, la EPS SEDAPAR S.A. solo toma lectura del medidor que contabiliza en consumo de agua de la industria, todo el equipamiento se encuentra en buen estado de conservación.

2.6.2. Estaciones de bombeo en el R1

En este reservorio se encuentran instalados dos estaciones de bombeo EBE-4 y EBE-5, las cuales están alimentadas por una sola tubería de succión que viene del reservorio. La tubería de succión en su inicio es de 14", después de la primera succión se reduce a 12", luego de la segunda succión se reduce a 10" de diámetro el cual se mantiene para todas las demás succiones.

Imagen 9: esquema de la estación de bombeo en el R1



Estación de bombeo EBE-4: Abastece al reservorio R2, las instalaciones hidráulicas tienen una antigüedad aproximada de 56 años y requieren ser renovados.

Los equipos de bombeo tienen una antigüedad de más de 25 años, son bombas centrífugas de eje horizontal de segunda mano con eficiencias entre 50 y 70% y han sido reparadas en varias ocasiones. Trabajan alternadamente cada 6 horas, la potencia de los motores es de 40HP y bombean 45L/s, otros datos de la bomba son: N°79-6481, tipo: 411-BF, Marca: Aurora Pumps.

Las instalaciones hidráulicas están alrededor de 56 años de antigüedad, algunas han sido renovadas por accesorios de segunda mano.

Estación de bombeo EBE-5: Abastece al reservorio R3, las instalaciones hidráulicas tienen 56 años de antigüedad. La válvula de alivio está malograda hace 20 años y presenta fuga todo el tiempo por las uniones de los accesorios. No cuenta con macro medidor más de 10 años, el que tenía ha sido retirado porque estaba malogrado.

La válvula tipo check no está sellada correctamente presenta fugas permanentemente.

Imagen 10: Válvula check con fuga



Los equipos de bombeo son 3 y tienen 36 años de antigüedad; bombean agua las 24 horas del día, trabajando dos equipos al mismo tiempo y alternándose entre ellas cada 16 horas de funcionamiento. Los datos técnicos son: Potencia del Motor 100HP, caudal de bombeo 50L/s.

Estas dos estaciones de bombeo se operan manualmente y para ello se emplea 2 personas por turno, que se comunican por teléfono RPM, para el encendido y apagado de los equipos de bombeo.

2.6.3. Estación de bombeo en el R3

La estación de bombeo EBE-6 se encuentra en este reservorio y abastece a los reservorios R-4 y R-5 a través de una línea de impulsión que tiene dos tramos como

se explicó anteriormente.

La estación cuenta con dos equipos de bombeo tipo centrifugas de eje horizontal de diferentes capacidades. Cuando se va impulsar el agua al reservorio R-4, se enciende la bomba más pequeña que es de 20 HP, y cuando se va abastecer al reservorio R-5, se enciende la bomba de 40 HP.

Estos equipos de bombeo no cuentan con un equipo adicional de reserva por cada tipo de bomba. Además, están en mal estado de conservación, se encuentran deterioradas y oxidadas, con fugas permanentes en los accesorios del árbol de descarga.

El sistema de alivio no funciona, ya que dicha válvula está malograda. La estación cuenta con dos manómetros a la salida de cada bomba, estos se encuentran malogrados, el caño que va antes del manómetro que sirve para la toma de muestras de agua, está malograda y presenta fuga de agua permanente.

La bomba de 40 HP que abastece al Reservorio R-5 es de segunda mano.

Imagen 11: Equipos de bombeo del R3



En la imagen se aprecia el estado de la estación de bombeo.

2.6.4. Estación de bombeo en el R6

Aquí se encuentra la estación de bombeo EBE-7, que abastece al reservorio R-01

de 500m³, tiene una antigüedad de 2 años.

2.7. Unidades de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento en la ciudad de Mollendo se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro 3: Volumen operativo de reservorios existentes

Reservorio	Tipo	Volumen (m ³)	Capacidad Operativa (m ³)
R1	Apoyado	1100	1074
R2 Y R2A	Apoyado	1160	1160
R3	Apoyado	1650	1650
R4	Apoyado	500	500
R5	Apoyado	750	750
R6	Apoyado	200	200
R-01	Apoyado	500	500
TOTAL	-	5860	5834

Solo el reservorio R1 tiene su capacidad limitada, ya que tiene una rajadura en la parte superior que impide que se llene a toda su capacidad.

2.7.1. Reservorio R1

Imagen 12: Reservorio R1



Este reservorio es semienterrado, tiene una antigüedad aproximada de más de 56 años. Hace 35 años ha sido ampliada su capacidad por el aumento de la demanda.

El reservorio es de forma trapezoidal, ha sido ya reparada estructuralmente hace 6 años atrás. Le falta el pintado exterior.

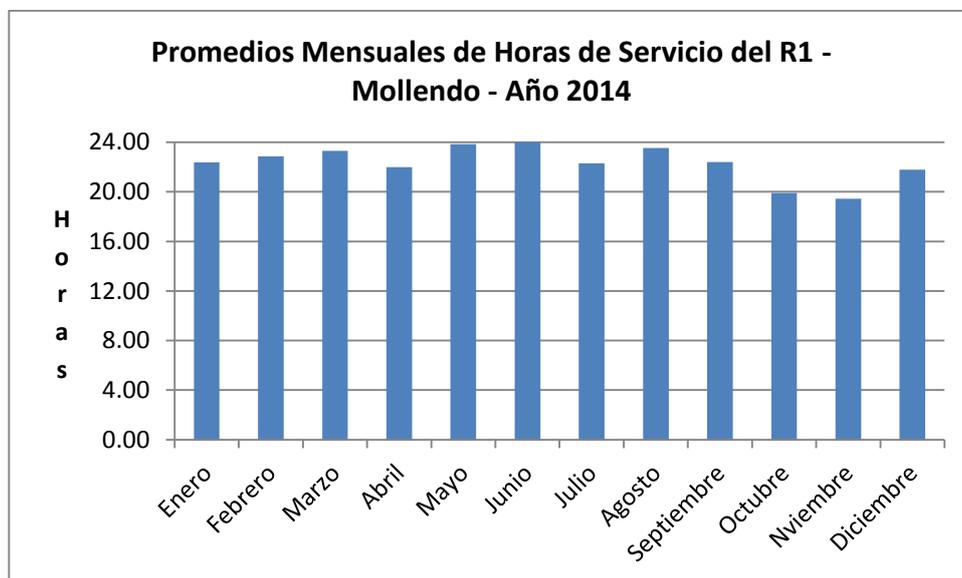
Del reservorio salen dos líneas de aducción de 8" AC que alimentan las redes secundarias; la caseta de válvulas de este reservorio se encuentra en mal estado de conservación y por el tiempo que llevan instalados han sido afectados por la corrosión, los accesorios de la caseta de válvulas necesitan ser cambiadas en su totalidad.

Este reservorio dentro del esquema actual, es de vital importancia, ya que de su funcionamiento y su conservación dependen el abastecimiento los reservorios R-2, R-2A, R-3, R-4, R-5 y la ciudad de Matarani, además de su área de servicio.

El reservorio brinda a su área de influencia una continuidad de 24 horas del día 10 meses al año, los meses de Enero y Febrero solo abastece a su área de influencia 12 horas (en el día), esto debido al incremento de la demanda causada por la población flotante que llega por la temporada de verano y que se traduce en el incremento del consumo de agua. Por lo tanto el reservorio brinda una continuidad en promedio de 22:30 horas a su área de servicio.

En el siguiente gráfico se muestra las horas de servicio promedio mensuales durante todo el año 2014.

Gráfico 4: horas de continuidad que brinda a su sector el R1



Fuente: Propia del tesista, Elaborado con información de la parte operativa de la EPS. SEDPAR S.A. Mollendo.

2.7.2. Reservorio R2 y R2A

El reservorio R2 es rectangular de 860m³ de capacidad, tiene una antigüedad aproximada de más de 56 años. Está muy descuidado, falta pintar las paredes del reservorio, para proteger la estructura de la humedad y la salinidad.

Sus instalaciones hidráulicas están en mal estado de conservación, el paso del tiempo y su falta de mantenimiento aceleró su deterioro. Es necesario el cambio total de las instalaciones hidráulicas del árbol de descarga. En este reservorio también se re-clora, y se hace por medio de hipoclorito de calcio de una forma artesanal.

Imagen 13: Reservorio R2



Imagen 14: caseta de válvulas del R2



Por el incremento de la población y la demanda del área de influencia del R2, hizo que en el año 1981 se construya el reservorio R2A de 300m³ de capacidad el cual se ubica al costado del R-2 y tiene una antigüedad de 36 años.

Se encuentra en buen estado de conservación estructuralmente, las instalaciones hidráulicas están deterioradas y necesitan ser renovadas en su totalidad.

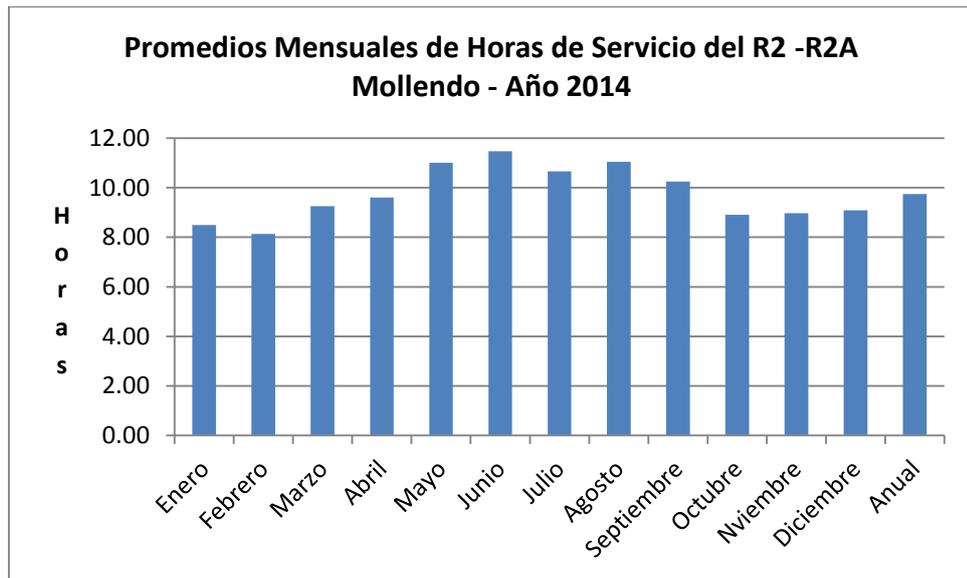
Imagen 15: caseta de válvulas del R2A



Estos dos reservorios por medio de una línea de aducción de DN200mm de fierro fundido abastecen a su área de influencia. Ambos reservorios tienen macromedidores pero solo del reservorio R-2A está operativo.

El área de influencia de los reservorios no se encuentra completamente sectorizado; es decir, interfiere con el área de influencia del R-1. La continuidad promedio de su área de influencia es de 9.75 horas. En el siguiente gráfico mostramos la continuidad promedio mensual del sector.

Gráfico 5: horas de continuidad que brinda a su sector el R2 y R2A



Fuente: Propia del tesista, Elaborado con información de la parte operativa de la EPS. SEDPAR S.A. Mollendo.

2.7.3. Reservorio R-3

Imagen 16: Reservorio R3



Este reservorio tiene una capacidad de 1650m³ y una antigüedad aproximada de más de 56 años, las estructuras se encuentran en buen estado de conservación. A partir de este reservorio se abastece de agua potable a la ciudad de Matarani por medio de dos líneas de conducción de diámetros de DN200mm y DN250mm de AC; también, se abastece a los reservorios R-4 y R-5 a través de un sistema de impulsión.

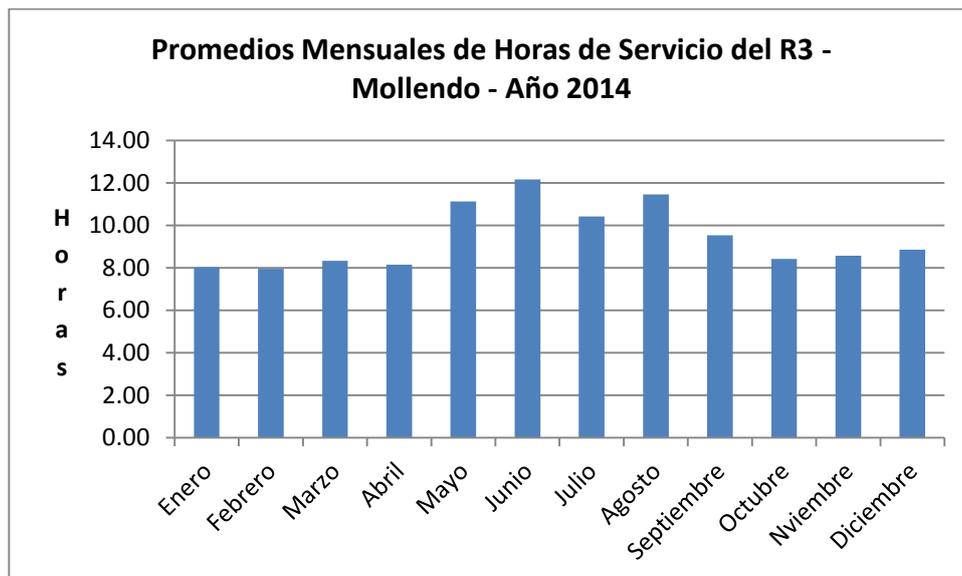
Las instalaciones hidráulicas de la caseta de válvulas están en regular estado de conservación; pero debido al tiempo que tienen la mayoría de los accesorios y tuberías deben ser cambiadas y darle mantenimiento a la tubería de reboce y limpia que están en buen estado de conservación a excepción de sus válvulas compuertas que necesitan ser cambiadas.

Tanto las líneas de conducción y de aducción tienen su macro medidor que están operativos.

El reservorio tiene dos zonas de presión que abastece por medio de una línea de aducción de DN300mm de AC y con la ayuda de una cámara rompe presión.

Las horas de continuidad que brinda el reservorio a su área de influencia es de 9 horas y 20 minutos en promedio, a continuación mostramos en el gráfico las horas de abastecimiento promedio mensual.

Gráfico 6: horas de continuidad que brinda a su sector el R3



Fuente: Propia del tesista, Elaborado con información de la parte operativa de la EPS. SEDPAR S.A. Mollendo.

2.7.4. Reservorio R4

Imagen 17: Reservorio R4



Este reservorio tiene una capacidad de 500m³ y una antigüedad aproximada de 36 años; las estructuras se encuentran en buen estado de conservación.

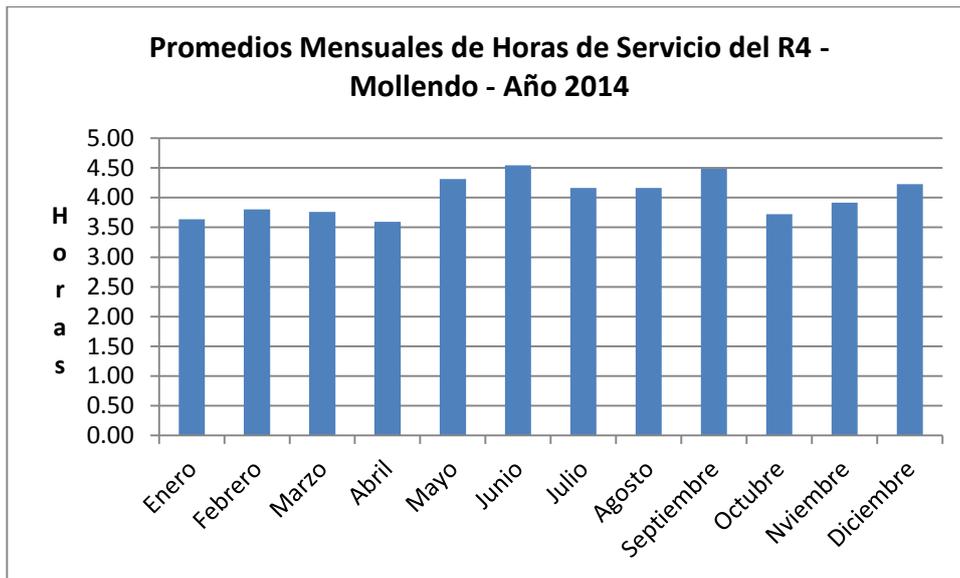
Sus instalaciones hidráulicas están muy descuidadas y se han deteriorado, es necesario el remplazo de toda las instalaciones hidráulicas de la caseta de válvulas.

Imagen 18: Caseta de válvulas del R4



El reservorio abastece a su área de servicio por medio de una línea de aducción de diámetro DN200mm de diámetro de AC, con una continuidad promedio de 4 horas diarias; a continuación se muestra las horas de abastecimiento promedio por mes.

Gráfico 7: horas de continuidad que brinda a su sector el R4



Fuente: Propia del tesista, Elaborado con información de la parte operativa de la EPS. SEDPAR S.A. Mollendo.

2.7.5. Reservorio R5

Imagen 19: Reservorio del R5



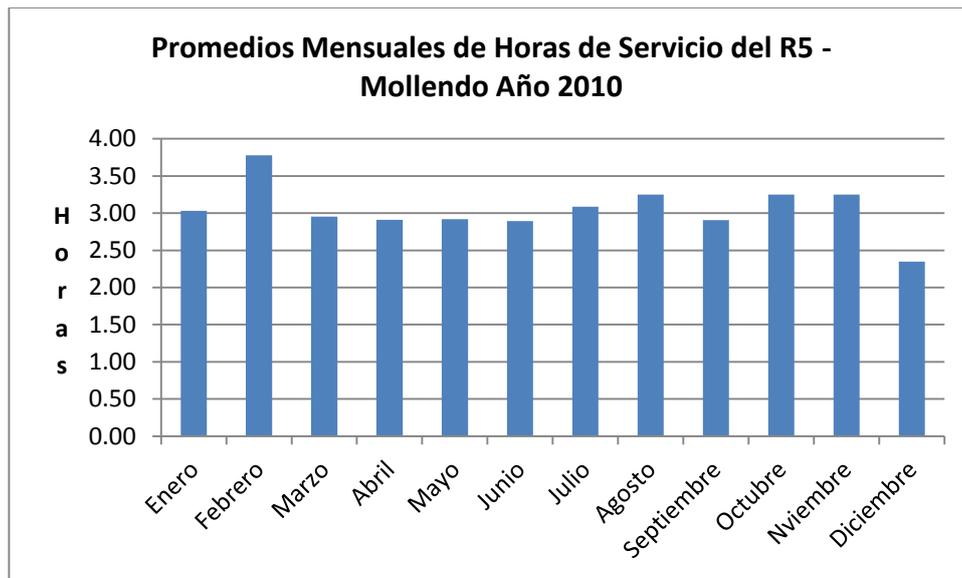
El reservorio tiene una antigüedad de 11 años; tanto sus estructuras como la parte hidráulica se encuentran en buen estado de conservación. El reservorio no cuenta con cerco perimétrico ni suministro eléctrico.

Actualmente cuenta con dos salidas de líneas de aducción, una de 8" que está completamente equipada y funcionando y la otra que es de 10" y tiene un tapón en la parte exterior del reservorio; a esta salida le falta su macro medidor. La línea de

aducción con la que abastece a su área de servicio es de diámetro DN200mm de PVC. Las instalaciones hidráulicas están en buen estado de conservación.

La continuidad promedio de su área de influencia es de 3 horas por día, en las zonas cercanas al reservorio la continuidad es de media hora a una hora por día. En el siguiente gráfico mostramos la continuidad del sector por mes.

Gráfico 8: horas de continuidad que brinda a su sector el R5



Fuente: Propia del tesista, Elaborado con información de la parte operativa de la EPS. SEDPAR S.A. Mollendo.

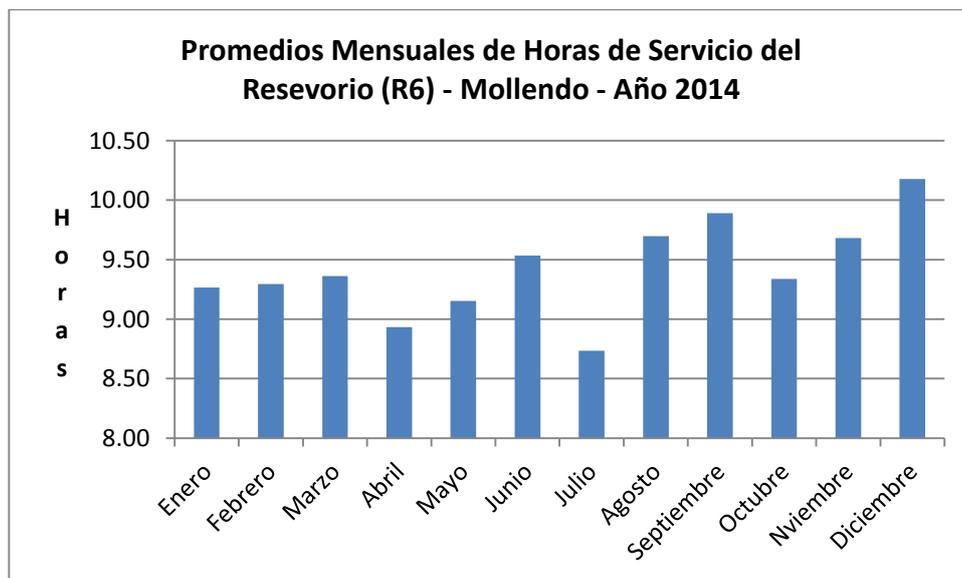
2.7.6. Reservorio R6

En su concepción inicial, esta unidad era una cisterna, que al no construirse la segunda etapa del proyecto se quedó como un reservorio apoyado de forma rectangular. Tiene una capacidad de almacenamiento de 200m³, con una antigüedad de 19 años.

Las instalaciones hidráulicas de la cámara de válvulas están en un estado regular de conservación, necesitan mantenimiento y pintado.

Imagen 20: Caseta de válvulas del R6

El reservorio es llenado una vez al día y brinda un servicio de abastecimiento con una continuidad promedio de 9 horas y 20 minutos. Las horas de servicio promedio mensual se muestran a continuación en el gráfico siguiente.

Gráfico 9: horas de continuidad que brinda a su sector el R6

Fuente: Propia del tesista, Elaborado con información de la parte operativa de la EPS. SEDPAR S.A. Mollendo.

2.7.7. Reservorio R-01

Este reservorio ha sido construido por el Gobierno Regional de Arequipa en el año 2009, está completamente nuevo, tiene una línea de impulsión de 6" de PVC PN 10, así como una línea de aducción de 6" de PVC PN 10 y está en funcionamiento hace dos años.

Su área de influencia tiene una continuidad de promedio de 12 horas por día.

2.8. Líneas de aducción

Las líneas de aducción de los reservorios R1, R2 y R2A, R3 tienen una antigüedad de más de 56 años. La línea de aducción del R4, R5, R6 y R-01 tiene una antigüedad de 36, 11, 19 y 6 años respectivamente. Las incidencias operativas son casi nulas, pero de aquellas que ya han cumplido su vida útil necesitan ser renovadas.

Las líneas de aducción actualmente no se encuentran bien definidas; es así que existen varias líneas de aducción empalmadas a las redes existentes que no se visualiza en el catastro, pero el personal que opera el sistema tiene conocimiento de su existencia y su ubicación referencial.

2.9. Rede de distribución

La EPS SEDAPAR S.A. no cuenta con un catastro actualizado de las redes existentes de la ciudad de Mollendo. La reconstrucción de las redes de agua potable se ha hecho en base a planos de replanteo, plano de proyectados de antiguos y con ayuda del personal que opera el sistema. En base a ello se tiene que las redes de agua potable de Mollendo, los cuales son de tres tipos de materiales Asbesto Cemento, Fierro Fundido y PVC.

Las redes más antiguas que pertenecen a los sectores de abastecimiento de los reservorios R1, R2 - R2A y R3 tienen una antigüedad de más de 56 años y son de AC y Fierro fundido, que por los problemas de roturas existen tramos que se han cambiado a PVC para corregir el problema.

Los hidrantes del sistema existente es necesario cambiarlos en su totalidad, así como las válvulas de seccionamiento.

Las redes que pertenecen al sector de abastecimiento del R4 tienen una antigüedad de 36 años y presentan pocas incidencias operativas, en su mayoría las tuberías son de Asbesto Cemento. Es necesario cambiar los hidrantes y las válvulas de seccionamiento.

Las redes que pertenecen al área de influencia del R6, son de Asbesto cemento y PVC, tienen antigüedades variables que van desde 56 años a 11 años de antigüedad. Los hidrantes y válvulas de seccionamiento ubicadas en tuberías de asbesto cemento deben ser cambiadas.

Y las redes que pertenecen a las áreas de influencia de los reservorios R5 y R-01 en su mayoría son de PVC, con una antigüedad menor a 11 años.

Cuadro 4: Metrado de redes existentes

Descripción	Diámetro	Metrado (m)
Tubería Fierro Fundido	75mm	628.29
Tubería Fierro Fundido	100mm	7779.96
Tubería Fierro Fundido	150mm	328.19
Tubería Fierro Fundido	200mm	676.62
Tubería de PVC	75mm	137.09
Tubería de PVC	90mm	7462.56
Tubería de PVC	110mm	14995.32
Tubería de PVC	160mm	533.06
Tubería de PVC	200mm	125.52
Tubería de Asbesto Cemento	75mm	14118.83
Tubería de Asbesto Cemento	100mm	36589.17
Tubería de Asbesto Cemento	150mm	9963.89
Tubería de Asbesto Cemento	200mm	6590.58
Tubería de Asbesto Cemento	250mm	2153.11
Tubería de Asbesto Cemento	300mm	262.38
TOTAL (Km)		102.345

2.10. Conexiones domiciliarias

Las conexiones de agua potable de la ciudad de Mollendo al año 2014 ascienden a un total de 8409 distribuidos en 5 categorías de conexiones como mostramos en el siguiente cuadro.

Cuadro 5: Metrado de conexiones existentes

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		Nº Cnx.	TOTAL. Cnx.
Doméstico	Con Medidor	6143	7225
	Sin Medidor	1082	
Comercial	Con Medidor	1080	1080
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	12	12
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	88	88
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	4	4
	Sin Medidor	0	
TOTAL			8409

Fuente: Estudio tarifario 2014 SEDAPAR S.A.

El porcentaje de micromedición promedio es de 87.13%; para la categoría doméstica es de 85.02%.

2.11. Pérdidas de agua en el sistema de agua potable

El porcentaje de pérdidas del sistema se estima con los valores de los volúmenes producidos y los volúmenes facturados para el año 2014.

Cuadro 6: Porcentaje de pérdidas

Año	Und	2005	2006	2011	2014
Volumen Producido	m ³ /año	2,899,657	2,126,540	2'850,314	3,062,777
Volumen Facturado	m ³ /año	1,149,860	883,957	1'378,149	1,753,998
Volumen No Facturado	m ³ /año	1,749,797	1,242,583	1'472,165	1,308,779
Pérdidas Promedio	%	60.34%	58.43%	51.65%	42.73%

Fuente: PMO optimizado 2007-2036 / indicadores de gestión SEDAPAR S.A. 2014 / PMO 2012-2041.

Por lo tanto el sistema actual tiene un porcentaje de pérdida igual a 42.73%.

2.12. Calidad de agua

En los cuadros 7 y 8 se muestra la información relacionada a la calidad del agua potable del Sistema Mollendo Matarani, proporcionada por EPS SEDAPAR, los mismos que están siendo comparados con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la SUNASS para la calidad del agua potable vigentes.

En dichos cuadro se muestran resaltados de valores que sobrepasan los LMP⁸, en los ensayos ejecutados ya sea por SEDAPAR o encargados a terceros.

⁸ Límite Máximo Permisible

Cuadro 7: Resultados fisicoquímicos del año 2010

PARAMETRO	UNIDAD	SALIDA DE PLANTA	SALIDA DE PLANTA	Res. R1	Res. R3	Res. R4	SALIDA DE PLANTA IE N° 1003126	LMP
Fecha Muestreo		02/03/2010	02/03/2010	02/03/2010	03/03/2010	05/03/2010	02/03/2010	
Hora Muestreo		14:15	14:05	15:50	16.:45	08:45		
pH		6.81	6.81	7.06	7.24			6,5 - 8,5
Turbiedad	NTU	1.77	0.57	1.73	2.49	3.85		5
Conductividad	uS/cm	601	600	548	399	675		1500
Color	UC - Pt-Co	5						15
Cloruros	mg/L	45.71						250
Sulfatos	mg/L	94.48						250
Dureza Total	mg/L	137.43						500
Nitratos	mg/L	1.347						50
Hierro	mg/L	0.157					5.658	0,3
Manganeso	mg/L	0.01					0.212	0.4
Aluminio	mg/L	0.101	0.087	0.197	0.172	0.108	7.11	0,2
Cobre	mg/L							2
Plomo	mg/L						0.032	0,01
Arsénico	mg/L						0,031	0,01
Cadmio	mg/L						N.D.	0,003
Cromo	mg/L						N.D.	0,05
Mercurio	mg/L						0.0006	0,001
Selenio	mg/L							0,01
Fluor	mg/L							1

Fuente: SEDAPAR Mollendo.

Cuadro 8: Resultados fisicoquímicos del año 2008 y 2009

PARAMETRO	UNIDAD	Reser. R1 (Fondo)	Reser. R2 (Fondo)	Reser. R5 (Fondo)	SALIDA DE PLANTA	SALIDA DE PLANTA	LMP
Fecha Muestreo		13/05/2009	13/05/2009	13/05/2009	14/05/2009	11/06/2008	
Hora Muestreo		16:00	14:10	15:30		11:50	
pH						7.4	6,5 - 8,5
Turbiedad	NTU	8.58	23.3	118		0.2	5
Conductividad	uS/cm	2220	2260	2230		2360	1500
Color	UC - Pt-Co					5	15
Cloruros	mg/L					496.93	250
Sulfatos	mg/L					349.69	250
Dureza Total	mg/L					384.07	500
Nitratos	mg/L					0.695	50
Hierro	mg/L	3.188	0.486	3.676		0.096	0,3
Manganeso	mg/L	0.109	0.059	0.211		0.019	0.4
Aluminio	mg/L	0	0.4	0.836		0	0,2
Cobre	mg/L						2
Plomo	mg/L					N.D.	0,01
Arsénico	mg/L				0.054	0.069	0,01
Cadmio	mg/L					ND	0,003
Cromo	mg/L					N.D.	0,05
Mercurio	mg/L					N.D.	0,001
Selenio	mg/L					N.D.	0,01
Fluor	mg/L						1

Fuente: SEDAPAR Mollendo.

En todas las fechas que se han analizado el parámetro Arsénico, este se encuentra en el agua potable por encima de los LMP, entre 5 y 6 veces por encima del valor establecido.

La conductividad analizada en diferentes puntos el 13 de junio del 2009 y en el año 2008, está por encima de los LMP.

2.13. Conclusiones del diagnóstico

- Tanto la captación como las líneas de conducción de agua cruda están en buen estado de conservación, pero la línea de concreto reforzado de 18" de diámetro tiene más de 56 años de antigüedad, lo cual indica que ya ha cumplido su vida útil. Como medida de monitoreo se deben tomar muestras de la tubería existente y evaluar su estado estructural para programar anticipadamente su replazo.

- La plantas en su conjunto tienen una oferta de 200L/s, pero viene produciendo 133L/s y no satisfacen la demanda actual, debido a que las tuberías de la obras generales sólo tienen capacidad de conducir 130L/s; por lo tanto, si se quiere producir más agua para satisfacer la demanda y mejorar la continuidad del servicio, primeramente se tiene que ampliar las obras generales del sistema de distribución; además, se deben construir nuevos reservorios y una nueva cisterna en la planta para almacenar agua tratada.
- La Planta de tratamiento estructuralmente están en buen estado de conservación. La planta antigua necesita renovación del lecho filtrante, cambio de las tuberías que lavan el filtro ya que estas presentan roturas provocadas por la corrosión.

La plantan nueva, tiene que ser operada con un caudal mínimo igual al 50% de su caudal de diseño para producir el resalto hidráulico y que la mezcla rápida sea eficiente. Es necesario el cambio del lecho filtrate puesto que presentan bolsas de lodo y es necesario ser cuidadosos en las características del material fíltrate. Se debe implantar la tasa declinante, en base al cual debe estar programado el lavado de los filtros. Es muy importante la capacitación de los operadores para manejar este tipo de plantas; así, mismo la EPS SEDAPAR Arequipa debe facilitar a la planta de Mollendo una copia del Manual de Operación y mantenimiento de la planta.

- Los reservorios en su mayoría están en buen estado de conservación estructuralmente, necesitando trabajos de mantenimiento como pintado. Pero las casetas de válvulas de los reservorios R1, R2, R2A, R3, R4 y R6, necesitan ser cambiadas por los problemas de deterioro que presentan. Además actualmente están todos equipados para funcionar con operación manual ya que ninguna de ellas tiene una válvula de altitud que controle el cierre y apertura del ingreso de agua. Para que estos operen de forma automática, es necesario ampliar y renovar todas las instalaciones hidráulicas de las casetas de los reservorios.
- Las estaciones de bombeo a excepción del EBE-7 ubicado en el reservorio R6, todas deben ser cambiadas en su totalidad por el deterioro que presentan y los años de antigüedad que tienen.
- Los equipos de bombeo de las estaciones de bombeo EBE-2, EBE-4, EBE-5 y EBE-6, deben ser renovadas ya que tienen en promedio de más de 20 años de funcionamiento y algunas son de segunda mano y han sido reparadas en varias ocasiones. Así mismo, estos equipos deben ser cambiados a otros de mayor eficiencia como son las bombas de turbina vertical.

- Las líneas de conducción de concreto reforzado que abastece al reservorio R1, por su antigüedad y deterioro necesita ser reemplazada.
- Es necesario el cambio de la línea de impulsión que va del R1 al R2 y R2A ya que esta tiene más de 56 años de antigüedad, es de fierro fundido y está muy deteriorada por la corrosión.
- La línea de impulsión que va del R1 al R3 también necesita ser cambiada principalmente el tramo que es de Hierro fundido, el que es de Asbesto cemento y aun no presente problemas debe ser analizada estructuralmente para determinar su estado.
- La línea de impulsión que abastece al reservorio R4 y R5, deben ser evaluadas estructuralmente. El tramo que es de hierro fundido debe ser analizada, ya que por la calidad de agua con alta conductividad, estas tuberías sufren gran deterioro.
- Las redes de distribución que pertenecen a los sectores de abastecimiento de los reservorios PTAP, R1, R2 –R2A, R3 deben ser renovadas en su totalidad, ya que estas presentan más de 56 años de antigüedad. Por el estado en que se encuentran las tuberías de fierro fundido ameritan su intervención como prioridad por el estado de corrosión que presentan.
- Es necesario sectorizar adecuadamente las áreas de influencia de los reservorios, ya que actualmente debido a la falta de un catastro técnico que revele la posición de las tuberías no se lograr esta sectorización; por lo tanto, es de vital importancia que la EPS SEDAPAR Mollendo elabore su catastro técnico.
- Las horas de abastecimiento en la ciudad de Mollendo varia por sectores de abastecimiento, a excepción del área de influencia del R1, ningún sector tiene continuidad de 24 horas. Esto se debe a la falta de sectorización y las pérdidas en el sistema existente.
- La micromedición en el sistema es mayor a 85% lo cual debería rebelar una disminución en el porcentaje de pérdida, pero las pérdidas están alrededor 42.73% y esto varia ya que hay años que alcanzan por encima del 50%, lo cual revela que el estado de las tuberías no es la más óptima.
- Es necesario el cambio completo de las tuberías de aducción de los reservorios R1, R2 –R2A, R3, R4, R5 y R6 ya que no se tienen registrados al 100% con precisión su ubicación en campo. Y algunos por la antigüedad que presentan que es de más de 50 años.

CAPITULO III: ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA

1. ESTUDIO DE POBLACIÓN

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo principal de este estudio es analizar el comportamiento del crecimiento de la población de las localidades que forman parte del proyecto. En base a este análisis se elegirá el modelo matemático que mejor represente el crecimiento poblacional y con ella proyectar el crecimiento poblacional partiendo de la población actual hallada en la presente tesis actualizada al año 2014.

1.2. DATOS CENSALES PARA EL ANALISIS POBLACIONAL

Para realizar la estimación del crecimiento poblacional de las ciudades de Mollendo y Matarani, se ha tenido que utilizar la información de los censos realizados en los años 1972, 1981, 1993 y 2007.

Con la información de población de estos cuatro censos desarrollamos los diferentes métodos matemáticos que usan para estimar el crecimiento poblacional.

Cuadro 9: Población de Mollendo según los censos

Mollendo	Año	Población
Censo	1972	17539
Censo	1981	21563
Censo	1993	25434
Censo	2007	24028

Fuente: INEI

Cuadro 10: Población de Matarani según los censos

Matarani	Año	Población
Censo	1972	1260
Censo	1981	1441
Censo	1993	2100
Censo	2007	4823

Fuente: INEI

1.3. METODOS DESARROLLADOS

Para elegir el modelo matemático que mejor represente el comportamiento del crecimiento poblacional de las localidades de Mollendo y Yslay (Matarani), se desarrollan 4 métodos matemáticos entre los cuales están: el aritmético, geométrico, parabólico y lineal modificada.

1.3.1. Método Aritmético.

Este método tiene ciertas implicancias desde el punto de vista analítico; implica incrementos absolutos, constantes lo que demográficamente no se cumple ya que por lo general las poblaciones no aumentan numéricamente sus habitantes en la misma magnitud a lo largo del tiempo. Por lo general este método se utiliza para proporciones en plazos de tiempo muy corto o en comunidades rurales.

El método tiene la siguiente fórmula:

$$PF = P_0 (1 + r \times t)$$

Donde:

PF: población final (habitantes)

Po: Población Inicial (habitantes)

r: tasa de crecimiento (%)

t: tiempo (años)

Para determinar las tasas de crecimiento, estos se hallarán en base a las combinaciones de los censos, obteniendo 11 tasas de crecimiento para este método los cuales se determinan de la siguiente forma.

Tasas por combinación de dos censos

Cuadro 11: tasas aritméticas de la combinación de dos censos

censo	censo	Tasas
1972	1981	r1
1972	1993	r2
1972	2007	r3
1981	1993	r4
1981	2007	r5
1993	2007	r6

$$r1 = \left(\frac{Pob\ 1981}{Pob\ 1972} - 1 \right) \times \left(\frac{1}{1981 - 1972} \right) \times 100\%$$

Esta fórmula se aplica para cada una de las combinaciones hasta llegar a la tasa r6, variando las poblaciones y años de los censos de acuerdo a las combinaciones mostradas.

Tasas por combinación de tres censos

Cuadro 12: tasas aritméticas de la combinación de tres censos

censo	censo	censo	tasas
1972	1981	1993	r7
1972	1981	2007	r8
1972	1993	2007	r9
1981	1993	2007	r10

$$r7 = \frac{r1 \times (1981 - 1972) + r4 \times (1993 - 1981)}{1993 - 1972} \times 100\%$$

Esta fórmula se aplica para cada una de las combinaciones hasta llegar a la tasa r10 y teniendo en cuenta el cuadro 3, según los censos implicados en la combinación.

Tasa por combinación de cuatro censos

Cuadro 13: tasa aritmética de la combinación de cuatro censos

censos				tasa
1972	1981	1993	2007	r11

$$r11 = \frac{r1 \times (1981 - 1972) + r4 \times (1993 - 1981) + r6 \times (2007 - 1993)}{2007 - 1972} * 100\%$$

Los valores de cada una de estas tasas se muestran en la memoria de cálculo que se anexa al presente estudio. Los valores de r1, r4 y r6 corresponden al cuadro 11.

1.3.2. Método geométrico

Un crecimiento de la población en forma geométrica, supone que la población crece a una tasa constante, lo cual significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada periodo de tiempo, pero en número absoluto, las personas aumentan en forma creciente. Este método generalmente caracteriza a un crecimiento de la población en zonas urbanas en crecimiento y está descrito por la siguiente fórmula:

$$PF = P_0 (1 + r)^t$$

Donde:

PF: población final (habitantes)

Po: Población Inicial (habitantes)

r: tasa de crecimiento (%)

t: tiempo (años)

Las tasas de crecimiento se hallarán en base a las combinaciones de los censos, obteniéndose 11 tasas de crecimiento para este método de la forma siguiente:

Tasa por combinación de dos censos

Cuadro 14: tasas geométricas de la combinación de dos censos

censo	censo	Tasas
1972	1981	r1
1972	1993	r2
1972	2007	r3
1981	1993	r4
1981	2007	r5
1993	2007	r6

$$r1 = \left(\left(\frac{Pob\ 1981}{Pob\ 1972} \right)^{\left(\frac{1}{1981-1972} \right)} - 1 \right) \times 100\%$$

Esta fórmula se aplica para cada una de las combinaciones hasta llegar a la tasa r6, variando las poblaciones y años de los censos de acuerdo a las combinaciones mostradas.

Tasas por combinación de tres censos

Cuadro 15: tasas geométricas de la combinación de tres censos

censo	censo	censo	tasas
1972	1981	1993	r7
1972	1981	2007	r8
1972	1993	2007	r9
1981	1993	2007	r10

$$r7 = (r1^{(1981-1972)} \times r4^{(1993-1981)})^{\left(\frac{1}{1993-1972} \right)} * 100\%$$

Esta fórmula se aplica para cada una de las combinaciones hasta llegar a la tasa r10 y teniendo en cuenta el cuadro 6, según los censos implicados en la combinación.

Tasa por combinación de cuatro censos

Cuadro 16: tasa geométrica de la combinación de cuatro censos

censos				tasa
1972	1981	1993	2007	r11

$$r11 = (r1^{(1981-1972)} \times r4^{(1993-1981)} \times r6^{(2007-1993)})^{\frac{1}{(2007-1972)}} * 100\%$$

Los valores de cada una de estas tasas se muestran en la memoria de cálculo que se anexa al presente estudio. Los valores de r1, r4 y r6 corresponden al cuadro 14.

1.3.3. Método Parabólico

Ese método se aplica cuando se dispone como mínimo de tres censos o estimaciones. Este modelo de cálculo es una opción emplearlo cuando la tendencia del crecimiento de la población no sigue el método aritmético ni geométrico; entonces es factible el empleo de una función polinómica, siendo la utilizada la de segundo orden.

Este tipo de curva no solo es sensible al ritmo medio de crecimiento, sino también al aumento o disminución de la velocidad de ese ritmo.

La fórmula general de función polinómica de segundo grado es la siguiente:

$$PF = A + Bt + Ct^2$$

Donde:

PF: población final (habitantes)

A, B, C: constantes

t: tiempo (años)

En este método se obtendrán radios producto de las combinaciones de tres y 4 censos:

Cuadro 17: Constantes de la combinación de tres censos

censo	censo	censo	ratios
1972	1981	1993	A1, B1, C1
1972	1981	2007	A2, B2, C2
1972	1993	2007	A3, B3, C3
1981	1993	2007	A4, B4, C4

Cuadro 18: Constantes de la combinación de cuatro censos

censos				ratio
1972	1981	1993	2007	A5, B5, C5

Los valores para cada uno de las constantes se muestran en la memoria de cálculo.

1.3.4. Método Lineal Modificada

Este método no es más que el ajuste de la recta a los últimos censos por el método de mínimos cuadrados.

El principio de este método es, que la recta que mejor se ajusta a un conjunto de datos que muestran una ordenación de tendencia lineal, es aquella para el cual la suma de los cuadrados de los residuos sea mínima.

La aplicación de este método de mínimos cuadrados nos conduce a determinar las constantes A y B de la ecuación de la recta: **PF= A + B T**

Donde:

PF: Población Final (habitantes)

A, B: Constantes de la ecuación Lineal

T: tiempo (años)

Las ecuaciones que se emplearán para determinar las constantes son:

- $\sum(PF) = N.A + B\sum(T)$
- $\sum(PF \times T) = A\sum(T) + B\sum(T^2)$

Donde:

$\sum(PF)$: suma de valores de PF conocidos

$\sum(T)$: suma de valores de T conocidos

$\sum(PF \times T)$: Suma de Productos de los valores simultáneos de T y de PF conocidos

$\sum(T^2)$: Suma de los cuadrados de los valores de T conocidos

N: número de puntos representados.

Los valores de A y B para el método se muestran en la memoria de cálculo.

1.4. SELECCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA ESTIMACION DE LA POBLACION

La elección del modelo matemático que se utilizará para el cálculo del crecimiento poblacional tanto de las localidades de Mollendo e Yslay (Matarani), se escogerá uno de los métodos antes mencionados que mejor describa el comportamiento de la población en el tiempo para ambas ciudades tomando los siguientes criterios:

- Debido a que las ciudades de Mollendo y Matarani son ciudades urbanas, la comparación del crecimiento poblacional se han hecho según las tasas de crecimiento urbano.
- Las tasas de crecimiento urbano que se tomaron en cuenta para elegir la curva que mejor describe el crecimiento poblacional de cada una de las ciudades son: tasa de crecimiento urbano de la ciudad, provincia, departamento y la del Perú.

Considerando los criterios anteriores, la tasa que se eligió para la comparación con los métodos desarrollados son:

1.4.1. Selección del modelo matemático para la ciudad de Mollendo

Según la estimación del INEI del crecimiento poblacional de Mollendo hasta el 2015 es la siguiente:

Cuadro 19: Crecimiento Poblacional estimada por el INEI

POBLACIÓN ESTIMADA AL 30 DE JUNIO, POR AÑOS CALENDARIO Y SEXO, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO, 2012-2015													
UBIGEO	DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y	2012			2013			2014			2015		
		Total	Hombre	Mujer									
040700	ISLAY	53,047	27,632	25,415	52,914	27,579	25,335	52,776	27,524	25,252	52,630	27,465	25,165
040701	MOLLENDO	23,310	11,994	11,316	23,009	11,852	11,157	22,703	11,706	10,997	22,389	11,556	10,833
040702	COCACHACRA	9,239	4,869	4,370	9,157	4,824	4,333	9,072	4,778	4,294	8,984	4,730	4,254
040703	DEAN VALDIVIA	6,581	3,182	3,399	6,596	3,174	3,422	6,608	3,165	3,443	6,619	3,155	3,464
040704	ISLAY	6,214	3,494	2,720	6,509	3,665	2,844	6,812	3,841	2,971	7,124	4,022	3,102
040705	MEJIA	1,087	615	472	1,071	607	464	1,054	598	456	1,037	590	447
040706	PUNTA DE BOMBON	6,616	3,478	3,138	6,572	3,457	3,115	6,527	3,436	3,091	6,477	3,412	3,065

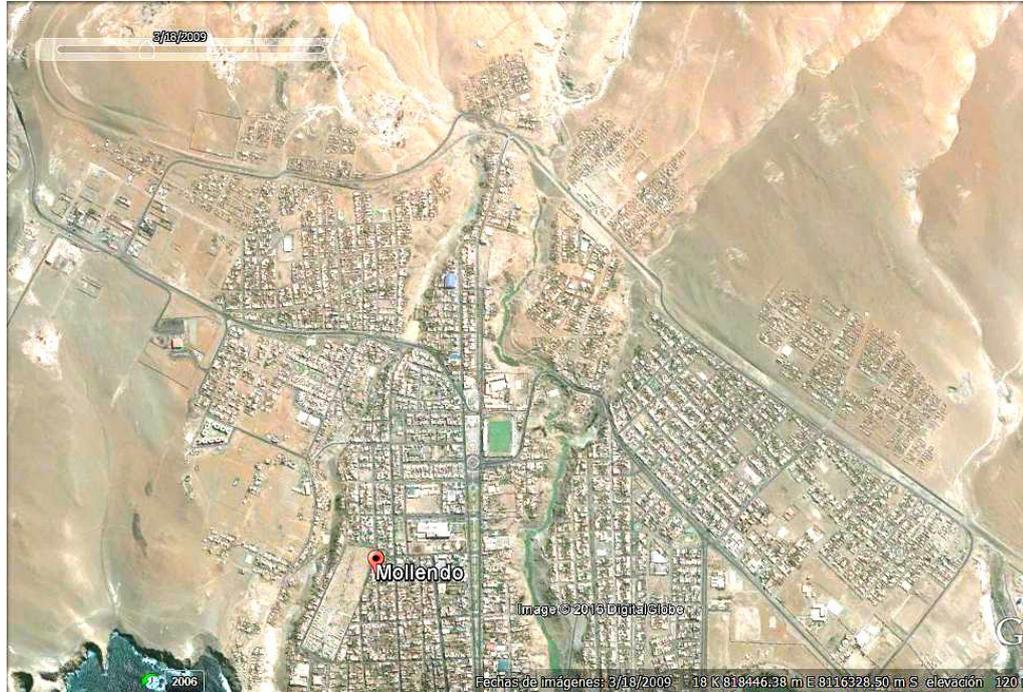
Fuente: INEI

Tomando en cuenta que en el censo del año 2007, Mollendo registró una población de 24028 habitantes, siendo menor a la registrada en el censo 1993, el cual da una tasa de crecimiento negativo que es usado por INEI para estimar la población de Mollendo para el año 2014 el cual resulta en 22703 habitantes.

La situación actual de la ciudad de Mollendo es completamente distinta a la prevista por el INEI. Debido a algunas inversiones como la ampliación del puerto de Matarani, la construcción de la carretera interoceánica, el turismo y otros proyectos como el posible desarrollo del Proyecto Minero Tía María; han provocado que la población crezca en estos últimos años debido a la migración por oportunidades laborales que se desarrolla en la zona.

Este crecimiento no solo es poblacional sino también territorial y se muestra en las siguientes imágenes satelitales:

Imagen 21: Foto satelital de Mollendo en el año 2009



Fuente: Google Earth (fecha de imagen 3/18/2009)

Imagen 22: Foto satelital de Mollendo en el año 2014



Fuente: Google Earth (fecha de imagen 3/5/2014)

En la imagen 22 se muestra encerrado en de color azul, las áreas de crecimiento respecto a la imagen 21 del año 2009, lo cual demuestra el crecimiento de la ciudad de Mollendo.

Para elegir el método con el cual se estimará el crecimiento poblacional de Mollendo, la tasa referencial que se adoptó para la comparación con los modelos matemáticos es la tasa de crecimiento de la provincia de Yslay; dado que la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad entre los dos últimos censos es negativa; además, la tasa de crecimiento del departamento de Arequipa como la del país son muy altas y no reflejan el comportamiento del crecimiento poblacional de Mollendo.

En el cuadro 20, la tasa de crecimiento urbano de la provincia de Islay no figura; por lo que esta tasa es calculada con la población urbana de los últimos dos censos.

Cuadro 20: Crecimiento Poblacional estimada por el INEI

DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: POBLACIÓN CENSADA URBANA, SEGÚN PROVINCIA, 1981 - 2007						
Provincia	1981		1993		2007	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
Total	583 927	82,6	785 858	85,7	1 044 392	90,6
Arequipa	462 813	92,9	642 478	94,9	842 880	97,5
Camaná	20 974	67,8	26 983	63,6	44 741	84,3
Caravelí	14 902	60,3	16 568	60,3	23 080	64,2
Castilla	12 666	38,8	17 167	46,6	21 913	57,0
Caylloma	22 613	57,3	25 536	56,5	49 062	66,6
Condesuyos	5 303	27,2	8 664	41,9	7 764	40,9
Islay	38 298	88,9	42 301	84,5	47 402	90,7
La Unión	6 358	35,2	6 161	35,6	7 550	48,2

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1981, 1993 y 2007.

Tasa de crecimiento urbano calculada de la provincia de Islay = **0.81655%**

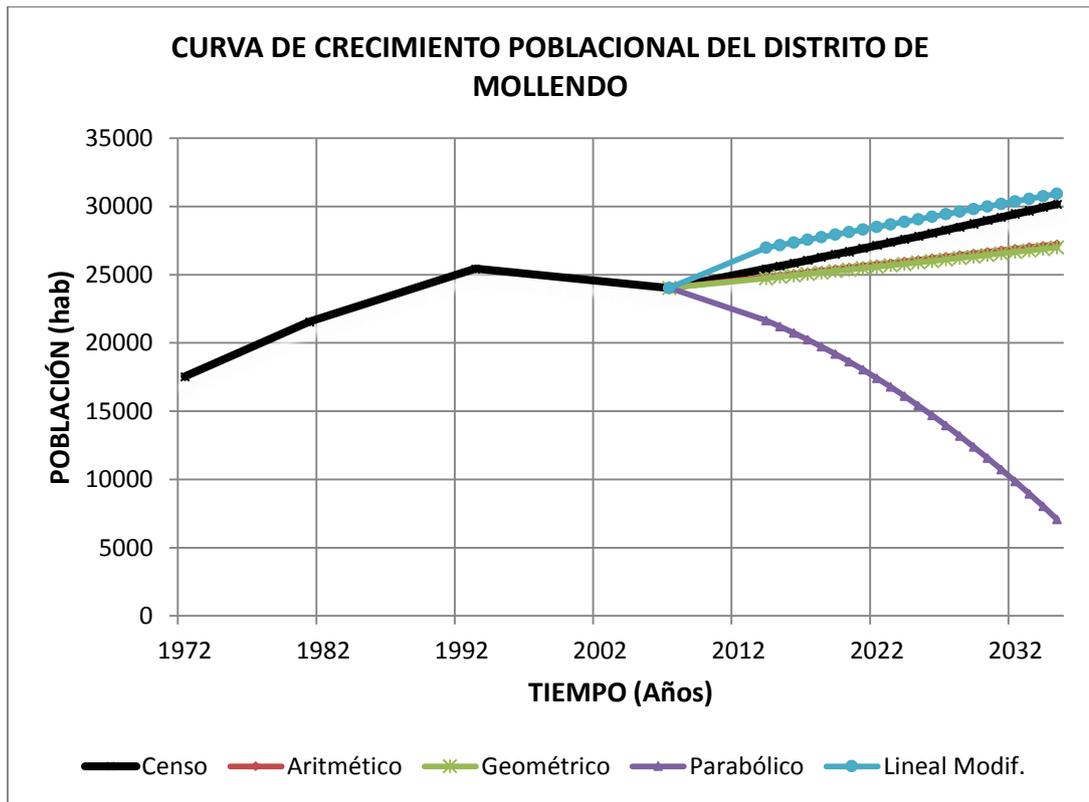
Con la tasa de crecimiento de la provincia de Islay, se comparó las tasas previamente seleccionadas de todos los métodos matemáticos desarrollados y se eligió el modelo matemático con el cual se proyectará la población a futuro de la ciudad de Mollendo.

En el Cuadro 21 y Gráfico 10, se muestra el método que se elige para la estimación del crecimiento poblacional de la ciudad de Mollendo; el método elegido es la “**Lineal Modificada**” y el porcentaje de variación de la población durante el periodo de diseño va disminuyendo de 6.10% para el año base (año 2014) hasta 2.54% para el final del periodo de diseño (Año 2035).

Cuadro 21: Crecimiento Poblacional según los métodos matemáticos

Año		Censo	Aritmético	Geométrico	Parabólico	Lineal Modif.	Curva Elegida
	1972	17539					
	1981	21563					
	1993	25434					
	2007	24028	24028	24028	24028	24028	24028
Base	2014	25436	24832	24739	21649	26987	26987
0	2015	25643	24947	24842	21209	27175	27175
1	2016	25853	25061	24945	20742	27363	27363
2	2017	26064	25176	25049	20251	27552	27552
3	2018	26277	25291	25154	19734	27740	27740
4	2019	26491	25406	25259	19192	27928	27928
5	2020	26707	25521	25364	18625	28116	28116
6	2021	26925	25635	25470	18032	28304	28304
7	2022	27145	25750	25576	17415	28493	28493
8	2023	27367	25865	25683	16772	28681	28681
9	2024	27590	25980	25790	16103	28869	28869
10	2025	27816	26095	25898	15410	29057	29057
11	2026	28043	26210	26006	14691	29245	29245
12	2027	28272	26324	26114	13946	29434	29434
13	2028	28503	26439	26223	13177	29622	29622
14	2029	28735	26554	26333	12382	29810	29810
15	2030	28970	26669	26442	11562	29998	29998
16	2031	29207	26784	26553	10717	30186	30186
17	2032	29445	26898	26664	9846	30375	30375
18	2033	29686	27013	26775	8951	30563	30563
19	2034	29928	27128	26886	8030	30751	30751
20	2035	30172	27243	26999	7083	30939	30939

Fuente: Elaborado por el Tesista

Gráfico 10: Curvas del crecimiento Poblacional de Mollendo

Fuente: elaborado por el Tesista

1.4.2. Selección del modelo matemático para la localidad de Islay (Matarani)

El comportamiento normal de una urbanización consolidada es que la tasa de crecimiento vaya disminuyendo en el tiempo; en urbanizaciones o ciudades con vías de desarrollo la tasa de crecimiento va en aumento hasta un punto máximo y luego tiene a disminuir en el tiempo.

La ciudad de Yslay (Matarani), se encuentra en el segundo caso, ya que como se muestra en el cuadro 22, la tasa de crecimiento intercensal se va duplicando entre cada periodo de censo desde 1972 a 2007.

Cuadro 22: Censos, Población y Tasas de crecimiento intercensal

Matarani	Año	Población	Tasa
Censo	1972	1260	
Censo	1981	1441	1.50257%
Censo	1993	2100	3.18809%
Censo	2007	4823	6.11889%

Fuente: INEI

En los siguientes ítems se muestra las tasas tanto de la provincia de Yslay, del departamento de Arequipa y la del Perú, y se aprecia que ninguna de ellas se acerca a la tasa de crecimiento de Distrito de Yslay (Matarani)

a. Tasa de crecimiento de la población urbana de la provincia de Yslay - Arequipa.

En el cuadro 20 mostrado anteriormente, donde se determina la tasa de crecimiento de la Provincia de Yslay es: **0.81655%**

b. **Tasa de crecimiento de la población urbana del Departamento de Arequipa.**

Cuadro 23: Tasa Poblacional del Departamento de Arequipa

Año	DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: POBLACIÓN CENSADA, URBANA Y RURAL Y TASA DE CRECIMIENTO EN LOS CENSOS NACIONALES, 1940 - 2007						
	Total	Población		Incremento intercensal		Tasa de crecimiento	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
1940	263 077	155 144	107 933				
1961	388 881	250 746	138 135	95 602	30 202	2,3	1,2
1972	529 566	420 801	108 765	170 055	- 29 370	4,9	-2,2
1981	706 580	583 927	122 653	163 126	13 888	3,7	1,3
1993	916 806	785 858	130 948	201 931	8 295	2,5	0,5
2007	1 152 303	1 044 392	107 911	258 534	- 23 037	2,0	-1,3

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993 y 2007.

Tasa de crecimiento urbano calculada del Departamento de Arequipa = **2.052305%**

c. Tasa de crecimiento de la población urbana del País (Perú)

Cuadro 24: Tasa de crecimiento Poblacional de País

Año	Total	Población		Incremento intercensal		Tasa de crecimiento promedio anual (%)	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
1940	6 207 967	2 197 133	4 010 834	2 501 045	1 197 734	3,7	1,2
1961	9 906 746	4 698 178	5 208 568	3 360 317	271 145	5,1	0,5
1972	13 538 208	8 058 495	5 479 713	3 033 428	433 574	3,6	0,8
1981	17 005 210	11 091 923	5 913 287	4 366 676	676 470	2,8	0,9
1993	22 048 356	15 458 599	6 589 757	5 351 689	12 112	2,1	0,01
2007	27 412 157	20 810 288	6 601 869				

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1940, 1961, 1972, 1981, 1993 y 2007.

Como se puede observar, ninguna de las tres tasas de crecimiento (Provincia de Yslay, Arequipa, País) no guarda relación con la verdadera tasa de crecimiento del Yslay (Matarani), por lo que se descarta su utilización como tasa de crecimiento en la comparación con los métodos desarrollados.

En Cuadro 25 y Gráfico 11, se muestra el método que se elige para el crecimiento poblacional de la ciudad de Yslay (Matarani); el método elegido es “**Método Geométrico**”.

Debido a que las tasas de la provincia de Yslay, del departamento de Arequipa y la del Perú; no guardan relación con el crecimiento del Distrito de Matarani, la tasa que se toma como referencia para determinar el método del crecimiento de la población es la de la ciudad de Yslay (Matarani), esta tasa es calculada en base a la población urbana registrada en los censos del año 1993 y 2007, siendo esta tasa igual a **6.12%**.

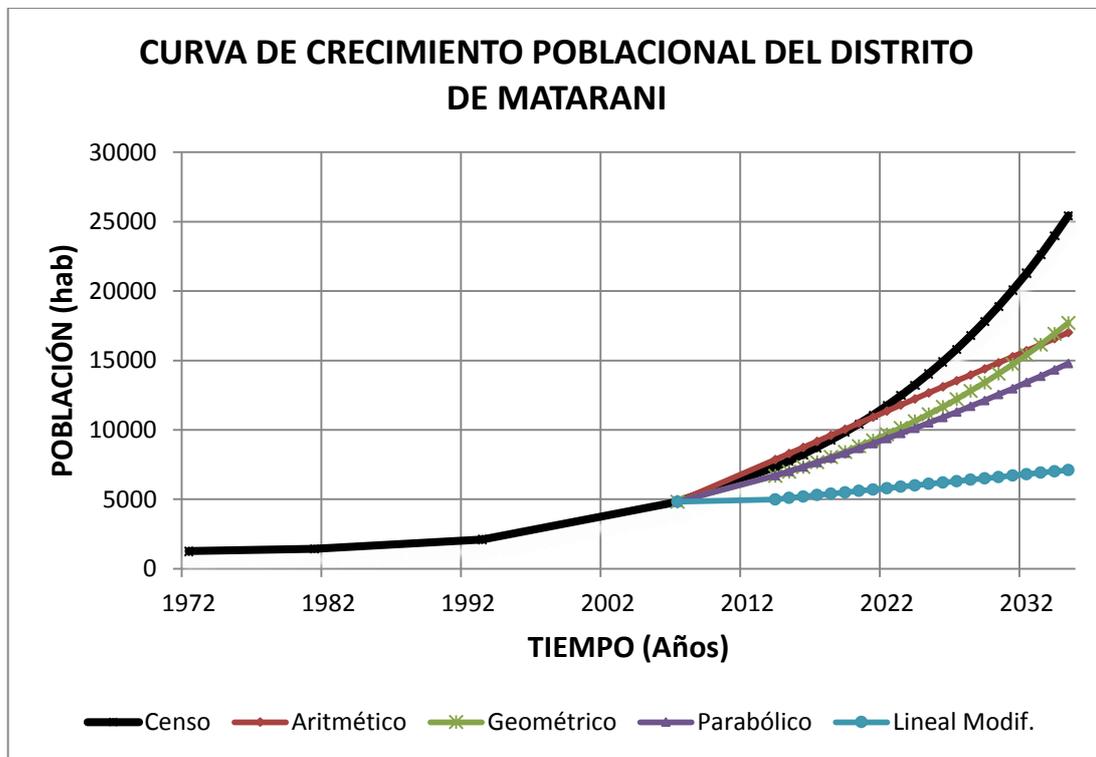
Cuadro 25: Crecimiento Poblacional según los métodos matemáticos

Tasa de crecimiento del Distrito de Yslay es: 6.12%

Nº	Años	Censo	Aritmético	Geométrico	Parabólico	Exponen. Modif.	Curva Elegida
	1972	1260					
	1981	1441					
	1993	2100					
	2007	4823	4823	4823	4823	4823	4823
Base	2014	7309	7871	6677	6717	4996	6677
0	2015	7756	8306	6994	7020	5097	6994
1	2016	8231	8741	7327	7331	5197	7327

Nº	Años	Censo	Aritmético	Geométrico	Parabólico	Exponen. Modif.	Curva Elegida
2	2017	8735	9177	7676	7650	5298	7676
3	2018	9269	9612	8041	7978	5399	8041
4	2019	9836	10047	8423	8313	5499	8423
5	2020	10438	10483	8824	8657	5600	8824
6	2021	11077	10918	9243	9009	5700	9243
7	2022	11755	11353	9683	9369	5801	9683
8	2023	12474	11789	10143	9737	5902	10143
9	2024	13237	12224	10626	10113	6002	10626
10	2025	14047	12660	11131	10497	6103	11131
11	2026	14907	13095	11661	10890	6203	11661
12	2027	15819	13530	12215	11290	6304	12215
13	2028	16787	13966	12796	11699	6405	12796
14	2029	17814	14401	13405	12116	6505	13405
15	2030	18904	14836	14042	12541	6606	14042
16	2031	20061	15272	14710	12974	6706	14710
17	2032	21288	15707	15410	13415	6807	15410
18	2033	22591	16142	16142	13865	6907	16142
19	2034	23973	16578	16910	14322	7008	16910
20	2035	25440	17013	17714	14788	7109	17714

Fuente: Propia

Gráfico 11: Curvas del crecimiento Poblacional de Matarani

Fuente: Propia

Como se puede apreciar en el gráfico, la curva que mejor describe el comportamiento de crecimiento censal es el del método geométrico para una tasa de crecimiento de 4.76%.

1.5. CONCLUSIONES

- El método matemático con el que se proyectará el crecimiento de la población del distrito de Mollendo será el Lineal modificado, ya que esta curva tiene una variación respecto al crecimiento censal de +5.75% al año 2014, y se ajusta a +2.48% para el año 2035.
- El método seleccionado para proyectar la población del Distrito de Yslay (Matarani) en el horizonte del proyecto es el método geométrico, con una tasa de crecimiento de 4.76%.
- En base a estos modelos matemáticos seleccionados se proyecta el crecimiento de la población de ambas ciudades.

1.6. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Para proyectar la población de las ciudades de Mollendo y Matarni, se ha determinado previamente la población actual por habilitaciones urbanas como se muestra a continuación.

Cuadro 26: Población actual de Mollendo por habilitaciones

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
1	Mollendo	2215	2199	3.28	7213
2	CP Inclán	215	195	3.28	640
3	CP Tres Cruces	162	147	3.28	482
4	UPIS Miramar	393	385	3.28	1263
5	PJ Alto Las Cruces	378	355	3.28	1164
6	AH San Antonio	21	21	3.28	69
7	Alto Inclán	730	730	3.28	2394
8	Cesar Vallejo	365	355	3.28	1164
9	APVIS Hortensia Pardo	17	16	3.28	52
10	Los Pinos	263	263	3.28	863
11	AH Las Mellizas	79	79	3.28	259
12	AH Bellavista	273	238	3.28	781
13	APVIS Alto San Martín	46	46	3.28	151
14	Alto Bellavista	371	371	3.28	1217
15	Alto APVIS Obreros Municipales	111	105	3.28	344
16	PJ Villa Lourdes	525	500	3.28	1640

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
17	APVIS Pacífico	24	21	3.28	69
18	AVIS La Victoria	80	72	3.28	236
19	San Borja	52	46	3.28	151
20	Apiamo	170	98	3.28	321
21	APVIS Nueva Generación 86	162	137	3.28	449
22	Ampliación Lourdes	50	35	3.28	115
23	APVIS 7 De Junio	63	63	3.28	207
24	APVIS Progreso	36	35	3.28	115
25	APVIS Nuevo Perú	64	64	3.28	210
26	APV Luz y Fuerza	76	60	3.28	197
27	APV Inmaculada Concepción	114	6	3.28	20
28	AV Señor del Rimac	63	56	3.28	184
29	URB. Mirador El Pacífico	157	132	3.28	433
30	Enace	69	48	3.28	157
31	Las Ambarinas	288	60	3.28	197
32	URB. Catarindo Alto	166	8	3.28	26
33	ASOC. San Agustín Arvidunsa	252	25	3.28	82
34	URB. Los Estibadores y Centenario	132	131	3.28	430
35	Asoc. de Viv. de Servidores Marítimos ENAPU	42	37	3.28	121
36	Fondo de empleados del Bco. Nación "Barrio Las Huertas"	38	38	3.28	125
37	Los Olivos del Valle	320	305	3.28	1000
38	Urb. La Florida	181	172	3.28	564
39	Asoc. Alfonso Castro	32	22	3.28	72
40	Villa Magistral	54	31	3.28	102
41	Asociación 1 De Enero	26	26	3.28	85
42	Urb. Miramar	42	40	3.28	131
43	Urb. Costa Azul	161	15	3.28	49
44	Bello Horizonte (Proyectada)	40	0	3.28	0
45	Zona Industrial (Proyectada)	336	0	3.28	0
46	Los Tres Portales	128	128	3.28	420
47	Urb. Catarindo	47	29	3.28	95
48	Ampliación Los Pinos	421	210	3.28	689
49	Ampliación Alto Bellavista	158	90	3.28	295
50	Habilitación Nueva 1	340	176	3.28	577
51	Habilitación Nueva 2	177	45	3.28	148
52	Habilitación Nueva 3	119	28	3.28	92
53	Habilitación Nueva 4	58	8	3.28	26

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
54	Habilitación Nueva 5	150	104	3.28	341
55	Habilitación Nueva 6	248	128	3.28	420
56	Habilitación Nueva 7	92	36	3.28	118
Total (Lotes y Población)		11392	8770	3.28	28765

Fuente: Estudio de Perfil Actualizada al 2014 por el Tesista

Cuadro 27: Población actual de Matarani por habilitaciones

Ítem	HABILITACIONES URBANAS	Nº Lotes	Nº Lote Habitado	Densidad (hab/Lote)	Población Actual
1.00	Asoc. Micro Empresarios y Talleres Islay Matarani	139	70	4.00	280
2.00	AH Porto Alegre	144	120	4.00	480
3.00	AH América del Sur	25	25	4.00	100
4.00	AH Ferroviarios	40	40	4.00	160
5.00	AH Indo América	97	97	4.00	388
6.00	AH Bahía del Puerto	58	58	4.00	232
7.00	CP Primero de Mayo	305	305	4.00	1220
8.00	AH Puerto Rico	72	72	4.00	288
9.00	AH Puerto Nuevo	81	81	4.00	324
10.00	AH Las Arenas	31	31	4.00	124
11.00	AH Vista Islay	152	150	4.00	600
12.00	AH Alto Islay	70	70	4.00	280
13.00	AH El Mirador Los Cristales	67	67	4.00	268
14.00	AH Las Brisas de Islay	36	36	4.00	144
15.00	AH Monterico	68	68	4.00	272
16.00	Ampliación Las Arenas	8	8	4.00	32
17.00	AH Costa Azul	31	15	4.00	60
18.00	AH Matarani 2000	214	180	4.00	720
19.00	AH Villa Sureña	41	36	4.00	144
20.00	AH Villa El Pescador	224	180	4.00	720
21.00	Ampliación Puerto Nuevo	12	12	4.00	48
22.00	Asoc. Failot	8	8	4.00	32
23.00	Bello Horizonte	52	30	4.00	120
24.00	La Capilla	6	5	4.00	20
25.00	Las Padreras	6		4.00	0
26.00	Alto Matarani 2000	220	120	4.00	480
27.00	Nuevas Habilitaciones	200	112	4.00	448
Total (Lotes y Población)		2207	1996	4.00	7984

Fuente: Estudio de Perfil Actualizada al 2014 por el Tesista

Con estas poblaciones actualizadas en base al catastro de habilitaciones para ambas ciudades se proyecta el crecimiento de la población.

Cuadro 28: Proyección de la Población de Mollendo

Año		Población
Base	2014	28765
A	2015	28953
0	2016	29141
1	2017	29330
2	2018	29518
3	2019	29706
4	2020	29894
5	2021	30082
6	2022	30271
7	2023	30459
8	2024	30647
9	2025	30835
10	2026	31023
11	2027	31212
12	2028	31400
13	2029	31588
14	2030	31776
15	2031	31964
16	2032	32153
17	2033	32341
18	2034	32529
19	2035	32717
20	2036	32905

Fuente: Propia del Tesista

Cuadro 29: Proyección de la Población de Matarani

Año		Población
base	2014	7984
A	2015	8364
0	2016	8762
1	2017	9178
2	2018	9615
3	2019	10072
4	2020	10551
5	2021	11053
6	2022	11579
7	2023	12129
8	2024	12706

Año		Población
9	2025	13310
10	2026	13943
11	2027	14607
12	2028	15301
13	2029	16029
14	2030	16791
15	2031	17590
16	2032	18426
17	2033	19303
18	2034	20221
19	2035	21183
20	2036	22190

Fuente: Propia del Tesista

El análisis del crecimiento poblacional para seleccionar la curva se presenta en Anexo 1: Análisis de crecimiento Poblacional

2. ESTUDIO DE DEMANDA

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se muestra los parámetros y datos que se han tenido en consideración para elaborar el estudio de demanda de agua potable de las ciudades de Mollendo y Matarani. Entre los parámetros más importantes se tiene la Población inicial o poblacional actualizada al año 2014, la densidad de vivienda, los métodos matemáticos para la proyección de la población que han sido definidos previamente en el estudio de población y los coeficientes de variación diario y horario. Entre los datos más importantes que se tiene son: los registro de consumo de la zona piloto denominada “Circuito de Playas” en base al cual se estima los consumos de las categorías de conexiones doméstico y comercial, número de conexiones de las ciudades des Mollendo y Matarani del año 2014, el volumen de agua producido y facturado del año 2014 entre otros.

La demanda de la ciudad de Matarani está estimada como un total ya que su abastecimiento se da a través de las obras generales de distribución de la ciudad de Mollendo. Mientras que la demanda de la ciudad de Mollendo es estimada por sectores de abastecimiento y también se muestra la demanda total de la ciudad.

2.2. ESTUDIO DE LA DEMANDA

Definición: la demanda es la cantidad de agua que se requiere para desarrollar las actividades domésticas, comerciales, industriales, estatales y sociales expresada en litros/ habitante/día.

En un sistema de abastecimiento de agua, las tuberías de servicio suministran agua a las viviendas, propiedades mercantiles o comerciales, establecimientos industriales y edificios públicos, cada uno de estos tienen un consumo en particular.

2.3. CONSUMOS

Vienen a ser la cantidad de agua que demanda un tipo de conexión, pudiendo ser esta de las siguientes categorías: doméstica, comercial, industrial, estatal y social, expresada en m³/mes.

Variaciones generales de los consumos

- Micro medición: las conexiones que no cuentan con un medidor que registre el volumen de su consumo, estos consumen mayor cantidad de agua que aquella conexión que tiene medidor.
- Los consumos de agua son afectados por la zona donde se desarrolla la urbanización; es así que la costa, sierra, y selva presentan diferentes consumos, porque estos están relacionados con el clima, en la práctica ocurre que en las regiones calurosas se consume más agua que en las zonas de climas fríos.
- Tipo de actividad: si son domésticas, comerciales, industriales.
- Crecimiento de la población: cuando aumenta la población los consumos crecen.
- Presión en el sistema: a mayor presión en el sistema mayor son las pérdidas de agua y por lo tanto aumenta el consumo, a menor presión las pérdidas disminuyen y el consumo disminuye.

En un sistema de abastecimiento de agua potable, el consumo cambia con las estaciones del año, las semanas, los días y las horas del día. Estas variaciones se deben a las actividades básicas de la población, la magnitud de la población y las condiciones climáticas del área. Se puede observar que el consumo varía de una estación calurosa a una fría, en las épocas de calor o sequía, se consume grandes cantidades de agua para refrescar al hombre, a sus animales domésticos, regar jardines y otras actividades.

Así mismo, durante una semana las variaciones de los consumos día a día reflejan las actividades domésticas e industriales, existiendo días de máximo consumo y días de mínimo consumo.

Las fluctuaciones de consumo también se presentan dentro de un día, produciéndose así en el día un máximo consumo a una hora determinada, y un mínimo consumo en alguna hora durante la noche.

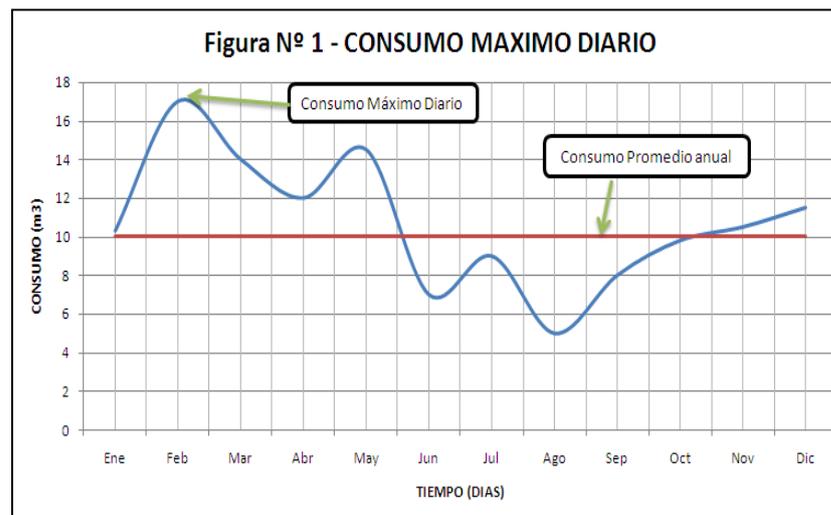
La idea de diseñar un sistema de abastecimiento de agua apta para consumo humano, es que este sistema pueda suministrar agua en forma continua, a una adecuada presión y al mismo tiempo asegurando su calidad. Para cumplir dicho objetivo es necesario que cada componente del sistema sea diseñado satisfactoriamente, por esta razón es necesario conocer las variaciones de consumos de agua.

Para el dimensionamiento de los componentes de un sistema de agua potable y alcantarillado se utilizan parámetros de variación diaria y horaria.

2.3.1. Variaciones diarias (K1)

Representa la desviación máxima del consumo promedio respecto al consumo máximo diario, en otras palabras, es el consumo más alto registrado durante un día del año respecto al consumo promedio anual, este coeficiente se denomina Consumo Máximo Diario (K1), y se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

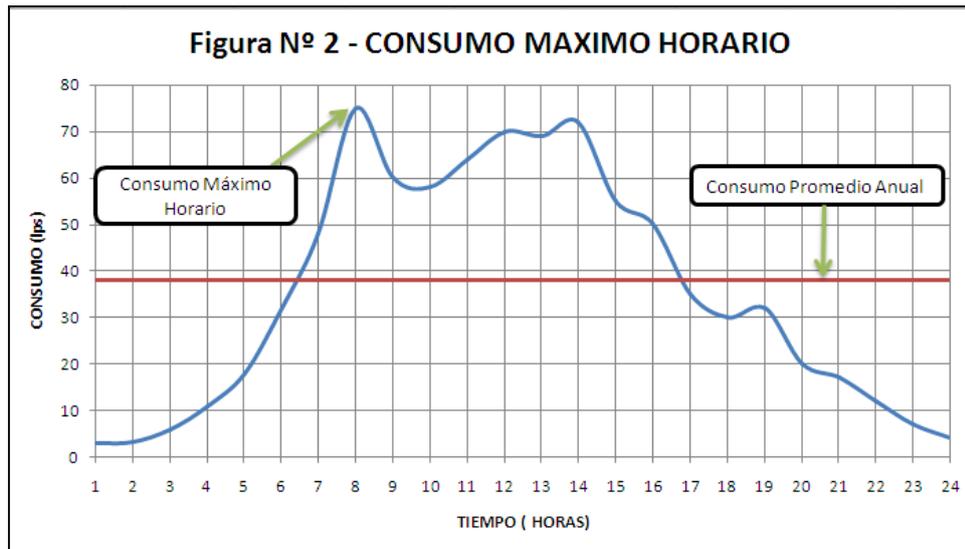
$$K1 = \frac{\text{Consumo Máximo Diario}}{\text{Consumo Promedio Anual}}$$



2.3.2. Variaciones horarias (K2)

Representa la desviación máxima del consumo promedio respecto al consumo horario; es decir, es el consumo de mayor incidencia registrado en una hora respecto al consumo promedio anual, a este coeficiente se le denomina Consumo Máximo Horario (K2), y se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión matemática.

$$K2 = \frac{\text{Consumo Máximo Horario}}{\text{Consumo Promedio Anual}}$$



2.3.3. Tipos de consumos

CONSUMO DOMÉSTICO:

El agua es necesaria para cubrir las necesidades domésticas de la población, quienes la utilizan para bebida, lavado de cocina, lavandería, higiene personal, servicios higiénicos, lavado de carros, riego de jardines y áreas públicas.

Los consumos domésticos presentan variaciones por las siguientes razones:

- Según el nivel socioeconómico: cuanto mayor es el nivel socioeconómico de las personas, estas consumen mayor cantidad de agua.
- Costo del agua: cuanto menor es el costo del agua, se produce un mayor consumo del mismo, y un mayor costo del bien reduce en gran manera el uso innecesario.
- Micro medición: en el caso doméstico ocurre que cuando se le pone medidor a aquellas conexiones que ha estado con consumo asignado,

su consumo disminuye considerablemente en los primeros meses, luego vuelve a elevarse hasta normalizarse.

CONSUMO COMERCIAL E INDUSTRIAL

El consumo va depender del tipo de comercio e industria, el uso para establecimientos comerciales como tiendas, restaurantes, hoteles, hospitales, mercados y otros.

En el caso de las industrias el consumo dependerá del tipo de proceso, por ejemplo: agua utilizada en congelación, agua para la materia prima, agua necesaria para sus instalaciones sanitarias, comedores, etc.

CONSUMO ESTATAL

El consumo estatal es agua destinada a las instituciones que pertenecen al estado, como por ejemplo: comisarias, colegios, etc.

CONSUMO SOCIAL

Es el agua destinada a las instituciones sin fines de lucro, como por ejemplo: iglesias, comedores populares, instituciones de lucha contra el cáncer, etc.

2.4. DENSIDAD DE VIVIENDA

La densidad de vivienda está dada por una relación entre la cantidad de habitantes entre la cantidad de número de viviendas donde se concentra una población. Y se determina por la siguiente expresión:

$$\text{Densidad de vivienda} = \frac{\text{Población total}}{\text{Número de viviendas}} \left(\frac{\text{hab}}{\text{viv}} \right)$$

2.5. PORCENTAJE DE COBERTURA

Este parámetro indica el alcance que tiene el servicio de agua potable; y está representado por la cantidad de personas que tienen acceso al servicio de agua potable por medio de una conexión domiciliaria, y se determina por la siguiente expresión matemática:

$$\% \text{ Cobertura} = \frac{\text{Población servida}}{\text{Población total}} \times 100$$

2.6. PORCENTAJE DE MICROMEDICIÓN

El porcentaje de micromedición es una relación entre el número de conexiones de agua potable que tienen medidor respecto al total de conexiones de agua potable que tiene un sistema de abastecimiento.

Este parámetro puede ser estimado para cada categoría de conexión de la siguiente forma:

$$\% \text{Micro Medición Doméstica} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Cnx. Domésticas con medidor}}{\text{Total de Cnx. Domésticas}} \times 100$$

$$\% \text{Micro Medición Comercial} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Cnx. Comercial con medidor}}{\text{Total de Cnx. Comerciales}} \times 100$$

$$\% \text{Micro Medición Industrial} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Cnx. Industrial con medidor}}{\text{Total de Cnx. Industriales}} \times 100$$

$$\% \text{Micro Medición Estatal} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Cnx. Estatales con medidor}}{\text{Total de Cnx. Estatales}} \times 100$$

$$\% \text{Micro Medición Social} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Cnx. Sociales con medidor}}{\text{Total de Cnx. Sociales}} \times 100$$

El total de conexiones para cada categoría de conexiones está representado por la suma de las conexiones con medidor y sin medidor.

2.7. EL PORCENTAJE DE PÉRDIDAS

El porcentaje de pérdidas dentro de un sistema de agua potable viene ser aquella cantidad de agua no factura (ANF). El agua no facturada es la diferencia entre el volumen de agua producido y suministrado a un sistema de abastecimiento y el volumen Facturado; esta ANF está representado por las pérdidas físicas y pérdidas comerciales.

Pérdidas Físicas: son aquellas pérdidas de agua que se producen en el sistema de agua potable por: roturas de tuberías, el mal estado de las empaquetaduras, bridas, uniones, etc., y está relacionado directamente con el estado de la infraestructura del sistema de agua potable.

En un sistema en la cual se cuenta con micromedición al 100% es posible cuantificar este volumen de pérdida.

Pérdidas comerciales: están representadas por las pérdidas que se producen en las instalaciones sanitarias interiores de los usuarios (fugas por goteo, mal estado de las cañerías, mal uso del servicio, etc.). Si las pérdidas se producen en conexiones que tiene micromedición, este volumen de pérdida está siendo facturado; si las pérdidas se producen en conexiones sin medidor este volumen no está siendo facturado.

Por lo tanto, podemos concluir que el ANF es un parámetro aproximado, que nos da una idea del estado de la infraestructura de agua potable y revela la cultura sanitaria en el uso del servicio.

El porcentaje de pérdida se determina con la siguiente expresión:

$$\%P\acute{e}rdida = \frac{\text{Vol. ANF}}{\text{Vol. Agua Producido}} \times 100 \dots(1)$$

Donde el Volumen de ANF viene dado por:

$$\text{Vol. ANF} = \text{Vol. agua producido} - \text{Vol. agua facturado} \dots(2)$$

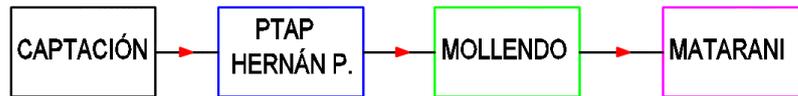
Reemplazando (2) en (1) tenemos:

$$\%P\acute{e}rdida = \frac{\text{Vol. Agua Producido} - \text{Vol. Agua Facturado}}{\text{Vol. Agua Producido}} \times 100$$

2.8. DEMANDA DE MOLLENDO Y MATARANI

El abastecimiento de la ciudad de Matarani es a partir de la planta de tratamiento Hernán Perochena ubicada en la ciudad de Mollendo; además, ambas ciudades tienen en común parte del sistema de distribución de agua potable, es por esta razón que es necesario determinar la demanda de la ciudad de Matarani ya que su abastecimiento forma parte de las obras generales del sistema de distribución de la ciudad de Mollendo.

La demanda de la ciudad de Matarani es determinada como un total, mientras que la demanda de la ciudad de Mollendo será determinada por sectores de abastecimiento.



2.8.1. Información considerada para cálculo de la demanda.

Para estimar de la demanda de las ciudades de Mollendo y Matarani, se ha tenido en cuenta la información obtenida de la empresa SEDAPAR S.A. tales como:

- Información Operativa de los registros de consumos durante todo el año 2010 de las conexiones existentes en la zona piloto denominada “Circuito de playas”.⁹
- El PMO de la Empresa SEDAPAR S.A.
- Indicadores de gestión del SEDAPAR S.A. del año 2014
- Información del número de conexiones registradas en el año 2014.¹⁰

Además de otros datos determinados previamente en el estudio de población.

2.8.2. Metodología.

Las ciudades de Mollendo y Matarani son ciudades consolidadas y en crecimiento, que tienen un sistema de abastecimiento con más de 56 años de antigüedad. Desde aproximadamente el año 2000 existen datos históricos de consumos que se dan en las diferentes categorías de conexión; sin embargo, la falta de continuidad hace imposible que se pueda estimar los consumos de cada categoría de conexión.

El consumo doméstico y comercial se determina en base a la información de consumos de una zona piloto que SEDAPAR Mollendo determinó en el año 2010 para saber los valores de consumos en estas categorías que son las más incidentes en la demanda. Las características de esta zona piloto denominada Circuito de Playa fueron:

- Continuidad del servicio 24 horas,
- Micromedición al 100%.

En base a esta información se determina el consumo doméstico y comercial que se utilizará para el cálculo de la demanda de cada sector de abastecimiento de la ciudad de Mollendo y Matarani.

⁹ Fuente: área comercial de la Zona Sur SEDAPAR S.A. Mollendo.

¹⁰ Fuente: Estudio tarifario 2014 – SEDAPAR S.A. “cuadro N°8”, pág.17

2.8.3. Cálculo del consumo doméstico y comercial por conexión

En un sistema de abastecimiento el consumo doméstico tiene mayor incidencia en el cálculo de la demanda, seguido del consumo comercial; por tal motivo para la presente tesis se estima este consumo en base a un registro histórico de una zona que cuenta con micro medición y tiene además una continuidad del servicio de 24 horas.

La información que se tiene de la zona piloto establecida en la ciudad de Mollendo denominado “**Circuito de Playas**”, corresponde a la lecturas registrados por los micro medidores mes a mes durante todo el año 2010. Esta zona piloto es la zona más concentrada de la población, es por esta razón que la estimación de los consumos de las conexiones domésticas y comerciales es representativa para aplicarlo para todo los sectores de la ciudad.

La información obtenida ha sido depurada teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Los consumos de las conexiones no deberán tener variaciones extremas; sino por el contrario, deben guardar una semejanza en su consumo histórico durante todo el año, presentando elevaciones en los meses de verano.
- Se compara los valores de consumos registrados mes a mes de los medidores; esto, con el fin de evitar tomar para el consumo promedio por conexión los datos de los medidores que se encuentran en mal estado, que sub registran, sobre registran o no registran.
- En el caso de las conexiones comerciales, no se consideran volúmenes registrados menores a 5.0m³.

De los resultados de dicha evaluación se determinó el consumo por conexión domiciliaria con la siguiente expresión:

$$\text{Consumo Doméstico por conexión (m}^3\text{/mes)} = \sum \text{Vol.} / N$$

Donde:

$$\begin{aligned} \sum \text{Vol.} &= \text{sumatoria de los volúmenes mensuales válidos de las conexiones} \\ N &= \text{número de datos mensuales válidos.} \end{aligned}$$

El consumo para las conexiones con micro medición doméstico y comercial son **14.47m³/mes y 25.26m³/mes** respectivamente. Su cálculo se muestra en el cuadro 1 y 2.

Para el consumo promedio por conexión doméstica y comercial sin medidor se está tomando un 15% más del consumo de las conexiones domiciliarias con medidor, siendo estos valores **16.64 m3/mes y 29.04m3/mes** respectivamente.

Cuadro 30: Estimación del consumo Doméstico

Cód. conexión	Consumo mensual Doméstico de la Zona Piloto (m3)												Vol (m3)	Datos Válidos
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
7001563		11					10	5	3	5	3	2		
7001570	11	11	12	12	10	12	7	7	7	11	10	6	116	12
7001623	11	15	5	8	7	27	9	10	7	9	12	16	136	12
7002350	26	25	22	30	28	26	22	21		22		33	255	10
7002367										8	33	26	67	3
7002373	39	48	13	4	1	3	3	6	6	5	12	6	135	8
7002396	10	14	9	12	7	7	6	6	6	7	10	7	101	12
7002410	5	20	2	15	2	11	11	1	6	6	6	6	86	9
7002427	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
7002433	14	22	13	8	5	4	5	6	6	5	9	4	101	12
7002440	7	11	6	6	6	6	5	5	5	3	6	3	69	12
7002456	15	16	14	8	10	7	5	8	10	10	8	30	141	12
7002462	21	18	4	6	1	3	2	5	1	2	2	1		
7002479	17	17	14	13	11	13	12	13	14	12	16	2	152	11
7002769	5	11	5	9	5	6	5	6	4	4	4	3	67	12
7002775	25	56	23	17	18	18	16	28	21	15	22	15	274	12
7002781	5	5	3	5	2	5	3	4	3	3	8	5	51	12
7002806	10	8	6	8	7	6	3	8	6	6	8	5	81	12
7002812	0	8	3	2	2	0					1	2		
7002829	23	31	16	14	14	20	21	20	21	16	42	25	263	12
7002835	23	21	8	7	9	8	7	12	13	13	13	7	141	12
7002841	20	17	14	11	12	26	26	20	25	12	12	7	202	12
7002858	31	39	9	13	8	13	13	13	14	12	13	12	190	12
7002864	6	3	1	2	2	1	3	3	2	3	4	2		
7002870														
7002887	6	6	3	4	4	5	9	4	4	4	7	5	61	12
7002893	11	23	8	9	9	8	8	9	7	9	10	12	123	12
7043219	40	32	41	42	12	32	22	33	10	5	7	11	287	12
7043596	18	26	16	4	3	0				1	3	2	60	3
7043685	17	25	20	17	17	6	10	9	14	14	16	14	179	12
7046465	7	11	17	14	10	6	5	8	6	7	9	5	105	12
7046488	64	37	16	0	27	27	27	27	27	27	27	27		
7046494	17	18	24	40	25	31	23	12	17	20	19	20	266	12
7057300	45	32												
7057316	8	13	13	6	4	6	7	6	8	7	8	7	93	12
7057322	3	2	3	2	1	2	2	1	2	1	2	1		
7057351	60	54	25	23	21	16	19	16	22	15	37	41	349	12
7057374	3	10	3	2	4	3	5	1	3	1	3	5		
7057380	5	17	6	2	2	3	2	1	1	2	1	2		

Cód. conexión	Consumo mensual Doméstico de la Zona Piloto (m3)												Vol (m3)	Datos Válidos
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
7060063	5	27	0	4	1			4		1		3		
7060353	27	26	21	23	78	24	16	14	12	14	20	21	296	12
7060360	15	7	1	2	2	3	3	3	1	2	1	3		
7060382			12	12	4	4	3	3	6	4	3	3		
7060407												0		
7060413	0	15	15	15	0			0			15	15		
7060420				2	2	2	2	2	2	2	2	2		
7060436	2	3	4	4	2	3	3	3	7	4	3	5		
7060442	5	6	3	4	3	2	2	2	2	2	3	3	37	12
7060465												0		
7060471	11	12	9	9	7	8	8	7	7	5	8	7	98	12
7060488	23	16	3	3	3	3	1	3	2	3	6	8	53	4
7064285	35	43	27	36	22	33	21	9	10	11	20	20	287	12
7278690	6	3	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1		
7278945	19	12	10	9	9	10	12	8	8	12	12	8	129	12
7291294	61	44	6	14	2	0	2	8	15	10	2	2	158	7
7294200	21	45	8	7	4	4	4	6	4	2	12	3	115	10
7298126	18	11	4	6	6	8	6	4	4	2	7	5	81	12
7305613	1	1	10	4	4	2	4	3	3	5	2	2		
7318410	15	15	13	3	7	16	1	5	8	6	10	8	106	11
7323692	51	26	29	43	50	10	22	22	26				279	9
7323752	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
CONSUMO PROMEDIO POR CONEXIÓN =													14.47	m3/mes

Fuente: Propia del Tesista

Cuadro 31: Estimación del consumo Comercial

Cód. Conexión	Consumo mensual comercial de la Zona Piloto (m3)												Vol (m3)	Datos Válidos
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
7000150	10	15	13	8	11	8	7	7	6	7	7	10	109	12
7000204	9	18	2	8	3	7	3	1	1	6	3	21		
7000210	38	31	34	41	36	20	15	18	19	18	23	19	312	12
7001528	3	6	1	6	7	1	4	4	1	4	1	3		12
7001540	13	14	13	11	11	18	26	16	8	10	10	8	158	12
7001557	21	23	17	14	10	13	6	16	15	14	16	12	177	12
7001586	2	9	1	2	1	1	2	1	1	6	2	2		12
7001592	74	6	10	55	32	32	32	32	32	32	32	32	401	12
7001600	34	38	59	31	7	1	2	4	2	2	2	3	162	4
7001617	32	31	10	10	8	6	9	14	7	8	15	17	167	12
7001646												0		
7001652	10	14	11	6	5	5	6	7	5	6	10	11	96	12
7044928	32	41	26	21	16	12	63	40	15	23	21	18	328	12
7044934	37	52	46	30	44	130	57	32	26	9	13	13	489	12
7044963	10	16	20	9	16	25	15	13	11	5	6	10	156	12

Cód. Conexión	Consumo mensual comercial de la Zona Piloto (m3)												Vol (m3)	Datos Válidos
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
7045371												0		
7045460												0		
7045477	10	10	49	10	13	13	16	18	24	25	10	7	205	12
7045520	58	66	52	44	46	50	11	10	12	12	16	12	389	12
7045550		30		17	24	29	36	16					152	6
7045566	17	17	12	10	7	6	6	6	9	21	17	3	128	11
7045572	10	13	9	21	28	13	5	4	4	5	7	6	125	12
7045589	16	21	14	7	9	6	5	6	7	6	8	6	111	12
7045595	21	17	9	10	13	13	18	20	32	14	20	12	199	12
7045603	8	10	6	6	5	7	5	3	3	4	4	3		
7045610	18	13	12	12	11	11	13	20	13	9	12	10	154	12
7046459	23	23	22	14	13	34	30	17	18	22	15	14	245	12
7057291	83	120	42	47	42	57	34	45	45	34	74	65	688	12
7057300			17	14	9	6	4	8	3	13	8	4	75	9
7057339	2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
7057345	21	26	20	20	15	25	9	16	18	14	15	12	211	12
7057368	90	171	47	61	35	23	32	34	37	28	45	39	642	12
7057492	25	21	20	20	13	8	18	18	18	18	18	13	112	6
7058787														
7058793	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
7058801	25	27	21	21	13	9	5	4	6	3	7	4	107	5
7059226	359			1277	44							1	1680	3
7059278	50	61	40	31	19	20	22	21	23	16	29	19	351	12
7059309												0		
7059315	12	13	8	19	10	13	10	10	8	9	15	7	134	12
7059344	99	105	74	55	51	55	52	60	64	51	66	44	776	12
7059410	1	3	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1		
7059427	42	51	35	27	24	27	21	26	22	25	29	20	349	12
7059433		90	35	30	25	20	19	4	7	2	10	10	219	7
7059440	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	3		
7059456	3	3	2	8	2	1	2	5	2	5	1	1		
7059657	1	1	2	1	6	6	6	6	6	6	6	6		
7059686	7	5	4	4	4	4	4	6	4	4	6	4		
7059692	25	32	34	35	31	9	10	11	11	7	9	12	226	12
7059717			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
7059723	25	19	16	12	13	15	10	78	9	6	13	9	225	12
7059730	11	11	11	8	9	10	10	10	12	11	13	6	122	12
7059752	1	3	1	3	1	2	0	5	6	10	8	5		
7060258	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180	12
7060264	3	4	0	1	1				2	2	2	2		
7060270				15	15	15	15	15			15	15		
7060293	16	16	21	13	12	15	11	14	14	10	12	11	165	12
7060318	20	17	16	13	13	17	13	16	16	1	17	12	171	12

Cód. Conexión	Consumo mensual comercial de la Zona Piloto (m3)												Vol (m3)	Datos Válidos
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
7060324	15	31	14	9	10	12	8	11	8	7	15	7	147	12
7293169	96	107	76	53	40	49	41	43	49	43	64	48	709	12
7323692										43	41	32	116	3
CONSUMO PROMEDIO COMERCIAL (m3/mes)													25.26	m3/mes

Leyenda

	Medidores en mal estado, consumo asignado y Consumos menores a 5.00m3
--	---

Fuente: Propia del Tesista

2.8.4. Consumo para las conexiones, industriales, estatales y sociales.

Los consumos para estas categorías de conexión han sido tomados del PMO de la empresa SEDAPAR S.A. debido a que en la zona piloto no se registran un número de conexiones representativas para estimar el consumo promedio de estas categorías.

Los consumos para las conexiones industriales, estatales y sociales se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 32: Consumo Industrial, estatal y social

INDUSTRIAL	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	484.82
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	509.06
ESTATAL	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	129.11
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	135.57
SOCIAL	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	129.11
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	135.57

Fuente: PMO de la EPS SEDAPAR S.A.

2.8.5. Densidad de vivienda

La densidad de vivienda se toma de la información de SEDAPAR S.A. del estudio de Intervención social realizadas el año 2011, donde las ciudades de Mollendo y Matarani tienen como densidad de vivienda 3.28 y 4.00 hab./viv respectivamente. Estos valores se muestran en el cuadro 1.

2.8.6. Cálculo del porcentaje cobertura y micro medición

El porcentaje de cobertura se determina de la siguiente forma:

$$\%cob = \frac{\text{población servida}}{\text{población total}} \times 100$$

El valor de este parámetro es estimado en el cálculo de la demanda para cada sector de abastecimiento para el escenario sin proyecto, para el escenario con proyecto se proyecta una cobertura del 100% de la Población.

El porcentaje de micro medición se determina para cada sector de abastecimiento de la siguiente forma:

$$\%Micro\ medición = \frac{N^{\circ}\ de\ conexiones\ con\ medidor}{total\ de\ conexiones} \times 100$$

Los porcentajes de micro medición son determinados para cada sector en el cálculo de la demanda.

2.8.7. Cálculo de % de pérdidas

El porcentaje de pérdida del sistema actual se determina en base al volumen de agua potable producido y el volumen facturado. Para el año 2014 se considera datos de los indicadores de gestión de SEDAPAR S.A.

El porcentaje de pérdida para el sistema proyectado se considera de 30% que es un valor que maneja como meta la empresa SEDAPAR S.A.

$$\text{Entonces: \% Pérdidas} = \frac{\text{Volumen Producido} - \text{Volumen Facturado}}{\text{Volumen Producido}} \times 100$$

Porcentaje de pérdida del sistema actual

Año	Und	2005	2006	2014
Volumen Producido	m ³ /año	2,899,657	2,126,540	3,062,777
Volumen Facturado	m ³ /año	1,149,860	883,957	1,753,998
Volumen No Facturado	m ³ /año	1,749,797	1,242,583	1,308,779
Perdidas Promedio	%	60.34%	58.43%	42.73%

Fuente: PMO Optimizado 2007 -2036 / Indicadores de gestión de SEDAPAR S.A.
(datos del 2014)

Los valores mostrados en el cuadro son los mismos del cuadro 6.

2.8.8. Resultados de la hoja de cálculo de la demanda

Población Servida

La población servida está representado por la población que tiene acceso servicio de agua potable por medio de una conexión domiciliaria; esta en el horizonte del proyecto se estima en base a las metas de las empresas prestadoras del servicio o por la coyuntura política. Entonces en la proyección de la demanda la población servida se calcula con la siguiente expresión.

$$Población\ servida = Población\ total \times \% Cobertura\ (Habitantes)$$

Viviendas servidas

Este ítem representa el número total de viviendas que serán abastecidas por medio de una conexión dentro de la cual se encuentra las conexiones con medidor y sin medidor; que también es equivalente al número de conexiones domésticas. Su cálculo se estima con la siguiente fórmula:

$$Viviendas\ Servidas = \frac{Población\ Servida}{Densidad\ de\ vivienda} = N^{\circ}\ Cnx.\ Domésticas$$

Conexiones con medidor y sin medidor

Dentro de la hoja de cálculo figuran para cada categoría de conexión, conexiones con medidor y sin medidor, estos se estima con la siguiente fórmula:

$$N^{\circ}\ Cnx.\ Domésticas \frac{Con}{Medidor} = Viviendas\ servidas \times \% de\ Micromedición$$

Para cada categoría de conexión se tiene proyectado el porcentaje de micromedición en la proyección de la demanda. Y dentro de la fórmula en vez de Viviendas servidas irán el total de las conexiones de la categoría correspondiente y su porcentaje de micromedición correspondiente a dicha categoría. Ejemplo:

$$N^{\circ}\ Cnx.\ Comerciales \frac{Con}{medidor} = Total\ Cnx.\ Comerciales \times \% de\ Micromedición$$

Y el número conexiones sin medidor se estimará con la siguiente fórmula.

$$N^{\circ}\ Cnx.\ Domésticas \frac{sin}{medidor} = N^{\circ}\ Cnx.\ Domésticas - N^{\circ}\ conexiones\ con\ medidor$$

Para las otras categorías siguiendo el siguiente ejemplo, donde en vez del N° de conexiones domésticas irá el total de las conexiones de dicha categoría.

$$N^{\circ} \text{ Cnx. Comerciales} \frac{\text{Sin}}{\text{medidor}} = \text{Cnx. Comerciales} - N^{\circ} \text{ Cnx. Comerciales} \frac{\text{Con}}{\text{meidor}}$$

Consumo de agua

El consumo de agua está determinado para cada categoría de conexión en base al número de conexiones de cada categoría y teniendo en cuenta los consumos con medidor o sin medidor. Este consumo para cada categoría de conexión se estima con la siguiente fórmula: ejemplo para la categoría doméstica.

$$\text{Consumo Doméstico} = (A \times B + C \times D); (\text{L/día})$$

Dónde:

- A: N° de conexiones domésticas con medidor.
- B: Consumo de las conexiones domésticas con medidor (m3/mes).
- C: N° de conexiones domésticas sin medidor
- D: consumo de las conexiones domésticas sin medidor (m3/mes)

Para las demás categorías se aplica la misma fórmula cambiando para cada caso el número de conexiones con medidor y sin medidor; multiplicado su respectivo consumo para cada caso.

Consumo Total Conectado

El consumo total conectado es la sumatoria de los consumos de las cinco categorías de conexión expresado en L/día.

$$\text{Cns.}^{11} \text{ Total Conectado} = \text{Cns. Doméstico} + \text{Cns. Comercial} + \text{Cns. Industrial} + \text{Cns. Estatal} + \text{Cns. Social}$$

Demanda de agua

La demanda de agua se determina en base al consumo total conectado afectado por el porcentaje de pérdida en el sistema.

¹¹ Cns: Consumo

$$\text{Demanda de Agua} \left(\frac{L}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Consumo total Conectado}}{1 - \% \text{ Pérdida}}$$

Y los caudales promedios, máximo diario, máximo horario se estiman con las siguientes expresiones:

$$Q_{pm} \left(\frac{L}{s} \right) = \frac{\text{Demanda de Agua}}{86400}$$

$$Q_{md} \left(\frac{L}{s} \right) = Q_{pm} \times K1$$

$$Q_{mh} \left(\frac{L}{s} \right) = Q_{pm} \times K2$$

Donde:

- Qpm: Caudal promedio
- Qmd: Caudal Máximo diario.
- Qmh: Caudal Máximo horario.
- K1: coeficiente de variación Diario (K1=1.30)
- K2: coeficiente de variación Horario (K2= 1.80).

Los valores de K1 y K2, se toman en base al Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.8.9. Cálculo de la demanda de la ciudad de Matarani

La demanda de la ciudad de Matarani se estima como un total, debido a que no forma parte del desarrollo de la tesis, pero su abastecimiento forma parte de las obras generales de la ciudad de Mollendo; por esta razón, se estima como un global y no por sectores de abastecimiento.

Población Inicial

La población inicial fue estimada en base al catastro de habilitaciones y la densidad poblacional de la ciudad, el cual se muestra en el cuadro 27 y equivale 7984 habitantes.

Conexiones existentes Matarani

En el siguiente cuadro se muestra las conexiones por categoría de conexión de la ciudad de Matarani.

Cuadro 33: Número de conexiones existentes al año 2014 - Matarani

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. Cnx.	Total. Cnx.
Doméstico	Con Medidor	898	1123
	Sin Medidor	225	
Comercial	Con Medidor	62	70
	Sin Medidor	8	
Industrial	Con Medidor	23	23
	Sin Medidor	0	
Estatad	Con Medidor	14	22
	Sin Medidor	8	
Social	Con Medidor	8	10
	Sin Medidor	2	
TOTAL			1248

Fuente: SEDAPAR S.A. 2014

La ciudad de Matarani en el año 2014 según información de la EPS tiene 1248 conexiones.

Consumos por categoría de conexión

Los consumos a considerados se mencionaron anteriormente, en el siguiente cuadro se resumen estos consumos por categoría de conexión.

Cuadro 34: Consumo por categoría de conexión

DATOS DE CONSUMO POR CONEXIÓN SEGÚN CATEGORIAS	
	m3/mes/cnx
DOMESTICO	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	14.47
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	16.64
COMERCIAL	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	25.26
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	29.04
INDUSTRIAL	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	484.82
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	509.06
ESTATAL	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	129.11
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	135.57
SOCIAL	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	129.11
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	135.57

Fuente: Tesista y PMO SEDAPAR

Cobertura, porcentaje de pérdidas y Porcentaje de Micromedición

Estos parámetros se resumen en el siguiente cuadro para el horizonte proyectado.

Cuadro 35: Proyección del % de cobertura, % de Pérdida y % de Micromedición

AÑO		COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)	
				DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SICIAL)
2014	Base	59.77%	42.73%	79.96%	85.60%
2015	A	59.77%	42.73%	79.96%	85.60%
2016	0	59.77%	42.73%	79.96%	85.60%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia del Tesista

Coefficientes de variación diaria y horaria

Estos coeficientes fueron tomados en base al RNE, donde el coeficiente de variación diaria y horaria son 1.30 y 1.80 respectivamente.

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de la demanda de la ciudad de Matarani.

Cuadro 36: Demanda de agua potable de Matarani.

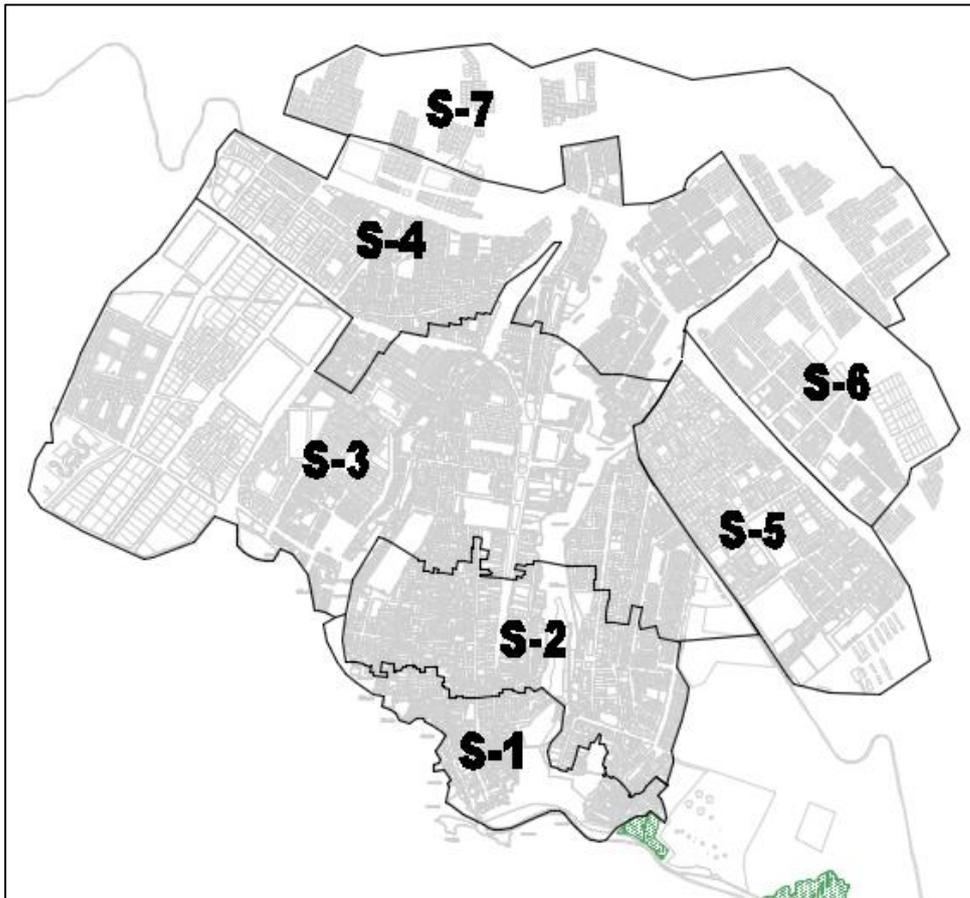
Año	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
		Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) 18 (Hb)	
2014	Base	7984	59.77	40.23	4772	1193	22.55	29.32	40.59	39.09
2015	A	8364	59.77	40.23	4999	1250	24.29	31.58	43.72	42.11
2016	0	8762	59.77	40.23	5237	1309	25.46	33.10	45.83	44.13
2017	1	9178	100.00	0.00	9178	2295	28.59	37.17	51.46	49.56
2018	2	9615	100.00	0.00	9615	2404	29.89	38.86	53.80	51.81
2019	3	10072	100.00	0.00	10072	2518	31.18	40.53	56.12	54.04
2020	4	10551	100.00	0.00	10551	2638	32.84	42.69	59.11	56.92
2021	5	11053	100.00	0.00	11053	2763	34.20	44.46	61.56	59.28
2022	6	11579	100.00	0.00	11579	2895	35.70	46.41	64.26	61.88
2023	7	12129	100.00	0.00	12129	3032	37.15	48.30	66.87	64.40
2024	8	12706	100.00	0.00	12706	3177	38.74	50.36	69.73	67.15
2025	9	13310	100.00	0.00	13310	3328	40.39	52.51	72.70	70.01
2026	10	13943	100.00	0.00	13943	3486	42.08	54.70	75.74	72.93
2027	11	14607	100.00	0.00	14607	3652	43.76	56.89	78.77	75.85
2028	12	15301	100.00	0.00	15301	3825	45.59	59.27	82.06	79.03
2029	13	16029	100.00	0.00	16029	4007	47.39	61.61	85.30	82.15
2030	14	16791	100.00	0.00	16791	4198	49.61	64.49	89.30	85.99
2031	15	17590	100.00	0.00	17590	4398	51.57	67.04	92.83	89.39
2032	16	18426	100.00	0.00	18426	4607	53.66	69.76	96.59	93.01
2033	17	19303	100.00	0.00	19303	4826	55.76	72.49	100.37	96.65
2034	18	20221	100.00	0.00	20221	5055	58.03	75.44	104.45	100.59
2035	19	21183	100.00	0.00	21183	5296	60.30	78.39	108.54	104.52
2036	20	22190	100.00	0.00	22190	5548	62.66	81.46	112.79	108.61

Fuente: elaborado por el Tesista.

2.8.10. Cálculo de la Demanda de la ciudad de Mollendo

La demanda de la ciudad de Mollendo se estima por sectores de abastecimiento. Para lo cual se ha realizado una sectorización del sistema existente, incluyendo las habilitaciones urbanas nuevas que no tienen redes de agua potable.

Imagen 23: Sectores de abastecimiento proyectado - Mollendo



Fuente: Propia del tesista

Los valores comunes considerados para cada sector de abastecimiento son:

Consumos por categoría de conexión

Los consumos considerados para la estimación de la demanda son los mismos que los mostrados en el cuadro 9 anteriormente (Consumos por categoría de conexión).

Coefficientes de variación diaria y horaria

Estos valores han sido tomados en base a la recomendación del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) "Norma OS.100", por lo tanto los coeficientes tomados para la variación diaria y horaria son 1.30 y 1.80 respectivamente.

Los cuadros de demanda que se presentan por sectores, son un resumen del cálculo de demanda, estos cuadros completos se muestran en el Anexo 1, ítem 2.

DEMANDA DEL SECTOR 1

El sector 1 está conformado por 3 habilitaciones urbanas.

Cuadro 37: Población Inicial Sector R1

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
1	Mollendo	500	500	3.28	1640
2	CP Inclán	107	95	3.28	312
3	CP Tres Cruces	11	8	3.28	26
Total (Lotes y Población)		618	603	3.28	1978

Fuente: Elaborado por el Tesista

Cuadro 38: Nº de conexiones existentes al año 2014 – sector 1

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL. Conex.
Doméstico	Con Medidor	513	603
	Sin Medidor	90	
Comercial	Con Medidor	130	130
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	7	7
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
TOTAL			740

Fuente: elaborado por el tesista - SEDAPAR S.A. 2014

Cuadro 39: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 1

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)		
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SOCIAL)	
2014	Base	100.00%	42.73%	85.07%	100.00%
2015	A	100.00%	42.73%	85.07%	100.00%
2016	0	100.00%	47.73%	85.07%	100.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

AÑO		COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)	
				DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SICIAL)
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia del Tesista

Cuadro 40: Demanda de Agua Potable del Sector 1

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales			
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)
2014	Base	1978	100.0	0.00	1978	603	8.71	11.32	15.68	15.09
2015	A	1991	100.0	0.00	1991	607	8.77	11.40	15.79	15.20
2016	0	2004	100.0	0.00	2004	611	8.84	11.49	15.91	15.32
2017	1	2017	100.0	0.00	2017	615	7.17	9.32	12.91	12.43
2018	2	2030	100.0	0.00	2030	619	7.21	9.37	12.98	12.49
2019	3	2043	100.0	0.00	2043	623	7.27	9.45	13.09	12.60
2020	4	2056	100.0	0.00	2056	627	7.32	9.52	13.18	12.69
2021	5	2069	100.0	0.00	2069	631	7.36	9.57	13.25	12.76
2022	6	2082	100.0	0.00	2082	635	7.42	9.65	13.36	12.87
2023	7	2095	100.0	0.00	2095	639	7.47	9.71	13.45	12.95
2024	8	2108	100.0	0.00	2108	643	7.53	9.79	13.55	13.05
2025	9	2121	100.0	0.00	2121	647	7.57	9.84	13.63	13.12
2026	10	2134	100.0	0.00	2134	651	7.62	9.91	13.72	13.21
2027	11	2147	100.0	0.00	2147	655	7.68	9.98	13.82	13.31
2028	12	2160	100.0	0.00	2160	659	7.72	10.04	13.90	13.39
2029	13	2173	100.0	0.00	2173	663	7.78	10.11	14.00	13.48
2030	14	2186	100.0	0.00	2186	666	7.82	10.17	14.08	13.56
2031	15	2199	100.0	0.00	2199	670	7.88	10.24	14.18	13.65
2032	16	2212	100.0	0.00	2212	674	7.92	10.30	14.26	13.73
2033	17	2225	100.0	0.00	2225	678	7.98	10.37	14.36	13.83
2034	18	2238	100.0	0.00	2238	682	8.04	10.45	14.47	13.93
2035	19	2251	100.0	0.00	2251	686	8.08	10.50	14.54	14.00
2036	20	2264	100.0	0.00	2264	690	8.14	10.58	14.65	14.11

Fuente: elaborado propia del tesista.

DEMANDA DEL SECTOR 2

El sector 2 está conformado por 6 habilitaciones urbanas.

Cuadro 41: Población inicial del Sector 2

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
1	Mollendo	1022	1006	3.28	3300
2	CP Inclán	108	100	3.28	328
3	CP Tres Cruces	151	139	3.28	456
4	UPIS Miramar	200	192	3.28	630
5	PJ Alto Las Cruces	98	93	3.28	305
42	Urb. Miramar	42	40	3.28	131
Total (Lotes y Población)		1621	1570	3.28	5150

Fuente: propia del tesista

Cuadro 42: número de conexiones existentes al año 2014 – Sector 2

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL. Conex.
Doméstico	Con Medidor	1203	1415
	Sin Medidor	212	
Comercial	Con Medidor	205	205
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	1	1
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	20	20
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	1	1
	Sin Medidor	0	
TOTAL			1642

Fuente: elaborado por el tesista - SEDAPAR S.A._2014

Cuadro 43: proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 2

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)		
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SOCIAL)	
2014	Base	90.12%	42.73%	85.02%	100.00%
2015	A	90.12%	42.73%	85.02%	100.00%
2016	0	90.12%	42.73%	85.02%	100.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: elaborado por el Tesista.

Cuadro 44: Demanda del Agua Potable del Sector 2

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)	
2014	Base		5150	90.12	9.88	4641	1415	19.47	25.31	35.05	33.75
2015	A	0.65	5184	90.12	9.88	4672	1424	19.60	25.48	35.28	33.97
2016	0	0.65	5218	90.12	9.88	4702	1434	19.73	25.65	35.51	34.20
2017	1	0.65	5252	100	0.00	5252	1601	17.23	22.40	31.01	29.87
2018	2	0.64	5286	100	0.00	5286	1612	17.34	22.54	31.21	30.05
2019	3	0.64	5320	100	0.00	5320	1622	17.45	22.69	31.41	30.25
2020	4	0.63	5354	100	0.00	5354	1632	17.57	22.84	31.63	30.45
2021	5	0.63	5388	100	0.00	5388	1643	17.68	22.98	31.82	30.64
2022	6	0.63	5422	100	0.00	5422	1653	17.79	23.13	32.02	30.84
2023	7	0.62	5456	100	0.00	5456	1663	18.16	23.61	32.69	31.48
2024	8	0.62	5490	100	0.00	5490	1674	18.27	23.75	32.89	31.67
2025	9	0.61	5524	100	0.00	5524	1684	18.39	23.91	33.10	31.88
2026	10	0.61	5558	100	0.00	5558	1695	18.51	24.06	33.32	32.08
2027	11	0.61	5592	100	0.00	5592	1705	18.61	24.19	33.50	32.25
2028	12	0.60	5626	100	0.00	5626	1715	18.73	24.35	33.71	32.47
2029	13	0.60	5660	100	0.00	5660	1726	18.85	24.51	33.93	32.68
2030	14	0.60	5694	100	0.00	5694	1736	18.95	24.64	34.11	32.85
2031	15	0.59	5728	100	0.00	5728	1746	19.07	24.79	34.33	33.05
2032	16	0.59	5762	100	0.00	5762	1757	19.19	24.95	34.54	33.27
2033	17	0.58	5796	100	0.00	5796	1767	19.57	25.44	35.23	33.92
2034	18	0.58	5830	100	0.00	5830	1777	19.67	25.57	35.41	34.09
2035	19	0.58	5864	100	0.00	5864	1788	19.80	25.74	35.64	34.32
2036	20	0.57	5898	100	0.00	5898	1798	19.91	25.88	35.84	34.51

Fuente: Elaborado por el Tesista.

DEMANDA DEL SECTOR 3

El sector 3 está conformado por 28 habilitaciones urbanas

Cuadro 45: Población inicial del Sector 3

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
1	Mollendo	629	629	3.28	2063
4	UPIS Miramar	193	193	3.28	633
5	PJ Alto Las Cruces	280	262	3.28	859
6	AH San Antonio	21	21	3.28	69
11	AH Las Mellizas	79	79	3.28	259
12	AH Bellavista	92	87	3.28	285
16	PJ Villa Lourdes	44	44	3.28	144
21	APVIS Nueva Generación 86	16	12	3.28	39
22	Ampliación Lourdes	50	35	3.28	115
23	APVIS 7 De Junio	63	63	3.28	207
24	APVIS Progreso	36	35	3.28	115
25	APVIS Nuevo Perú	64	64	3.28	210
26	APV Luz y Fuerza	76	60	3.28	197
27	APV Inmaculada Concepción	114	6	3.28	20
28	AV Señor del Rimac	63	56	3.28	184
30	Enace	69	48	3.28	157
31	Las Ambarinas	288	60	3.28	197
32	URB. Catarindo Alto	166	8	3.28	26
33	ASOC. San Agustín Arvidunsa	252	25	3.28	82
34	URB. Los Estibadores y Centenario	132	131	3.28	430
35	Asoc. de Viv. de Servidores Marítimos ENAPU	42	37	3.28	121
36	Fondo de empleados del Bco. Nación "Barrio Las Huertas"	38	38	3.28	125
38	Urb. La Florida	181	172	3.28	564
39	Asoc. Alfonso Castro	32	22	3.28	72
43	Urb. Costa Azul	161	15	3.28	49
44	Bello Horizonte (Proyectada)	40	0	3.28	0
45	Zona Industrial (Proyectada)	336	0	3.28	0
47	Urb. Catarindo	47	29	3.28	95
Total (Lotes y Población)		3604	2231	3.28	7317

Fuente: propia del tesista

Cuadro 46: Número de conexiones existentes al año 2014 –Sector 3

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL. Conex.
Doméstico	Con Medidor	1874	2205
	Sin Medidor	331	
Comercial	Con Medidor	350	350
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	10	10
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	24	24
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	2	2
	Sin Medidor	0	
TOTAL			2591

Fuente: elaborado por el tesista - SEDAPAR S.A._2014

Cuadro 47: proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 3

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)		
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SICIAL)	
2014	Base	98.84%	42.73%	84.99%	100.00%
2015	A	98.84%	42.73%	84.99%	100.00%
2016	0	98.84%	42.73%	85.0%	100.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: elaborado por el Tesista.

Cuadro 48: Demanda de Agua Potable del Sector 3

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)	
2014	Base		7317	98.84	1.16	7232	2205	33.00	42.90	59.40	57.20
2015	A	0.65	7365	98.84	1.16	7280	2220	33.54	43.60	60.37	58.13
2016	0	0.65	7413	98.84	1.16	7327	2234	33.73	43.85	60.71	58.47
2017	1	0.65	7461	100	0.00	7461	2275	27.84	36.19	50.11	48.25
2018	2	0.64	7509	100	0.00	7509	2289	27.99	36.39	50.38	48.52
2019	3	0.64	7557	100	0.00	7557	2304	28.43	36.96	51.17	49.28
2020	4	0.63	7605	100	0.00	7605	2319	28.60	37.18	51.48	49.57
2021	5	0.63	7653	100	0.00	7653	2333	29.08	37.80	52.34	50.40
2022	6	0.63	7701	100	0.00	7701	2348	29.52	38.38	53.14	51.17
2023	7	0.62	7749	100	0.00	7749	2363	29.96	38.95	53.93	51.93
2024	8	0.62	7797	100	0.00	7797	2377	30.12	39.16	54.22	52.21
2025	9	0.61	7845	100	0.00	7845	2392	30.55	39.72	54.99	52.96
2026	10	0.61	7893	100	0.00	7893	2406	30.97	40.26	55.75	53.68
2027	11	0.61	7941	100	0.00	7941	2421	31.41	40.83	56.54	54.44
2028	12	0.60	7989	100	0.00	7989	2436	31.85	41.41	57.33	55.21
2029	13	0.60	8037	100	0.00	8037	2450	32.35	42.06	58.23	56.08
2030	14	0.60	8085	100	0.00	8085	2465	32.78	42.61	59.00	56.81
2031	15	0.59	8133	100	0.00	8133	2480	33.23	43.20	59.81	57.60
2032	16	0.59	8181	100	0.00	8181	2494	33.66	43.76	60.59	58.35
2033	17	0.58	8229	100	0.00	8229	2509	34.10	44.33	61.38	59.11
2034	18	0.58	8277	100	0.00	8277	2523	34.79	45.23	62.62	60.31
2035	19	0.58	8325	100	0.00	8325	2538	35.23	45.80	63.41	61.07
2036	20	0.57	8373	100	0.00	8373	2553	35.68	46.38	64.22	61.84

Fuente: Elaborado por el Tesista.

DEMANDA DEL SECTOR 4

El sector 4 está conformado por 16 habilitaciones urbanas

Cuadro 49: Población inicial del Sector 4

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
1	Mollendo	64	64	3.28	210
12	AH Bellavista	181	151	3.28	495
13	APVIS Alto San Martín	46	46	6.56	151
14	Alto Bellavista	371	371	3.28	1217
15	Alto APVIS Obreros Municipales	111	105	3.28	344
16	PJ Villa Lourdes	481	456	6.56	1495
17	APVIS Pacífico	24	21	3.28	69
18	AVIS La Victoria	80	72	3.28	236
19	San Borja	52	46	6.56	151
20	Apiamo	170	98	3.28	321

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
21	APVIS Nueva Generación 86	146	125	3.28	410
29	URB. Mirador El Pacífico	137	132	3.28	433
40	Villa Magistral	54	31	6.56	101
41	Asociación 1 De Enero	26	26	3.28	85
46	Los Tres Portales	128	128	3.28	420
49	Ampliación Alto Bellavista	158	90	3.28	295
Total (Lotes y Población)		2229	1962	3.28	6433

Fuente: propia del tesista

Cuadro 50: Número de conexiones existentes al año 2014 – sector 4

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL. Conex.
Doméstico	Con Medidor	1437	1690
	Sin Medidor	253	
Comercial	Con Medidor	120	120
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	20	20
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
TOTAL			769

Fuente: elaborado por el tesista - SEDAPAR S.A._2014

Cuadro 51: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 4

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)		
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SOCIAL)	
2014	Base	86.17%	42.73%	85.03%	100.00%
2015	A	86.17%	42.73%	85.03%	100.00%
2016	0	86.17%	42.73%	85.03%	100.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

AÑO		COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)	
				DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SICIAL)
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: elaborado por el Tesista.

Cuadro 52: Demanda de Agua potable del Sector 4

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)	
2014	Base	6433	86.17	13.83	5543	1690	20.34	26.44	36.61	35.25	
2015	A	0.65	6475	86.18	13.82	5580	1702	20.48	26.63	36.86	35.50
2016	0	0.65	6517	86.16	13.84	5615	1712	20.58	26.75	37.05	35.67
2017	1	0.65	6560	100	0.00	6560	2000	18.83	24.48	33.89	32.64
2018	2	0.64	6602	100	0.00	6602	2013	18.94	24.62	34.10	32.82
2019	3	0.64	6644	100	0.00	6644	2025	19.05	24.77	34.29	33.03
2020	4	0.63	6686	100	0.00	6686	2038	19.23	25.00	34.62	33.34
2021	5	0.63	6728	100	0.00	6728	2051	19.36	25.17	34.85	33.56
2022	6	0.63	6771	100	0.00	6771	2064	19.55	25.42	35.19	33.90
2023	7	0.62	6813	100	0.00	6813	2077	19.67	25.57	35.40	34.09
2024	8	0.62	6855	100	0.00	6855	2090	19.77	25.70	35.58	34.27
2025	9	0.61	6897	100	0.00	6897	2103	19.91	25.88	35.83	34.51
2026	10	0.61	6939	100	0.00	6939	2116	20.03	26.04	36.05	34.72
2027	11	0.61	6982	100	0.00	6982	2129	20.13	26.17	36.24	34.89
2028	12	0.60	7024	100	0.00	7024	2141	20.24	26.31	36.43	35.08
2029	13	0.60	7066	100	0.00	7066	2154	20.38	26.49	36.68	35.32
2030	14	0.60	7108	100	0.00	7108	2167	20.56	26.73	37.01	35.64
2031	15	0.59	7150	100	0.00	7150	2180	20.67	26.87	37.21	35.83
2032	16	0.59	7192	100	0.00	7192	2192	20.85	27.11	37.53	36.15
2033	17	0.58	7234	100	0.00	7234	2205	21.05	27.37	37.89	36.50
2034	18	0.58	7276	100	0.00	7276	2218	21.24	27.62	38.24	36.83
2035	19	0.58	7318	100	0.00	7318	2231	21.42	27.84	38.55	37.12
2036	20	0.57	7360	100	0.00	7360	2244	21.61	28.09	38.90	37.46

Fuente: Elaborado por el Tesista.

DEMANDA DEL SECTOR 5

El sector 5 está conformado por tres habilitaciones urbanas.

Cuadro 53: Población inicial del Sector 5

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
7	Alto Inclán	730	730	3.28	2394
8	Cesar Vallejo	365	355	3.28	1164
9	APVIS Hortensia Pardo	17	16	3.28	52
Total (Lotes y Población)		1112	1101	3.28	3610

Fuente: propia del tesista

Cuadro 54: Número de conexiones existentes al año 2014 – sector 5

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL. Conex.
Doméstico	Con Medidor	892	1049
	Sin Medidor	157	
Comercial	Con Medidor	275	275
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	1	1
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	13	13
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	1	5
	Sin Medidor	0	
TOTAL			1339

Fuente: elaborado por el tesista - SEDAPAR S.A._2014

Cuadro 55: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 5

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)		
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SOCIAL)	
2014	Base	95.31%	42.73%	85.03%	100.00%
2015	A	95.31%	42.73%	85.03%	100.00%
2016	0	95.31%	42.73%	85.0%	100.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

AÑO		COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)	
				DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: elaborado por el Tesista.

Cuadro 56: Demanda de Agua Potable del Sector 5

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)	
2014	Base	3610	95.31	4.69	3441	1049	16.45	21.39	29.61	28.52	
2015	A	0.65	3634	95.31	4.69	3464	1056	16.55	21.52	29.79	28.69
2016	0	0.65	3658	95.31	4.69	3486	1063	16.65	21.65	29.97	28.87
2017	1	0.65	3682	100	0.00	3682	1123	13.94	18.12	25.09	24.16
2018	2	0.64	3706	100	0.00	3706	1130	14.02	18.23	25.24	24.31
2019	3	0.64	3730	100	0.00	3730	1137	14.17	18.42	25.51	24.56
2020	4	0.63	3754	100	0.00	3754	1145	14.26	18.54	25.67	24.72
2021	5	0.63	3778	100	0.00	3778	1152	14.35	18.66	25.83	24.88
2022	6	0.63	3802	100	0.00	3802	1159	14.43	18.76	25.97	25.01
2023	7	0.62	3826	100	0.00	3826	1166	14.77	19.20	26.59	25.60
2024	8	0.62	3850	100	0.00	3850	1174	14.87	19.33	26.77	25.77
2025	9	0.61	3874	100	0.00	3874	1181	14.95	19.44	26.91	25.92
2026	10	0.61	3898	100	0.00	3898	1188	15.03	19.54	27.05	26.05
2027	11	0.61	3922	100	0.00	3922	1196	15.19	19.75	27.34	26.33
2028	12	0.60	3946	100	0.00	3946	1203	15.27	19.85	27.49	26.47
2029	13	0.60	3970	100	0.00	3970	1210	15.36	19.97	27.65	26.63
2030	14	0.60	3994	100	0.00	3994	1218	15.45	20.09	27.81	26.79
2031	15	0.59	4018	100	0.00	4018	1225	15.53	20.19	27.95	26.92
2032	16	0.59	4042	100	0.00	4042	1232	15.61	20.29	28.10	27.05
2033	17	0.58	4066	100	0.00	4066	1240	15.97	20.76	28.75	27.68
2034	18	0.58	4090	100	0.00	4090	1247	16.05	20.87	28.89	27.83
2035	19	0.58	4114	100	0.00	4114	1254	16.13	20.97	29.03	27.96
2036	20	0.57	4138	100	0.00	4138	1262	16.22	21.09	29.20	28.12

Fuente: Elaborado por el Tesista.

DEMANDA DEL SECTOR 6

El sector 6 está conformado por cuatro habilitaciones urbanas.

Cuadro 57: Población inicial del Sector 6

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
10	Los Pinos	263	263	3.28	863
37	Los Olivos del Valle	320	305	3.28	1000
48	Ampliación Los Pinos	421	210	3.28	689
56	Habilitación Nueva 7	92	36	3.28	118
Total (Lotes y Población)		1004	778	3.28	2670

Fuente: propia del tesista

Cuadro 58: Número conexiones existentes al año 2014 – sector 6

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL. Conex.
Doméstico	Con Medidor	224	263
	Sin Medidor	39	
Comercial	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
TOTAL			263

Fuente: elaborado por el tesista - SEDAPAR S.A._2014

Cuadro 59: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 6

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)		
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SOCIAL)	
2014	Base	32.31%	42.73%	85.17%	100.00%
2015	A	32.31%	42.73%	85.17%	100.00%
2016	0	32.31%	42.73%	85.17%	100.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

AÑO		COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)	
				DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SICIAL)
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: elaborado por el Tesista.

Cuadro 60: Demanda de Agua Potable del Sector 6

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)	
2014	Base		2670	32.31	67.69	863	263	2.93	3.81	5.27	5.08
2015	A	0.65	2687	32.31	67.69	868	265	2.95	3.84	5.31	5.12
2016	0	0.65	2704	32.31	67.69	874	266	2.96	3.85	5.33	5.13
2017	1	0.65	2722	100	0.00	2722	830	6.82	8.87	12.28	11.83
2018	2	0.64	2739	100	0.00	2739	835	6.86	8.92	12.35	11.89
2019	3	0.64	2756	100	0.00	2756	840	6.90	8.97	12.42	11.96
2020	4	0.63	2773	100	0.00	2773	845	6.94	9.02	12.49	12.03
2021	5	0.63	2790	100	0.00	2790	851	7.00	9.10	12.60	12.13
2022	6	0.63	2808	100	0.00	2808	856	7.04	9.15	12.67	12.20
2023	7	0.62	2825	100	0.00	2825	861	7.08	9.20	12.74	12.27
2024	8	0.62	2842	100	0.00	2842	866	7.12	9.26	12.82	12.35
2025	9	0.61	2859	100	0.00	2859	872	7.17	9.32	12.91	12.43
2026	10	0.61	2876	100	0.00	2876	877	7.22	9.39	13.00	12.52
2027	11	0.61	2894	100	0.00	2894	882	7.26	9.44	13.07	12.59
2028	12	0.60	2911	100	0.00	2911	888	7.31	9.50	13.16	12.67
2029	13	0.60	2928	100	0.00	2928	893	7.35	9.56	13.23	12.75
2030	14	0.60	2945	100	0.00	2945	898	7.39	9.61	13.30	12.81
2031	15	0.59	2962	100	0.00	2962	903	7.44	9.67	13.39	12.89
2032	16	0.59	2980	100	0.00	2980	909	7.49	9.74	13.48	12.99
2033	17	0.58	2997	100	0.00	2997	914	7.53	9.79	13.55	13.05
2034	18	0.58	3014	100	0.00	3014	919	7.56	9.83	13.61	13.11
2035	19	0.58	3031	100	0.00	3031	924	7.60	9.88	13.68	13.17
2036	20	0.57	3048	100	0.00	3048	929	7.66	9.96	13.79	13.28

Fuente: Elaborado por el Tesista.

DEMANDA DEL SECTOR 7

Este sector comprende 6 habilitaciones urbanas nuevas, que en estos últimos años se han asentado en lugares por encima de los reservorios existentes.

Cuadro 61: Población inicial del Sector 7

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
50	Habilitación Nueva 1	340	176	3.28	577
51	Habilitación Nueva 2	177	45	3.28	148
52	Habilitación Nueva 3	119	28	3.28	92
53	Habilitación Nueva 4	58	8	3.28	26
54	Habilitación Nueva 5	150	104	3.28	341
55	Habilitación Nueva 6	248	128	3.28	420
Total (Lotes y Población)		1092	489	3.28	1604

Fuente: propia del Tesista

En cada una de estas habilitaciones actualmente no existen conexiones de agua potable.

Cuadro 62: Proyección del % cobertura, % de pérdida y % de micromedición – sector 7

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)	
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SOCIAL
2014	Base	0.00%	0.00%	0.00%
2015	A	0.00%	0.00%	0.00%
2016	0	0.00%	0.00%	0.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%

AÑO		COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)	
				DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL SOCIAL
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia del Tesista

Cuadro 63: Demanda de Agua Potable del Sector 7

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales			
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)
2014	Base	1604	0.00	100.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2015	A	1614	0.00	100.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0	1624	0.00	100.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	1	1635	100	0.00	1635	498	3.93	5.11	7.07	6.81
2018	2	1645	100	0.00	1645	502	3.96	5.15	7.13	6.87
2019	3	1655	100	0.00	1655	505	3.99	5.19	7.18	6.92
2020	4	1665	100	0.00	1665	508	4.01	5.21	7.22	6.95
2021	5	1675	100	0.00	1675	511	4.05	5.27	7.29	7.03
2022	6	1686	100	0.00	1686	514	4.07	5.29	7.33	7.05
2023	7	1696	100	0.00	1696	517	4.09	5.32	7.36	7.09
2024	8	1706	100	0.00	1706	520	4.12	5.36	7.42	7.15
2025	9	1716	100	0.00	1716	523	4.14	5.38	7.45	7.17
2026	10	1726	100	0.00	1726	526	4.18	5.43	7.52	7.24
2027	11	1737	100	0.00	1737	530	4.21	5.47	7.58	7.29
2028	12	1747	100	0.00	1747	533	4.23	5.50	7.61	7.33
2029	13	1757	100	0.00	1757	536	4.26	5.54	7.67	7.39
2030	14	1767	100	0.00	1767	539	4.28	5.56	7.70	7.41
2031	15	1777	100	0.00	1777	542	4.32	5.62	7.78	7.49
2032	16	1788	100	0.00	1788	545	4.34	5.64	7.81	7.52
2033	17	1798	100	0.00	1798	548	4.37	5.68	7.87	7.57
2034	18	1808	100	0.00	1808	551	4.39	5.71	7.90	7.61
2035	19	1818	100	0.00	1818	554	4.41	5.73	7.94	7.64
2036	20	1828	100	0.00	1828	557	4.45	5.79	8.01	7.72

Fuente: Propia del Tesista

DEMANDA TOTAL DE MOLLENDO

La ciudad de Mollendo está conformada por 56 habilitaciones urbanas los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 64: Población inicial de la ciudad de Mollendo -2014

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
1	Mollendo	2215	2199	3.28	7213

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
2	CP Inclán	215	195	3.28	640
3	CP Tres Cruces	162	147	3.28	482
4	UPIS Miramar	393	385	3.28	1263
5	PJ Alto Las Cruces	378	355	3.28	1164
6	AH San Antonio	21	21	3.28	69
7	Alto Inclán	730	730	3.28	2394
8	Cesar Vallejo	365	355	3.28	1164
9	APVIS Hortensia Pardo	17	16	3.28	52
10	Los Pinos	263	263	3.28	863
11	AH Las Mellizas	79	79	3.28	259
12	AH Bellavista	273	238	3.28	781
13	APVIS Alto San Martín	46	46	3.28	151
14	Alto Bellavista	371	371	3.28	1217
15	Alto APVIS Obreros Municipales	111	105	3.28	344
16	PJ Villa Lourdes	525	500	3.28	1640
17	APVIS Pacífico	24	21	3.28	69
18	AVIS La Victoria	80	72	3.28	236
19	San Borja	52	46	3.28	151
20	Apíamo	170	98	3.28	321
21	APVIS Nueva Generación 86	162	137	3.28	449
22	Ampliación Lourdes	50	35	3.28	115
23	APVIS 7 De Junio	63	63	3.28	207
24	APVIS Progreso	36	35	3.28	115
25	APVIS Nuevo Perú	64	64	3.28	210
26	APV Luz y Fuerza	76	60	3.28	197
27	APV Inmaculada Concepción	114	6	3.28	20
28	AV Señor del Rimac	63	56	3.28	184
29	URB. Mirador El Pacífico	137	132	3.28	433
30	Enace	69	48	3.28	157
31	Las Ambarinas	288	60	3.28	197
32	URB. Catarindo Alto	166	8	3.28	26
33	ASOC. San Agustín Arvidunsa	252	25	3.28	82
34	URB. Los Estibadores y Centenario	132	131	3.28	430
35	Asoc. de Viv. de Servidores Marítimos ENAPU	42	37	3.28	121
36	Fondo de empleados del Bco. Nación "Barrio Las Huertas"	38	38	3.28	125
37	Los Olivos del Valle	320	305	3.28	1000
38	Urb. La Florida	181	172	3.28	564
39	Asoc. Alfonso Castro	32	22	3.28	72

Ítem	Habilitación	Nº Lotes	Nº Lotes Habitados	Densidad (hab/Lote)	Población (hab)
40	Villa Magistral	54	31	3.28	102
41	Asociación 1 De Enero	26	26	3.28	85
42	Urb. Miramar	42	40	3.28	131
43	Urb. Costa Azul	161	15	3.28	49
44	Bello Horizonte (Proyectada)	40	0	3.28	0
45	Zona Industrial (Proyectada)	336	0	3.28	0
46	Los Tres Portales	128	128	3.28	420
47	Urb. Catarindo	47	29	3.28	95
48	Ampliación Los Pinos	421	210	3.28	689
49	Ampliación Alto Bellavista	158	90	3.28	295
50	Habilitación Nueva 1	340	176	3.28	577
51	Habilitación Nueva 2	177	45	3.28	148
52	Habilitación Nueva 3	119	28	3.28	92
53	Habilitación Nueva 4	58	8	3.28	26
54	Habilitación Nueva 5	150	104	3.28	341
55	Habilitación Nueva 6	248	128	3.28	420
56	Habilitación Nueva 7	92	36	3.28	118
Total (Lotes y Población)		11392	8770	3.28	28765

Cuadro 65: Número de conexiones al año 2014

CONEXIÓN POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICIÓN	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL. Conex.
Doméstico	Con Medidor	6143	7225
	Sin Medidor	1082	
Comercial	Con Medidor	1080	1080
	Sin Medidor	0	
Industrial	Con Medidor	12	12
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	88	88
	Sin Medidor	0	
Social	Con Medidor	4	4
	Sin Medidor	0	
TOTAL			8409

Cuadro 66: Proyección del % de Pérdida, % Cobertura y % de Micromedición - Mollendo

AÑO	COBERTURA AGUA (%)	PÉRDIDAS DE AGUA (%)	MICROMEDICIÓN (%)		
			DOMÉSTICO	COMERCIAL INDUSTRIAL	
2014	Base	82.39%	42.73%	85.02%	100.00%
2015	A	82.39%	42.73%	85.02%	100.00%
2016	0	82.39%	42.73%	85.0%	100.0%
2017	1	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2018	2	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2019	3	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2020	4	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2021	5	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2022	6	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2023	7	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2024	8	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2025	9	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2026	10	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2027	11	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2028	12	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2029	13	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2030	14	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2031	15	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2032	16	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2033	17	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2034	18	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2035	19	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%
2036	20	100.00%	30.00%	100.0%	100.0%

En el siguiente cuadro se resume la demanda de agua potable de Mollendo.

Cuadro 67: Demanda Total de Agua Potable de la ciudad de Mollendo

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)	
2014	Base		28762	82.39	17.61	23698	7225	100.90	131.17	181.62	174.89
2015	A	0.65	28950	82.40	17.60	23855	7274	101.89	132.47	183.40	176.61
2016	0	0.65	29138	82.39	17.61	24008	7320	102.49	133.24	184.48	177.66
2017	1	0.65	29329	100	0.00	29329	8942	95.76	124.49	172.36	165.99
2018	2	0.64	29517	100	0.00	29517	9000	96.32	125.22	173.39	166.95
2019	3	0.64	29705	100	0.00	29705	9056	97.26	126.45	175.07	168.60
2020	4	0.63	29893	100	0.00	29893	9114	97.93	127.31	176.29	169.75
2021	5	0.63	30081	100	0.00	30081	9172	98.88	128.55	177.98	171.40
2022	6	0.63	30272	100	0.00	30272	9229	99.82	129.78	179.68	173.04
2023	7	0.62	30460	100	0.00	30460	9286	101.20	131.56	182.16	175.41
2024	8	0.62	30648	100	0.00	30648	9344	101.80	132.35	183.25	176.47
2025	9	0.61	30836	100	0.00	30836	9402	102.68	133.49	184.82	177.99
2026	10	0.61	31024	100	0.00	31024	9459	103.56	134.63	186.41	179.50

Año	Tasas	Población Total (hab)	Cobertura (%)		Población Servida (hab)	Viviendas Servidas (und)	Caudales				
			Conex.	Otros Medios			Qp (L/s)	Qmd (L/s)	Qmh (L/s)	Qb (L/s) (Hb=18)	
2027	11	0.61	31215	100	0.00	31215	9518	104.49	135.83	188.09	181.10
2028	12	0.60	31403	100	0.00	31403	9575	105.35	136.96	189.63	182.62
2029	13	0.60	31591	100	0.00	31591	9632	106.33	138.24	191.39	184.33
2030	14	0.60	31779	100	0.00	31779	9689	107.23	139.41	193.01	185.87
2031	15	0.59	31967	100	0.00	31967	9746	108.14	140.58	194.65	187.43
2032	16	0.59	32157	100	0.00	32157	9803	109.06	141.79	196.31	189.06
2033	17	0.58	32345	100	0.00	32345	9861	110.57	143.74	199.03	191.66
2034	18	0.58	32533	100	0.00	32533	9917	111.74	145.28	201.14	193.71
2035	19	0.58	32721	100	0.00	32721	9975	112.67	146.46	202.79	195.28
2036	20	0.57	32909	100	0.00	32909	10033	113.67	147.77	204.61	197.04

Fuente: Propia del Tesista.

En los cuadros anteriores se ha presentado de una forma resumida la demanda de las ciudades de Mollendo y Matarani; los cálculos completos de la demanda se presentan el Anexo 1: Cálculo de demanda.

CAPÍTULO IV: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y ANALISIS DE COSTOS

1. PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Las alternativas de solución se plantean teniendo en cuenta el diagnóstico de los componentes actuales y la distribución de la población dentro del área de estudio. Además, con cada una de las alternativas planteadas se busca mejorar la continuidad, reducir el porcentaje de pérdidas y aumentar la cobertura el servicio.

El objetivo de este punto es describir las alternativas de solución planteadas para el sistema de distribución de la ciudad de Mollendo, donde se desarrollará un análisis de costos de forma técnica y la alternativa que resulte más económica, se desarrollará a nivel de expediente técnico en la presente tesis.

2. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para solucionar los problemas del sistema de abastecimiento de la ciudad de Mollendo se plantean 3 alternativas de solución que describiremos a continuación.

2.1. ALTERNATIVA I:

En esta alternativa se plantea 7 sectores de abastecimiento los cuales serán abastecidos de la siguiente forma:

Cuadro 68: Abastecimiento de sectores de la alternativa I

Componente	Sectores
Reservorio R1	Sector 1
Reservorio R2 y R2A	Sector 2
Reservorio R3	Sector 3
Reservorio R5	Sector 4
Reservorio R6 y R6A	Sector 5
Reservorio R-01	Sector 6
Reservorio RAP-1	Sector 7

Para lograr abastecer estos sectores, se proyecta las siguientes metas:

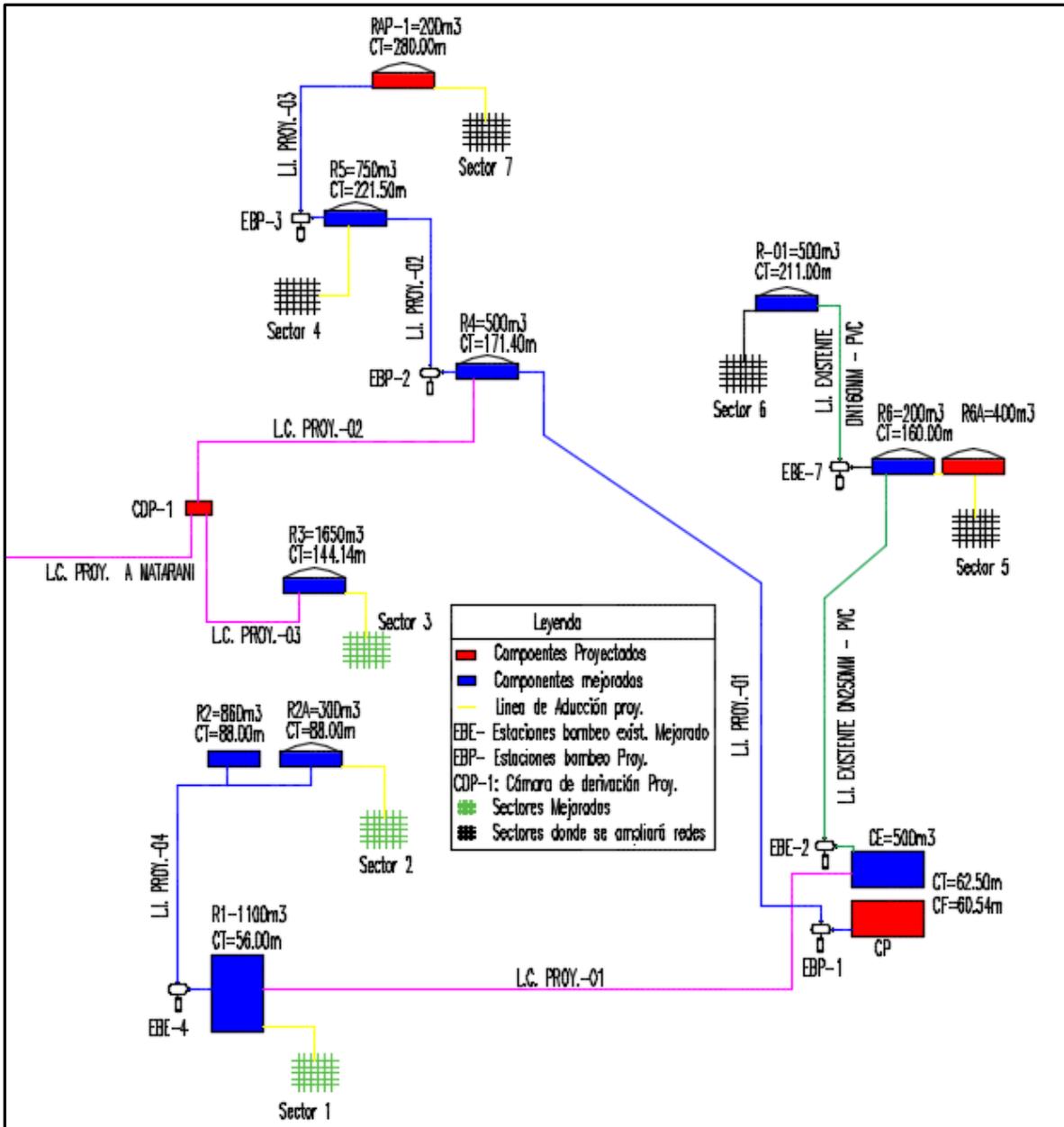
Cuadro 69: Metas de la alternativa I

METAS ALTERNATIVA I	
ítem	REDES DE DISTRIBUCIÓN
1	Renovación de redes secundarias de agua potable y conexiones domiciliarias en los sectores 1, 2 y 3.
2	Ampliación de redes secundarias y conexiones domiciliarias en los sectores 4, 5, 6 y 7.
3	Renovación de las líneas de aducción, a excepción del R-01.
ítem	ALMACENAMIENTO
4	Construcción de nuevos reservorios denominados RAP-1 y R6A de 200 y 400m ³ respectivamente.
5	Mejoramiento de los reservorios R1, R2 y R2A, R3, R4, R5 y R6 y de la cisterna existente.
6	Construcción de una cisterna de 1875m ³ .
7	Construcción de cerco perimétrico e instalación de suministro eléctrico para los reservorios existentes R5 y R-01
ítem	ESTACIONES DE BOMBEO
8	Mejoramiento de las estaciones de bombeo EBE-2, EBE-4 y EBE-7
9	Construcción y equipamiento de las estaciones de bombeo EBP-1, EBP-2 y EBP-3
ítem	LINEAS DE IMPULSION
10	Instalación de una línea de impulsión del EBP-1 al R4 con 2413.08m, HD
11	Instalación de una línea de impulsión del EBP-2 al R5 con 270.40m, HD
12	Instalación de una línea de impulsión del EBP-3 al RAP-1 con 488.72m, HD
13	Instalación de una línea de impulsión del EBE-4 al R-2 y R2A con 872.00m, HD
ítem	LINEAS DE CONDUCCIÓN
14	Renovación de la línea de conducción de la PTAP al R1 de 732.00m
15	Instalación de la línea de conducción de la R4 al CDP-1 de 394.56m
16	Instalación de la línea de conducción de la CDP-1 al R3 de 9.25m
ítem	OTROS
17	Construcción y equipamiento de una cámara de derivación CDP-1

Los diámetros y materiales de las líneas de conducción e impulsión se mostrarán en los prediseños y análisis de costos.

En las líneas de impulsión existentes que van del EBE-2 al R6 y del EBE-7 al R-01, no se intervendrá, debido a que se encuentran en buen estado.

Imagen 24: Esquema proyectado de la alternativa I



2.2. ALTERNATIVA II:

En esta alternativa se plantea 7 sectores de abastecimiento los cuales serán abastecidos de la siguiente forma:

Cuadro 70: Abastecimiento de sectores de la alternativa II

Componente	Sectores
PTAP	Sector 1
Reservorio R2 y R2A	Sector 2
Reservorio R3	Sector 3
Reservorio R5	Sector 4

Componente	Sectores
Reservorio R6 y R6A	Sector 5
Reservorio R-01	Sector 6
Reservorio RAP-1	Sector 7

Para lograr abastecer estos sectores, se proyecta las siguientes metas:

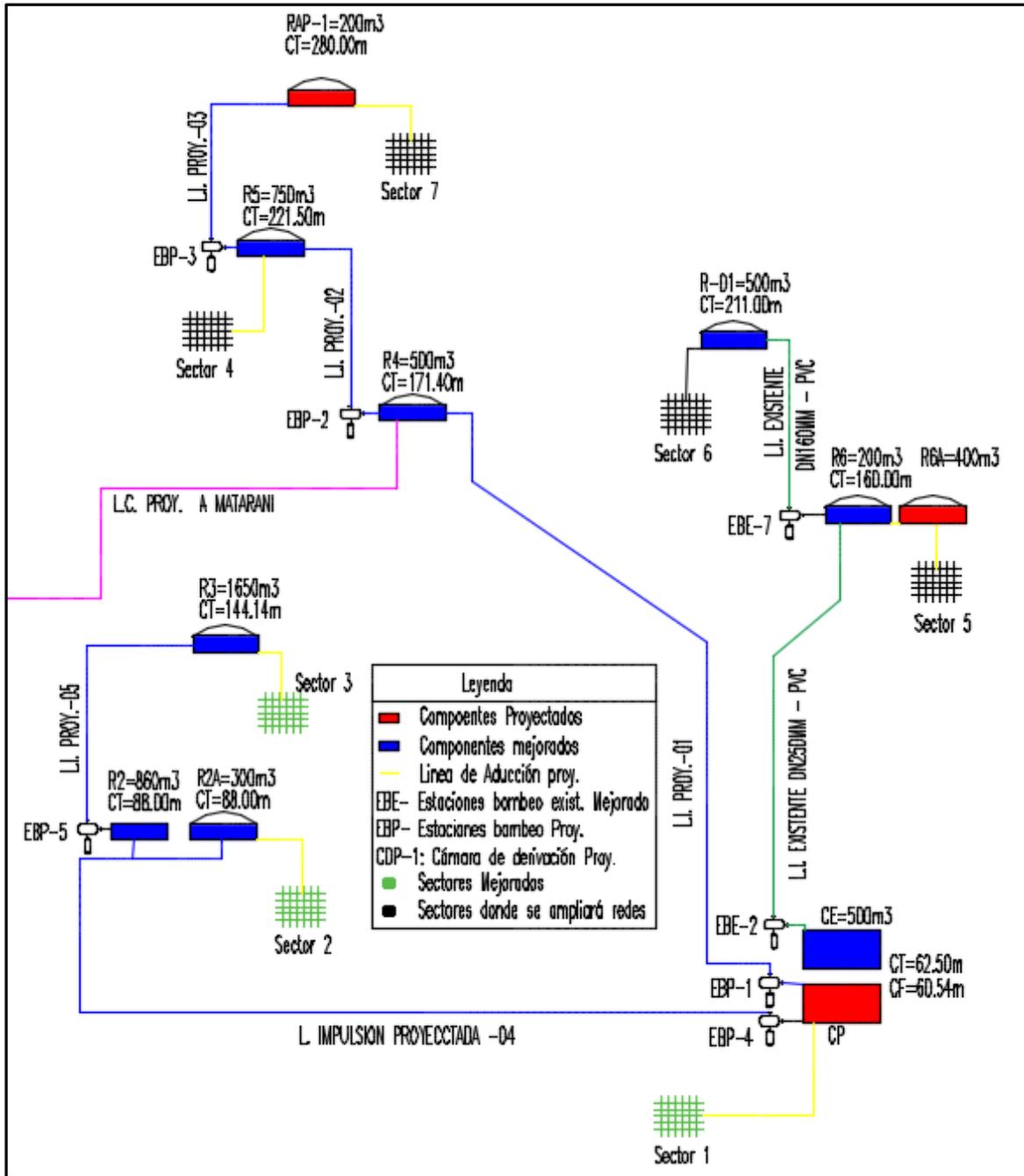
Cuadro 71: Metas de la alternativa II

METAS ALTERNITVA II	
ítem	REDES DE DISTRIBUCIÓN
1	Renovación de redes secundarias de agua potable y conexiones domiciliarias en los sectores 1, 2 y 3.
2	Ampliación de redes secundarias y conexiones domiciliarias en los sectores 4, 5, 6 y 7.
3	Renovación de las líneas de aducción, a excepción del R-01.
ítem	ALMACENAMIENTO
4	Construcción de nuevos reservorios denominados RAP-1 y R6A de 200 y 400m ³ respectivamente.
5	Mejoramiento de los reservorios R2 y R2A, R3, R4, R5 y R6 y de la cisterna existente.
6	Construcción de una cisterna de 1875m ³ .
7	Construcción de cerco perimétrico e instalación de suministro eléctrico para los reservorios existentes R5 y R-01
ítem	ESTACIONES DE BOMBEO
8	Mejoramiento de las estaciones de bombeo EBE-2 y EBE-7
9	Construcción y equipamiento de las estaciones de bombeo EBP-1, EBP-2, EBP-3, EBP-4 y EBP-5
ítem	LINEAS DE IMPULSION
10	Instalación de una línea de impulsión del EBP-1 al R4. L=2413.08m,
11	Instalación de una línea de impulsión del EBP-2 al R5. L=270.40m,
12	Instalación de una línea de impulsión del EBP-3 al RAP-1. L= 488.72m,
13	Instalación de una línea de impulsión del EBP-4 al R-2 y R2A. L=1609.40m,
14	Instalación de una línea de impulsión del EBP-5 al R-3. L=888.90m,

Los diámetros y materiales de las líneas de impulsión se mostrarán base al análisis de costos.

En las líneas de impulsión existentes que van del EBE-2 al R6 y del EBE-7 al R-01, no se intervendrán debido a que se encuentran en buen estado.

Imagen 25: Esquema proyectado de la alternativa II



2.1. ALTERNATIVA III:

En esta alternativa se plantea 7 sectores de abastecimiento los cuales serán abastecidos de la siguiente forma:

Cuadro 72: Abastecimiento de sectores de la alternativa III

Componente	Sectores
PTAP	Sector 1
Reservorio R2 y R2A	Sector 2
Reservorio R3	Sector 3
Reservorio R5	Sector 4
Reservorio R6 y R6A	Sector 5
Reservorio R-01	Sector 6
Reservorio RAP-1	Sector 7

Para lograr abastecer estos sectores, se proyecta las siguientes metas:

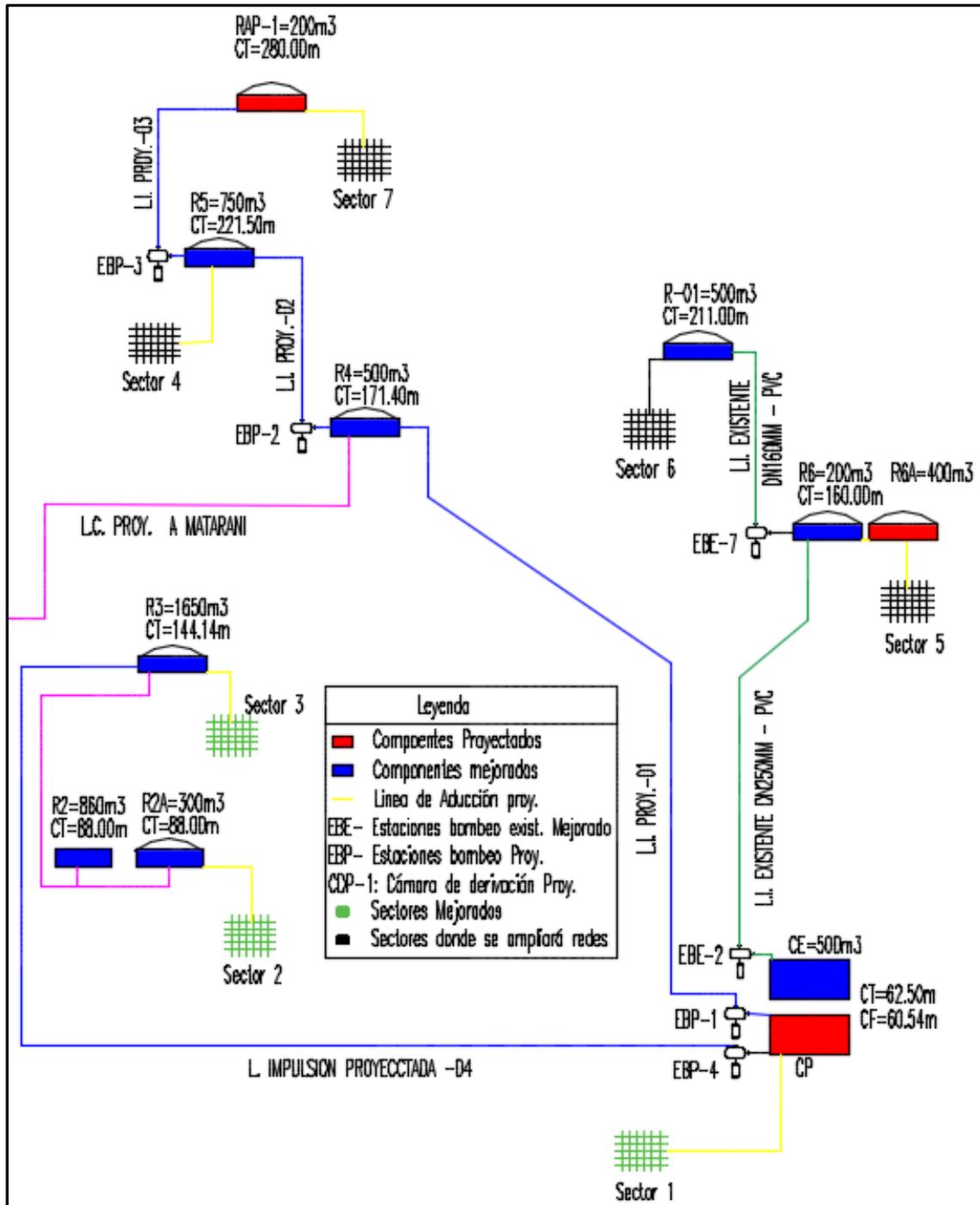
Cuadro 73: Metas de la alternativa III

METAS ALTERNATIVA III	
ítem	REDES DE DISTRIBUCIÓN
1	Renovación de redes secundarias de agua potable y conexiones domiciliarias en los sectores 1, 2 y 3.
2	Ampliación de redes secundarias y conexiones domiciliarias en los sectores 4, 5, 6 y 7.
3	Renovación de las líneas de aducción, a excepción del R-01.
ítem	ALMACENAMIENTO
4	Construcción de nuevos reservorios denominados RAP-1 y R6A de 200 y 400m ³ respectivamente.
5	Mejoramiento de los reservorios R2 y R2A, R3, R4, R5 y R6 y de la cisterna existente.
6	Construcción de una cisterna de 1875m ³ .
7	Construcción de cerco perimétrico e instalación de suministro eléctrico para los reservorios existentes R5 y R-01
ítem	ESTACIONES DE BOMBEO
8	Mejoramiento de las estaciones de bombeo EBE-2, y EBE-7
9	Construcción y equipamiento de las estaciones de bombeo EBP-1, EBP-2, EBP-3, EBP-4
ítem	LINEAS DE IMPULSION
10	Instalación de una línea de impulsión del EBP-1 al R4. L= 2413.08m
11	Instalación de una línea de impulsión del EBP-2 al R5. L= 270.40m
12	Instalación de una línea de impulsión del EBP-3 al RAP-1. L=488.72m
13	Instalación de una línea de impulsión del EBP-4 al R3. L= 2332.82m,
ítem	LINEAS DE CONDUCCIÓN
14	Instalación de la línea de conducción del R3 al R2 con 916.78m,

Los diámetros y materiales de las líneas de conducción e impulsión se mostrarán base a los prediseños y al análisis de costos para las líneas de impulsión.

En las líneas de impulsión existentes que van del EBE-2 al R6 y del EBE-7 al R-01, no se intervendrán debido al buen estado en que se encuentran.

Imagen 26: Esquema proyectado de la alternativa III



Como resumen del planteamiento de las alternativas podemos decir lo siguiente:

- En las tres alternativas propuestas, las metas que van desde los ítems 1 al 8 son idénticas; dado que tienen la misma sectorización y son abastecidas desde los mismo reservorios de igual capacidad.
- Las rehabilitaciones, ampliaciones de redes y conexiones domiciliarias propuestas tendrán el mismo metrado en todas las alternativas, esto incluye a las líneas de aducción.
- Los reservorios proyectados son los mismos en cada alternativa y tienen la misma capacidad al igual que la cisterna proyectada. Respecto al mejoramiento de los reservorios en la alternativa II y III no se contempla el uso del reservorio R1.
- Por otro lado, existen diferencias en las metas a partir del ítem 9 en adelante, donde varían el número de estaciones de bombeo, líneas de impulsión y conducción y los metrados en varios de los componentes.
- En las tres alternativas no se menciona intervención en la captación, línea de conducción de agua cruda y planta de tratamiento de agua potable, dado que para un análisis de costos estos componentes van a tener el mismo valor para cada alternativa. Así mismo, no se intervendrá en las líneas de impulsión que van del EBE-2 al R6 y EBE-7 al R-01, debido a su buen estado; por lo tanto, no se analizarán los cotos de equipamiento, operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo EBE-2 y EBE-7, ya que serán las mismas para cada alternativa, dado que la línea es existente y en todo momento para cada alternativa se obtendrá el misma altura dinámica, misma potencia, igual consumo de energía, etc.
- Finalmente, de las tres alternativas planteadas podemos decir que el sistema de distribución a partir de los reservorios hacia las redes secundarias y conexiones domiciliarias son las mismas para cada alternativa. La diferencia que existe entre una y otra alternativa se da en las obras generales de abastecimiento a los reservorios, ya que cada alternativa tiene diferentes números de estaciones de bombeo, líneas de impulsión y otras tienen líneas de conducción y componentes adicionales. Es en estas metas es donde se encuentra la diferencia de costos entre las alternativa.

3. ANALISIS DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS

Dentro de este análisis de costos veremos aquellos costos que tienen mayor incidencia en el sistema proyectado elevando el costo entre una y otra alternativa, las cuales nos llevará a elegir la alternativa más económica.

Como ya se ha visto anteriormente, dentro del planteamiento de las alternativas existen metas que son idénticas en cada una de ellas.

En el siguiente cuadro se muestra las metas comunes para las tres alternativas:

Cuadro 74: Metas comunes de las tres alternativas

ítem	REDES DE DISTRIBUCIÓN
1	Renovación de redes secundarias de agua potable y conexiones domiciliarias en los sectores 1, 2 y 3.
2	Ampliación de redes secundarias y conexiones domiciliarias en los sectores 4, 5, 6 y 7.
3	Renovación de las líneas de aducción, a excepción del R-01.
ítem	ALMACENAMIENTO
4	Construcción de nuevos reservorios denominados RAP-1 y R6A de 200 y 400m ³ respectivamente.
5	Mejoramiento de los reservorios R2 y R2A, R3, R4, R5 y R6 y de la cisterna existente.
6	Construcción de una cisterna de 1875m ³ .
7	Construcción de cerco perimétrico e instalación de suministro eléctrico para los reservorios existentes R5 y R-01
ítem	ESTACIONES DE BOMBEO
8	Mejoramiento de las estaciones de bombeo EBE-2 y EBE-7

En cada una de las alternativas planteadas los costos de inversión, operación y mantenimiento de estas metas son iguales, ya que son las mismas áreas de abastecimiento con la misma cantidad de tuberías y conexiones domiciliarias. Estos costos al ser los mismos no entran en el análisis de costos.

Así mismo, en las alternativas planteadas existen metas como las estaciones de bombeo y líneas de impulsión donde sus dimensionamientos están relacionados directamente con el caudal de bombeo y otras variables como su longitud y diámetro; por lo tanto, los costos de inversión, operación y mantenimiento serán distintos en cada alternativa y deben ser estimados para cada alternativa.

Las líneas de conducción que están presentes en dos de las alternativas propuestas, no pueden ser presentadas por una constante, ya que no tienen el mismo metrado ni

están en todas las alternativas. Este costo también debe tener un análisis y debe ir justificada con el dimensionamiento del diámetro de las tuberías.

Por lo tanto, los costos de cada alternativa quedarán descritas por las siguientes expresiones:

$$\text{Costo (Alternativa I)} = G + C1 + C2 + C3 + C4... \text{ (1)}$$

$$\text{Costo (Alternativa II)} = G + C1 + C2 + C3... \text{ (2)}$$

$$\text{Costo (Alternativa III)} = G + C1 + C2 + C3 + C4... \text{ (3)}$$

Donde:

- G: Constante que representa los costos de inversión, operación y mantenimiento de las metas comunes de las alternativas planteadas.
- C1: Costo de inversión de las líneas de Impulsión
- C2: Costos de Inversión del equipamiento de las estaciones de bombeo.
- C3: Costos Operación y mantenimiento de las estaciones de Bombeo.
- C4: Costo de inversión de las líneas de conducción.

El costo representado por la variable G, al ser común en todas las alternativas, no influye en la determinación de la alternativa más económica, ya que haciendo la diferencia entre una y otra alternativa este costo se eliminará y no hay razón alguna para estimarla. En cambio, los costos representados por las variables C1, C2, C3 y C4 son diferentes para cada alternativa y son los que harán la diferencia entre los costos de implementar una u otra alternativa planteada.

3.1. ESTIMACIÓN DE COSTOS C1, C2 Y C3

Estos costos están relacionados directamente con el caudal de bombeo, diámetros de las tuberías de impulsión, longitudes de las líneas de impulsión, horas de bombeo, potencia de los equipos de bombeo, costo operación (costo de la energía utilizada por las estaciones de bombeo, pago a los operadores de las estaciones de bombeo y costos de la re cloración), que harán variar el costo en cada alternativa.

Es así que relacionaremos todas las variables necesarias para determinar el costo por alternativa de la siguiente manera:

Primeramente dimensionaremos el diámetro de la línea de impulsión. Este dimensionamiento se realizará en una primera aproximación con la siguiente expresión de diámetro económico:

$$D = 0.9 \times Q^{0.45} \dots (4)^{12}$$

Donde:

- Q: es el caudal en (m³/s) y
- D: diámetro económico en (m)

En base a este diámetro económico estimado, se determina tres diámetros comerciales próximos al diámetro económico calculado, lo cual resulta en tres posibles alternativas para cada tramo de línea de impulsión.

Para estimar el valor de C1 para cada sub alternativa, se utilizará la siguiente expresión matemática:

$$C1 = P. U. \times L \dots (5)$$

Donde:

- L: longitud de la tubería (m)
- P.U.: precio unitario de instalación de tubería para cada diámetro según el tipo de terreno (S/. por metro lineal)
- C1: Costo en soles.

Seguidamente se estimarán los costos de Equipamiento "C2", para el cual se cuenta con la fórmula elaborado por la SUNASS:

$$C2 = 895.41 \times (\text{Potencia instalada})^{0.7852} \dots (5)^{13}$$

Donde la potencia instalada está en HP.

Al proceder y comparar los valores que arroja esta fórmula con cotizaciones al año 2016, la fórmula de la SUNASS está muy lejos del valor de los equipos de bombeo.

¹² Ecuación (4): Manual de Hidráulica de J.M. Azevedo Netto, Guillermo Acosta A. sexta edición 1975, página N° 257.

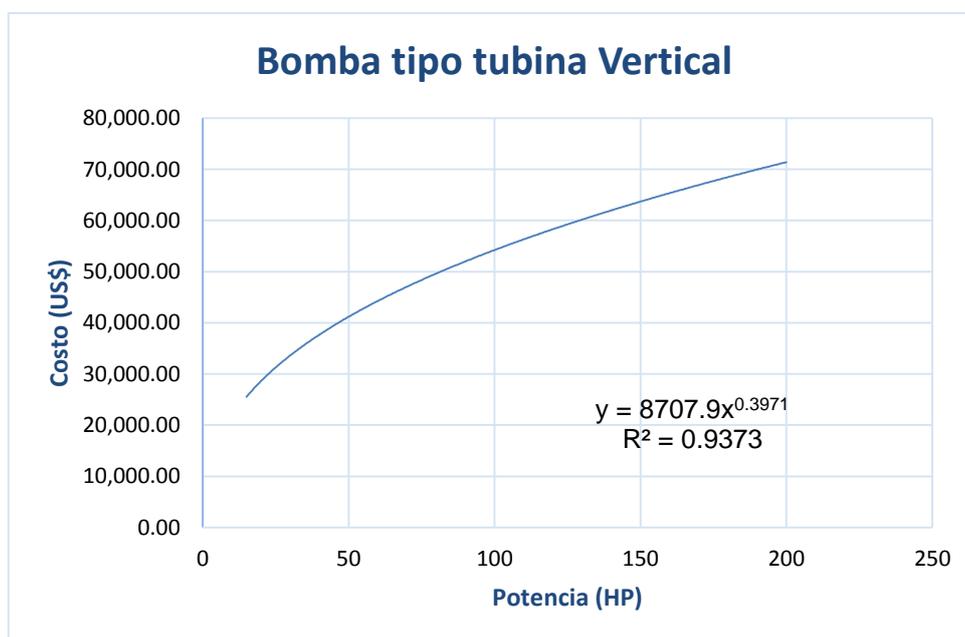
¹³ Ecuación 5: Estimación de Costos de Infraestructura Sanitaria – SUNASS -1999

Cuadro 75: Costos de equipos de bombeo cotizados año 2016

Cotización – Marzo 2016		Costos estimados (US\$)
Potencia	Costo directo	SUNASS -1999
HP	US\$	$y=895.41 X^{0.7852}$
15	28,503.13	7,507.39
25	29,211.40	11,212.03
40	36,645.76	16,216.59
75	42,392.36	26,565.63
100	50,447.31	33,298.29
125	66,289.94	39,674.89
150	70,016.81	45,781.37
200	70,187.22	57,383.98

Por lo tanto, con los costos cotizados se determina una fórmula actualizada que se acerque a los valores actuales de los costos de los equipos de bombeo, la determinación de la fórmula se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 12: Curva para la estimación de costo del equipo de bombeo



En el siguiente cuadro se compara la cotización, la fórmula de la SUNASS (1999) y la fórmula determinada.

Cuadro 76: Comparación de estimación de costos de equipos de bombeo

Cotización		Costos estimados (US\$)	
Potencia	Costo directo	SUNASS -1999	Hallado -2016
HP	US\$	$y=895.41 X^{0.7852}$	$y=8707.9 X^{0.3971}$
15	28,503.13	7,507.39	25,523.44
25	29,211.40	11,212.03	31,263.34
40	36,645.76	16,216.59	37,678.31
75	42,392.36	26,565.63	48,361.56
100	50,447.31	33,298.29	54,214.25
125	66,289.94	39,674.89	59,237.46
150	70,016.81	45,781.37	63,685.31
200	70,187.22	57,383.98	71,392.48

En el cuadro 9, podemos apreciar que la fórmula determinada, tiene mayor precisión en hallar los costos de los equipos de bombeo, por lo tanto, usaremos la siguiente expresión determinada en base a las cotizaciones, para hallar el costo del equipamiento en el análisis de costos de las alternativas.

$$C2 = 8707.9 (X)^{0.3971} \dots (6)$$

Donde:

X: Potencia instalada en (HP)

Como se aprecia en la ecuación 6, este costo depende de la potencia instalada del equipo de bombeo, por lo que se debe determinar esta potencia.

Sabemos que la potencia instalada depende de la potencia de la bomba y este a su vez de la altura dinámica y del caudal de bombeo como veremos a continuación:

$$Potencia\ instalada = Pb \times (1 + \Phi) \dots (6)$$

$$Pb = \frac{\gamma \times Hd \times Q}{N \times 76} \dots (6.1)$$

Donde:

- Pb: potencia de la Bomba en (HP)
- γ : Peso específico del líquido (Kg/m³).
- Hd: altura dinámica total (m).
- Q: caudal de bombeo (m³/s).
- N: eficiencia de la bomba.

- ϕ : constantes en función a la potencia de la bomba, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 77: Valores de ϕ ¹⁴

Pb (HP)	ϕ
2	0.50
2 a 5	0.30
5 a 10	0.20
10 a 20	0.15
>20	0.10

Es importante dejar en claro que el costo de equipamiento se calculará para el año 10 y para el año 20; ya que el reglamento nacional de edificaciones recomienda renovar los equipos de bombeo cada 10 años; por lo tanto tendremos dos etapas de inversión para el equipamiento.

El caudal de bombeo se determina en base al caudal de abastecimiento de cada sector, que se mostrará en la memoria de cálculo.

La altura dinámica estará representado por el desnivel geométrico entre los puntos de bombeo más las pérdidas de carga en la tubería y accesorios en la succión, árbol de descarga de la estación de bombeo, en la línea de impulsión y en el árbol de descarga del reservorio. Entonces la altura dinámica total y las pérdidas de carga se determinan con las siguientes expresiones:

$$Hd(m) = Hf(succión) + Hf(descarga) + Hg + Hf(tubería de Impulsión)...(7)$$

Donde:

Hg (m): altura geométrica (cota de descarga – Cota de nivel de agua en la succión).

En la succión, árbol de descarga de la estación de bombeo, árbol de descarga del reservorio y la tubería de impulsión van existir pérdidas por accesorios y pérdidas por tuberías, estas pérdidas se estimarán con las siguientes expresiones:

$$Hf(local) = (KV^2)/2g...(7.1)$$

$$Hf(tubería) = (10.64 \times L \times Q^{1.85}) / (C^{1.85} \times D^{4.87})...(7.2)$$

¹⁴ ϕ : Los valores son tomados del Manual de Hidráulica de Azevedo Netto y Guillermo Acosta, página 243. Sexta edición 1975.

Donde:

- H_f (local): pérdida de carga por accesorios en (m).
- H_f (tuberías): pérdida de carga en tuberías en (m), estimada con la fórmula de Hazen y Williams.
- K : Σ constantes en función a los accesorios
- V : velocidad de flujo (m/s)
- g : aceleración de la gravedad (9.81m/s^2)
- L : Longitud de la tubería (m).
- D : diámetro de la tubería (m).
- Q : caudal de bombeo (L/s)
- C : Constante de Hazen y Williams para cada material.

Con estas expresiones determinamos tanto la altura dinámica total como la potencia de la bomba y el costo del equipamiento. Este cálculo se hará para cada sub alternativa de acuerdo a los diámetros comerciales próximos seleccionados.

En los costos de operación y mantenimiento "C3", entran a tallar el consumo de energía por año y el costo de esta energía, más los costos de los operadores que harán también la función de guardianía ya que el sistema proyectado funcionará de forma automatizada.

Por lo tanto "C3" se estimará de la siguiente forma:

$$C3 = \text{Costo energía} + \text{Costo de cloración} + \text{costo de operadores...}(8)$$

Estos costos serán calculados anualmente y actualizados a valor presente.

El costo de energía se determinará de la siguiente forma:

$$\text{Costo de energía} = ((\text{potencia instalada})/(0.746)) \times H_b \times C.U. \times 365)...(9)$$

Donde:

- Costo de energía: en Soles por año
- Potencia instalada: HP
- H_b : Horas de bombeo
- C.U. costo unitario por Kw-hora.

El costo de cloración estará dado por:

$$\text{Costo de Cloración} = S \times Vol \times 365 * P.U....(10)$$

Donde:

- S: Dosificación de cloro (ppm)
- Vol: volumen bombeado de agua por día (m3).
- P.U.: Precio unitario por Kg de cloro.

Y el costo de los operadores está dado anualmente y en soles:

$$\text{Costo de operadores} = N \times 750 \times 365 \dots (11)$$

Donde:

- N: número de operadores por día (8 horas de trabajo)
- Salario mínimo vital actual: S/. 750

Una vez estimados los costos C1, C2 y C3 para cada año, estos serán sumados anualmente y llevados a valor presente con la siguiente expresión matemática:

$$\text{Costo en Valor presente} = (C1+C2+C3) / (1 + r)^n \dots (11.1)$$

Donde:

- C1, C2 y C3: son costos de inversión, operación y mantenimiento por año.
- r: Tasa nominal de descuento (9%)
- n: año al que corresponde tomado los valores del (1, 2, ..., 19 y 20)

3.2. ESTIMACIÓN DEL COSTO C4

Para estimar este costo de las líneas de conducción se realizará en base a un costo referencial que cuesta instalar un metro de tubería según el material y diámetro de acuerdo al tipo de terreno como sigue:

$$C4 = P.U. \times L \dots (12)$$

Donde:

P.U.: precio unitario de instalación ((S./)/m)

L: longitud de la tubería de Conducción:

3.3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Para seleccionar la alternativa más económica se ha definido primeramente los costos que son comunes para las alternativas y que su estimación no era necesario, ya que al momento de hacer la diferencia entre una y otra alternativa se eliminan; estos costos estaban representados por la variable "G". También se definieron otros costos que estaban representados por las constantes C1, C2, C3 y C4, los cuales corresponden a los costos de inversión de las líneas de impulsión, del equipamiento de las estaciones de bombeo, operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo y los costos de las líneas de conducción respectivamente.

Entonces los costos de las alternativas quedaban definidas según las ecuaciones 1, 2 y 3 como mostramos a continuación.

$$\text{Costo (Alternativa I)} = G + C1 + C2 + C3 + C4$$

$$\text{Costo (Alternativa II)} = G + C1 + C2 + C3$$

$$\text{Costo (Alternativa III)} = G + C1 + C2 + C3 + C4$$

En los siguientes puntos se muestra el resumen de costos de cada una de las alternativas. Para llegar a estos costos se ha realizado un predimensionamiento de los componentes en base a la demanda de agua potable de los sectores proyectados.

Los dimensionamientos y su estimación de costos forman parte de la memoria de cálculo que se adjunta al presente capítulo.

3.3.1. Costos de la alternativa I

En el siguiente cuadro se resumen los costos C1, C2 y C3, para esta alternativa.

Cuadro 78: Costos C1, C2 y C3 de la Alternativa I

Costo de la alternativa I: C1 + C2 + C3		
EBP-1 a R4	DN (mm)	Valor Actual (S/.)
Alternativa III	500	14,792,042.33
EBP-2 a R5		
Alternativa III	300	1,896,264.84
EBP-3 a RAP-1		
Alternativa II	150	714,194.48
EBE-4 a R2 y R2A		
Alternativa II	250	1,518,763.68
Total (S/.)		18,921,265.33

Los diámetros que figuran en el cuadro, corresponden a los diámetros finales que tendrán cada tramo de línea de impulsión proyectado.

Los costos de la línea de conducción o C4 se muestran a continuación.

Cuadro 79: Costo C4 de la Alternativa I

Tramo	Costo (S/.)
Línea de conducción del R4 al CDP-1, DN400mm, HD	199,655.25
Línea de conducción de la CDP-1 al R3, DN200mm, HD	2,009.29
Línea de conducción de la PTAP al R1, DN250mm, HD	197,449.68
Costo total C4 (S/.)	399,114.22

Por lo tanto el costo de la alternativa I es:

Costo Alternativa I = S/. 19'320,265.55

3.3.2. Costo de la Alternativa II

Al igual que la alternativa anterior en el cuadro siguiente se muestra los costos C1 + C2 + C3 de esta alternativa.

Cuadro 80: Costos C1, C2 y C3 de la Alternativa II

Costos de la alternativa II: C1 + C2 + C3		
EBP-1 a R4	DN (mm)	Valor Actual (S/.)
Alternativa II	400	10,328,616.47
EBP-2 a R5		
Alternativa III	300	1,896,264.84
EBP-3 a RAP-1		
Alternativa II	150	714,194.48
EBP-4 a R2 y R2A		
Alternativa II	350	2,543,943.83
EBP-5 a R3		
Alternativa II	300	2,900,994.40
Total (S/.)		18,384,014.02

Por lo tanto el costo de la alternativa es:

Costo Alternativa II = S/. 18'384,014.02

3.3.3. Costo de la Alternativa III

Los costos de esta alternativa se resumen en los siguientes cuadros tanto para los sistemas de bombeo como para la línea de conducción.

Cuadro 81: Costos C1, C2 y C3 de la Alternativa III

Costos de la alternativa III: C1 + C2 + C3		
EBP-1 a R4	DN (mm)	Valor Actual (S/.)
Alternativa III	450	10,346,706.53
EBP-2 a R5		
Alternativa III	300	1,896,264.84
EBP-3 a RAP-1		
Alternativa II	150	714,194.48
EBP-4 a R3		
Alternativa II	350	2,898,428.00
Total (S/.)		15,855,593.84

Cuadro 82: Costo C4 de la Alternativa III

Tramo	Costo (S/.)
Línea de conducción del R3 al R2, DN160mm, PVC	146,052.22
Costo total C4 (S/.)	146,052.22

Por lo tanto el costo total de la alternativa es:

$$\text{Costo Alternativa III} = \text{S/ } 16'001,646.06$$

Finalmente de la comparación entre las 3 alternativas, la alternativa III, es más económica con una diferencia de 3.31 millones y 2.38 millones de soles respecto a las alternativas I y II respectivamente.

Inclusive pudo haberse evitado la estimación de los costos de las líneas de conducción ya que estos no superan los montos del medio millón de soles.

Entonces como conclusión la alternativa que se desarrollará a nivel de expediente técnico en la presente tesis, será la alternativa III.

Todos cálculos realizados que se resumen en el presente capítulo se muestran en el Anexo 1: Análisis de costos de las alternativas

CAPÍTULO V: SISTEMA PROYECTADO DE AGUA POTABLE

1. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del presente capítulo, se tiene en cuenta la alternativa seleccionada en el capítulo IV, y otros estudios que se elaboraron previamente para el análisis de las alternativas de solución.

La alternativa que resultó más económica es la alternativa III, y los componentes proyectados de esta alternativa es la que vamos a dimensionar en el presente capítulo a nivel de estudio definitivo en lo concerniente a la especialidad de Ingeniería Sanitaria.

2. ESTUDIO BÁSICOS

Los estudios básicos para el desarrollo de cualquier proyecto de saneamiento son, cartografía, intervención social, topografía, mecánica de suelos, interferencias, tránsito, impacto ambiental, población y demanda.

Para el desarrollo de la tesis se utilizaron los estudios del perfil como son: topografía, estudio de mecánica de suelos y cartografía.

El estudio de intervención social que se utiliza en la presente tesis, es propiedad de SEDAPAR S.A. elaborado el año 2011.

La cartografía del perfil se completa con las 9 habilitaciones urbanas nuevas que forman parte de la ciudad de Mollendo.

La topografía corresponde a la zona del casco urbano de Mollendo, mas no existe topografía de los componentes como la capación, línea de conducción de agua cruda y tampoco se han realizado en la presente tesis ya que el costo es elevado.

Los estudios de población y demanda que son propios de la especialidad se desarrollaron en el Capítulo II de la presente tesis, y se utilizaran datos puntuales en este capítulo.

3. SISTEMA DE AGUA POTABLE PROYECTADO

3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

El objetivo específico de este ítem es definir los criterios de diseño básico para la elaboración del expediente técnico y se han determinado para la contribución real del servicio por el impacto que éste representa en los costos de inversión, operación y mantenimiento.

Los criterios de diseño que se presentan a continuación, se basan en la siguiente normativa:

Reglamento Nacional de Edificaciones.

Reglamento de SEDAPAL S.A.

3.1.1. Periodo óptimo de diseño

Es el tiempo en el cual el sistema proyectado prestará un servicio eficiente a la población. Este se ha determinado para cada componente del sistema los cuales resumimos en el siguiente cuadro.

Cuadro 83: Metas de la alternativa seleccionada

Unidades	POD para expansión sin déficit inicial (X)	POD para expansión con déficit inicial (Xop)	POD ¹⁵ de las estructuras
Sistema de agua potable			
Línea de Conducción	15.2	23.2	20.0
Línea de Impulsión	15.2	22.0	20.0
Redes de Agua	13.2	20.9	20.0
Reservorio	8.3	13.7	14.0

Fuente: Anexo 1- Calculo del sistema proyectado - POD

3.1.2. Población y cobertura

La cobertura al año base se determinó con la población servida entre la población total, a partir de la intervención del proyecto la cobertura para ambas ciudades se proyecta al 100%.

¹⁵ Periodo Óptimo de Diseño

Cuadro 84: Población y cobertura de agua potable - Matarani

AÑO		Población Total	Cobertura	Población servida
2014	Base	7984	59.77%	4772
2015	A	8364	59.77%	4999
2016	0	8762	59.77%	5237
2017	1	9178	100.00%	9178
2018	2	9615	100.00%	9615
2019	3	10072	100.00%	10072
2020	4	10551	100.00%	10551
2021	5	11053	100.00%	11053
2022	6	11579	100.00%	11579
2023	7	12129	100.00%	12129
2024	8	12706	100.00%	12706
2025	9	13310	100.00%	13310
2026	10	13943	100.00%	13943
2027	11	14607	100.00%	14607
2028	12	15301	100.00%	15301
2029	13	16029	100.00%	16029
2030	14	16791	100.00%	16791
2031	15	17590	100.00%	17590
2032	16	18426	100.00%	18426
2033	17	19303	100.00%	19303
2034	18	20221	100.00%	20221
2035	19	21183	100.00%	21183
2036	20	22190	100.00%	22190

Cuadro 85: Población y Cobertura de agua potable - Mollendo

Año		Población Total	Cobertura	Población servida
2014	Base	28762	82.39%	23698
2015	A	28950	82.39%	23855
2016	0	29138	82.39%	24008
2017	1	29329	100.00%	29329
2018	2	29517	100.00%	29517
2019	3	29705	100.00%	29705
2020	4	29893	100.00%	29893
2021	5	30081	100.00%	30081
2022	6	30272	100.00%	30272
2023	7	30460	100.00%	30460
2024	8	30648	100.00%	30648
2025	9	30836	100.00%	30836

Año		Población Total	Cobertura	Población servida
2026	10	31024	100.00%	31024
2027	11	31215	100.00%	31215
2028	12	31403	100.00%	31403
2029	13	31591	100.00%	31591
2030	14	31779	100.00%	31779
2031	15	31967	100.00%	31967
2032	16	32157	100.00%	32157
2033	17	32345	100.00%	32345
2034	18	32533	100.00%	32533
2035	19	32721	100.00%	32721
2036	20	32909	100.00%	32909

3.1.3. Demanda de agua potable

La demanda proyectada de agua potable del sistema se muestra en el Capítulo II y el Anexo 1: Calculo de demanda, el siguiente cuadro es un resumen de ese desarrollo.

Cuadro 86: Demanda del sistema de Agua potable Mollendo y Matarani

Año		Población Total	Cobertura (%)	Población Servida	Demanda de Agua	
					L/día	m3/año
2014	Base	36,746	77.48	28,470	10,666,664	3,893,332
2015	A	37,314	77.33	28,854	10,900,725	3,978,765
2016	0	37,900	77.16	29,245	11,053,772	4,034,627
2017	1	38,507	100.0	38,507	10,744,253	3,921,652
2018	2	39,132	100.0	39,132	10,905,889	3,980,649
2019	3	39,777	100.0	39,777	11,097,144	4,050,458
2020	4	40,444	100.0	40,444	11,298,649	4,124,007
2021	5	41,134	100.0	41,134	11,498,675	4,197,016
2022	6	41,851	100.0	41,851	11,708,906	4,273,751
2023	7	42,589	100.0	42,589	11,953,512	4,363,032
2024	8	43,354	100.0	43,354	12,141,987	4,431,825
2025	9	44,146	100.0	44,146	12,360,933	4,511,740
2026	10	44,967	100.0	44,967	12,582,706	4,592,688
2027	11	45,822	100.0	45,822	12,808,902	4,675,249
2028	12	46,704	100.0	46,704	13,040,934	4,759,941
2029	13	47,620	100.0	47,620	13,280,204	4,847,275
2030	14	48,570	100.0	48,570	13,549,680	4,945,633
2031	15	49,557	100.0	49,557	13,798,742	5,036,541
2032	16	50,583	100.0	50,583	14,058,867	5,131,486
2033	17	51,648	100.0	51,648	14,369,503	5,244,868

Año		Población Total	Cobertura (%)	Población Servida	Demanda de Agua	
					L/día	m3/año
2034	18	52,754	100.0	52,754	14,667,747	5,353,728
2035	19	53,904	100.0	53,904	14,945,421	5,455,079
2036	20	55,099	100.0	55,099	15,234,130	5,560,457

3.1.4. Caudales de diseño

Los caudales de diseño para el sistema de agua potable se han calculado en el estudio de Población y Demanda, teniendo en cuenta los parámetros recomendados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, considerando coeficientes de variación máximo diario y horario de 1.30 y 1.80 respectivamente, y para el caudal de bombeo se considera 18 horas de bombeo por día, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 87: Caudales totales de Diseño - Mollendo y Matarani

Año		Población Total	Población Servida	Caudales (L/s)			
				Qpm	Qmd K1=1.3	Qmh K2=1.8	Qb (18h)
2014	Base	36,746	28,470	123.45	160.49	222.21	213.98
2015	A	37,314	28,854	126.18	164.03	227.12	218.71
2016	0	37,900	29,245	127.95	166.34	230.31	221.78
2017	1	38,507	38,507	124.35	161.66	223.83	215.54
2018	2	39,132	39,132	126.21	164.07	227.18	218.76
2019	3	39,777	39,777	128.44	166.97	231.19	222.63
2020	4	40,444	40,444	130.77	170.00	235.39	226.67
2021	5	41,134	41,134	133.08	173.00	239.54	230.67
2022	6	41,851	41,851	135.52	176.18	243.94	234.90
2023	7	42,589	42,589	138.35	179.86	249.03	239.81
2024	8	43,354	43,354	140.54	182.70	252.97	243.60
2025	9	44,146	44,146	143.07	185.99	257.53	247.99
2026	10	44,967	44,967	145.64	189.33	262.15	252.44
2027	11	45,822	45,822	148.25	192.73	266.85	256.97
2028	12	46,704	46,704	150.94	196.22	271.69	261.63
2029	13	47,620	47,620	153.72	199.84	276.70	266.45
2030	14	48,570	48,570	156.84	203.89	282.31	271.86
2031	15	49,557	49,557	159.71	207.62	287.48	276.83
2032	16	50,583	50,583	162.72	211.54	292.90	282.05
2033	17	51,648	51,648	166.33	216.23	299.39	288.31
2034	18	52,754	52,754	169.77	220.70	305.59	294.27
2035	19	53,904	53,904	172.97	224.86	311.35	299.81
2036	20	55,099	55,099	176.33	229.23	317.39	305.64

3.2. CRITERIOS DE DISEÑO

3.2.1. Criterios para el dimensionamiento de reservorios

El cálculo del volumen de almacenamiento de reservorio será con la siguiente expresión:

$$\text{Vol. Reservorio} = \text{Vol. Regulación} + \text{Vol. C.I.}^{16} + \text{Vol. Reserva}$$

Donde:

Volumen de regulación = 25% de la demanda promedio anual llevado a m³/día

Vol. C.I. = 50m³ para zonas de vivienda (RNE¹⁷)

Vol. Reserva = 7 % de la demanda máxima diaria (SEDAPAL S.A.)

3.2.2. Criterio de dimensionamiento de redes

Caudales de diseño

Las redes secundarias de agua potable se diseñan para conducir el caudal máximo horario y se verifica su capacidad de conducción para un escenario con uso de un hidrante con 15lps en caso de incendio.

Diámetro mínimo

El diámetro mínimo será de 90 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial.

En casos excepcionales, debidamente fundamentados, podrá aceptarse tramos de tuberías de 50 mm de diámetro, con una longitud máxima de 100 m si son alimentados por un solo extremo ó de 200 m si son alimentados por los dos extremos, siempre que la tubería de alimentación sea de diámetro mayor y dichos tramos se localicen en los límites inferiores de las zonas de presión.

Fórmula para el cálculo hidráulico

La expresión que se utiliza para el cálculo es la fórmula de Hazen – Williams

¹⁶ Contra incendio

¹⁷ Reglamento Nacional de Edificaciones

$$Q = 0.2787 \times C \times D^{2.63} \times S^{0.54}$$

Donde:

- Q: Caudal (m³/s)
- C: coeficiente de Hazen y Williams (depende del material de la tubería)
- D: diámetro (m)
- S: pendiente (m/m)

Coeficientes de Fricción

Los coeficientes de fricción ("C" de Hazen y Williams) para el cálculo hidráulico, se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 88: Coeficientes de Fricción "C" de Hazen y Williams

Material	Valores de "C"	Observaciones
Fierro Fundido	100	
Asbesto Cemento	130	>20 años
Fierro Galvanizado	100	
PVC	150	
Fierro Fundido Dúctil	140	

Fuente: RNE

La determinación de las pérdidas locales se evaluará solo en caso de contar con un número elevado de accesorios o tener una velocidad muy alta en la red, conforme el programa de cálculo a utilizar, en este caso usaremos la expresión:

$$H_f = \frac{K \times V^2}{2g}$$

V = Velocidad en m/s

g= Aceleración de la gravedad en m/s²

K= Factor adimensional que depende del tipo de accesorio en la red (Ver cuadro)

Cuadro 89: Coeficientes de Fricción para perdidas locales

Descripción	K
Válvula de globo, totalmente abierta	10
Válvula angular, totalmente abierta	5
Válvula de compuerta, totalmente abierta	0.2
Codo de radio pequeño	0.9

Descripción	K
Codo de radio grande	0.8
Codo de 45 °	0.6
Curva de cierre de retorno	0.4
Te estándar con flujo	2.2
Te estándar con flujo por una rama	0.6
Ingreso rectangular	0.8
Salida	0.5

Fuente: 6ta edición del Manual de Hidráulica de Azevedo y Guillermo Acosta, Pag.211

Velocidad en el conducto

La velocidad máxima será de 3.00m/s, excepcionalmente se considerarán velocidades hasta 5.0m/s los cuales deben ser justificados (RNE, Normas OS.050)

Presión de servicio.

La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m. En caso de abastecimiento de agua por piletas, la presión mínima será 3,50 m a la salida de la pileta (RNE).

Pero en el sistema proyectado se busca tener presiones entre 10 y 30m, ya que en este rango las pérdidas en el sistema son menores.

Hidrantes

Los hidrantes serán ubicados de tal forma que la distancia entre dos de ellos no sea mayor a 300 m y se instaran en tuberías de DN 110 mm de diámetro a mayores y llevarán válvulas de interrupción (RNE).

Profundidad de instalación

Se ha considerado el enterramiento mínimo de 1.00 m encima de la clave del tubo.

Cuando se tenga que producir enterramientos más superficiales se recomienda la protección de la tubería en forma conveniente, para el tipo de suelo y tránsito que se produzca en la superficie, o se instalará un tubo de mayor resistencia al esfuerzo de aplastamiento.

Ubicación

En las calles de 20 m de ancho o menos, se proyectará una línea a un lado de la calzada y de ser posible en el lado de mayor altura, a menos que se justifique la instalación de 2 líneas paralelas.

En las calles y avenidas de más de 20 m de ancho se proyectará una línea a cada lado de la calzada.

La distancia mínima entre los planos verticales tangentes más próximos de una tubería de agua para consumo humano y una tubería de aguas residuales, instaladas paralelamente, será de 2 m, medido horizontalmente. La distancia entre el límite de propiedad y el plano vertical tangente más próximo al tubo no será menor de 0,80 m.

Ubicación de válvulas

La red de distribución estará provista de válvulas de interrupción que permitan aislar sectores de redes no mayores de 500 m de longitud.

Se proyectarán válvulas de interrupción en todas las derivaciones para ampliaciones.

Las válvulas deberán ubicarse, en principio, a 4 m de la esquina o su proyección entre los límites de la calzada y la vereda.

Las válvulas utilizadas tipo reductoras de presión, aire y otras, deberán ser instaladas en cámaras adecuadas, seguras y con elementos que permitan su fácil operación y mantenimiento.

3.2.3. Criterio de dimensionamiento de líneas de Impulsión

Las líneas de impulsión serán dimensionadas con el caudal de bombeo.

Deberán estar provistas de válvulas de aire y purga en los puntos más altos y más bajos respectivamente. En zonas planas o de poca pendiente se colocaran válvulas de aire una cada 1000m.

El diámetro se seleccionará, con el criterio de diámetro económico. La clase de la tubería se determinará con en base a la presión de trabajo.

3.2.4. Criterios de dimensionamiento de líneas de conducción

Estos componentes se dimensionarán con el caudal máximo diario.

Deberán estar provistas de válvulas de aire y purga en los puntos más altos y más bajos respectivamente. En zonas planas o de poca pendiente se colocaran válvulas de aire una cada 1000m.

El diámetro de la tubería se seleccionará en base a la velocidad como sigue:

- La velocidad no debe ser menor a 0.6m/s.
- La velocidad máxima para tuberías de PVC o Acero es de 5.0m/s.

La clase de tubería se seleccionará en base a la presión de trabajo del tramo.

3.2.5. Características técnicas de los componentes

Material de la tubería

En las redes de Distribución serán de Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) según NTP ISO 1452:2011. Los diámetros a instalarse no serán menores de DN90mm,

Las líneas de impulsión y conducción serán de Hierro dúctil según norma NTP ISO-2531:2001

Reservorios

En las instalaciones hidráulicas de los reservorios, los accesorios y tuberías serán de Acero SCH -40, deben cumplir la Norma AST-53.

Todas las válvulas son de Hierro Dúctil.

Todos los ingresos a reservorios llevan válvulas de altitud, para el control de ingreso de agua de forma automática.

Tanto el ingreso como la salida del reservorio llevan medidores electromagnéticos.

Estaciones de bombeo

En las instalaciones hidráulicas, los accesorios y tuberías serán de Acero SCH -40, deben cumplir la Norma AST-53.

Todas las válvulas son de Hierro Dúctil.

Para evitar el golpe de ariete proyecta la instalación de válvulas anticipadoras de onda.

El árbol de descarga está equipado con válvulas de aire, medidor de caudal y válvulas de cierre que permitirán la operación y mantenimiento de las instalaciones hidráulicas.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO

El sistema de agua potable proyectado para Mollendo, es la alternativa 3, la cual divide al sistema de distribución en 7 sectores de abastecimiento, donde 6 de ellos serán bastecido desde un reservorio y el sector 1 será abastecido desde la cisterna proyectada ubicada en la PTAP como sigue.

- El sector 1 se abastecerá desde la cisterna proyectada
- El sector 2, se abastecerá de los reservorio mejorados R2 y R2A
- El sector 3, se bastecerá del reservorio mejorado R3
- El sector 4, se bastecerá del reservorio mejorado R5
- El sector 5, se bastecerá del reservorio mejorado R6 y R6A
- El sector 6, se abastecerá del reservorio mejorado R-01
- El sector 7, será bastecido desde el reservorio proyectado RAP-01

También proyecta la instalación de 4 líneas de impulsión que van del EBP-1 al R3, del EBP¹⁸-2 al R5, del EBP-3 al RAP-1 y del EBP-4 al R2.

Instalación de una línea de conducción que va del R3 al R2 y R2A, además del mejoramiento de los reservorios R2, R2A, R3, R4, R5, R6 y R-01; la construcción de dos nuevos reservorios denominados RAP-1 de 200m³ y R6A de 400m³, construcción e implementación de 4 estaciones de bombeo (EBP-1, EBP-2, EBP-3 y EBP-4), la renovación completa de redes y conexiones dimidiarías de los sectores 1, 2 y 3; ampliación de redes e instalación de conexiones domiciliaras en los sectores de abastecimiento 4, 5, 6 y 7; el mejoramiento de las estaciones de bombeo EBE¹⁹-2 y EBE-7, la construcción de una cisterna en la PTAP de 1875m³, el mejoramiento de la cisterna existente de 500m³.

Cada uno de estos componentes se describe a continuación.

8.3.1. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para el sistema proyectado sigue siendo la misma; es decir, el agua se seguirá captando del canal de regadío Ensenada-Mejía-Mollendo,

¹⁸ Estación de bombeo proyectado

¹⁹ Estación de bombeo existente

el cual conduce un caudal de 1.00m³/s, del cual actualmente se tiene 200L/s destinados para el abastecimiento de Mollendo y Matarani.

Dado que la demanda proyectada del sistema de agua potable al año 2036 es de 229.26L/s, SEDAPAR S.A. debe prever la ampliación de los siguientes componentes: captación, línea de conducción de agua cruda y planta de tratamiento de agua potable para conducir y tratar 29.26L/s adicionales a los 200L/s que actualmente tiene como oferta.

Tomando en cuenta la antigüedad de la tubería de concreto reforzado que conduce agua cruda, SEDAPAR S.A debe realizar estudios para determinar el estado estructural de dicha tubería; y en base al resultado del estudio, decidirá su mejoramiento o remplazo. En caso de que el estudio concluya que se debe reemplazar, la línea debe ser dimensionada con un caudal de 130L/s o mayor a ella.

La tesis no contempla la ampliación de estos sistemas dado que actualmente tienen capacidad y además no se ha tenido acceso a información básica que permita poder diseñar estos componentes.

Por otro lado, la planta actual tiene problemas de calidad de agua con metales pesados, los cuales están por encima de los Límites Máximos Permisibles exigidos por la normativa actual de agua apta para consumo humano, como es el caso del arsénico, hierro, plomo y otros.

La razón del porque las plantas no producen agua de la calidad exigida actualmente, se debe a que ellas han sido diseñadas bajo una norma menos exigente, inclusive la planta nueva. Esta planta, concluyó su construcción a fines del 2011, y en febrero del mismo año, se modificó los límites máximos permisibles; donde por ejemplo, el arsénico en la norma anterior tenía como valor de LMP en el agua potable 0.1mg/L, en la nueva norma ha cambiado a un valor de LMP de 0.01mg/L, es decir 10 veces menos; por lo tanto, las plantas no pueden producir un agua con valores por debajo del límite máximo permisibles exigidos por la normativa actual para algunos metales.

En la presente tesis se plantean posibles alternativas de solución, los cuales requieren, primeramente ser investigadas y evaluadas económicamente para su implementación.

Las alternativas de solución que se proponen, tienen en común la capacidad de eliminar metales pesados y son las siguientes:

Alternativa 1: Implementación de una unidad de ósmosis inversa

El principio de la ósmosis inversa consiste en hacer pasar el agua a través de una membrada semipermeable de una zona de mayor concentración a otra de menor concentración aplicando una fuerza mayor a la presión osmótica.

En el mercado actualmente existe una serie de tecnologías y membranas, las cuales permiten una remoción de más del 90% de metales y sales disueltas.

Esta posibilidad de tratamiento se plantea aplicar para una parte del caudal que sale de los filtros y mezclarla con la otra parte que no pasa por esta unidad, para obtener un agua donde estos elementos contaminantes estén por debajo de los límites máximos permisibles. El caudal que se debe tratar por ósmosis inversa para obtener un agua para consumo humano, forma parte de la investigación que se debe realizar, antes de implementar esta alternativa de solución como una unidad más de la planta de tratamiento.

Alternativa 2: Adicionar arcilla al agua cruda

Se tiene como antecedente que en las épocas de avenidas, donde el agua tiene altura turbidez, no existe la presencia de estos elementos contaminantes; esto se debe a que por procesos fisicoquímicos principalmente y bacteriológicos se elimina la presencia de estos metales.

Entonces, tomando éste suceso como antecedente, se plantea que en las épocas donde el agua es clara, se adicione al agua arcilla antes de su tratamiento, dado que este material, debido a su estructura molecular, tiene la propiedad de adsorber metales pesados, y posteriormente serán eliminados en el proceso de floculación y decantación.

La cantidad de arcilla, tipo y calidad que se adicionará al agua, forma parte de la investigación que se debe realizar para, implementar esta alternativa de solución. Pero sería la más recomendable, dado que en las zonas cercanas a Mollendo, existe canteras de este material, que además, es de fácil acceso y económicamente barato.

Alternativa 3: Implementar una unidad de carbón activado

Esta alternativa de solución, también debe ser investigada, ya que, el carbón activado tiene propiedades de absorción, dentro de ella, el de retener al arsénico. Aquí, la solución sería hacer atravesar toda el agua que sale de los filtros, por esta unidad antes de desinfectarla y de su ingreso al sistema de distribución.

Para la aplicación de la alternativa, se debe investigar primeramente, que tipo de arsénico está presente en el agua (arsenito o arseniato).

8.3.2. Reservorios de almacenamiento

Los diseños estructurales, eléctricos y de automatización no forman parte de la especialidad, razón por la cual no se elaboran en el presente estudio, pero se nombran cuáles serán las intervenciones.

La alternativa de solución proyecta el cambio del árbol hidráulico de los reservorios R2, R2A, R3, R4 y R6, para lo cual es necesario la ampliación de las casetas de válvulas de cada uno de estos reservorios. Para los reservorios R5 y R-01, proyecta la construcción de cerco perimétrico y suministro eléctrico.

También la alternativa proyecta la construcción de dos nuevos reservorios denominados RAP-01 de 200m³ y R6A de 400m³.

De los reservorios proyectados en la presente tesis, se diseña el RAP-1 a nivel de estudio definitivo. De los reservorios a mejorar se elige para diseñar el mejoramiento del reservorio existente R4 ya que se tiene mayor detalle información.

RESERVORIO PROYECTADO RAP-1

El reservorio será de 200m³ y abastecerá al sector 7; se ubica en una cota de terreno 280msnm, encima de la Habilitación Nueva N°3, y tiene como coordenadas de ubicación en el sistema UTM²⁰ los siguientes datos:

X=818,076.31m Y=8'117,811.05m

Las tuberías de ingreso, de salida, de limpia y reboce serán de un diámetro de DN150mm. La tubería de ingreso se proyecta con un medidor de caudal electromagnético, con dos válvulas de altitud en paralelo para el control de ingreso

²⁰ Universal Transverse Mercator

de agua al reservorio; además cuenta con un by pass que une la tubería de ingreso con la línea de aducción.

Se proyectan dos válvulas de altitud para que en todo momento el control de llenado del reservorio sea automático, es decir, la segunda válvulas estará en reserva y cuando se malogre una de ellas, el ingreso de agua seguirá siendo regulada de forma automática, mientras la válvula averiada pueda ser reparada o reemplazada.

La tubería de aducción o salida del reservorio, está equipada con una válvula tipo compuerta, un medidor electromagnético y una válvulas de aire triple efecto.

La tubería de limpia lleva una válvula de compuerta, además de un transmisor de presión y manómetro de presión. Además, se proyectan la colocación estratégica de válvulas y juntas de desmontaje autoportante para facilitar los trabajos de mantenimiento.

Todos los accesorios y tuberías se proyectan de acero SCH40 PN10, y las válvulas serán de Hierro Dúctil PN10, y estos irán bridados.

Por lo tanto, el sistema hidráulico proyectado de este reservorio tiene todo los elementos necesarios para funcionar de forma automatizada.

Para más detalle del reservorio proyectado y ver todo lo descrito anterior mente, ver la memoria de cálculo y los planos que se adjunta en la presente tesis, en los Anexos 1 y 2 respectivamente.

RESERVORIO MEJORADO R4 (500m³)

El reservorio R4, se ubica en la habilitación urbana Alto A.P.V.I.S. Obreros Municipales, en la intersección de la Av. San Juna de Dios con la Vía Evitamiento; y tiene como coordenadas UTM de ubicación los siguientes datos: X: 8182254.395m Y: 8117141.332m

El reservorio R4 de 500m³, en el sistema proyectado va a funcionar como una unidad de paso; es decir no tiene área de abastecimiento de redes secundarias, más bien a partir de él se abastecerá la ciudad de Matarani por gravedad y el reservorio R5 por rebombeo.

La tubería de ingreso proyectada tiene un diámetro de DN400mm, está equipada con un medidor electromagnético, una válvula de aire DN80mm, y una válvula mariposa DN400mm, además de juntas de desmontaje autoportante. También tiene

un de by pass que conecta a la tubería de salida. Para el control de ingreso de agua al reservorio se proyecta una válvula de altitud, dado que no hay mucho espacio para colocar dos de ellas.

La tubería de salida que abastecerá a la ciudad de Matarani, tiene un diámetro DN350mm y está equipada con un medidor electromagnético, una válvula de aire triple efecto de DN80mm, una válvula mariposa DN350mm.

La tubería de limpia y reboce serán de DN350mm y la primera llevará una válvula mariposa de DN350mm.

Todos los accesorios y tuberías serán de acero SCH40 PN10 y las válvulas serán de Hierro Dúctil PN10. Todas las uniones serán bridadas.

Los cálculos y planos se adjuntan en los anexos 1 y 2 respectivamente.

8.3.3. Línea de conducción

La línea de conducción proyectada abastecerá al reservorio R2 y R2A, a partir del reservorio R3, por medio de una tubería de diámetro DN150mm de Hierro dúctil K9, tiene una longitud de 920.00m.

Esta tubería se instalará en la Av. Mariscal Castilla, hasta llegar al R2 y R2A, en su recorrido se instalarán una válvula de purga y una válvula de aire triple efecto ubicadas en las progresivas 0+387.46m 0+408.11m respectivamente.

Al final de la línea conducción, justo antes del ingreso, esta debe ser equipada con una válvula de doble función (de altitud y sostenedora de presión) para controlar y regular el caudal de conducción de la tubería que es de 25.88L/s y además controlar el ingreso de agua al reservorio R2.

Esta válvula sostenedora deberá, mantener una gradiente hidráulica aguas arriba de 127.31m, evitando de esta forma que la línea conduzca mayor caudal.

Los cálculos y los planos se pueden ver en los Anexos 1 y 2 respectivamente.

8.3.4. Líneas de impulsión

El sistema proyectado tiene como meta instalar 4 líneas de impulsión que van del EBP²¹-1 al R4, de EBP-2 al R5, del EBP-3 al RAP-1 y del EBP-4 al R3. De todas estas líneas de impulsión proyectada, se toma al tramo EBP-2 al R5, para dimensionarla como estudio de definitivo.

La línea de impulsión tramo EBP-2 al R5, nace en la estación de bombeo proyectada EBP-2 ubicada en el reservorio R4, el cual por rebombeo abastecerá al reservorio R5.

La construcción de esta línea de impulsión contempla la instalación de 252.73m de tubería de Hierro Dúctil de DN250mm clase K9, que se instalarán en la calle sin nombre en la urbanización Alto A.P.V.I.S. Obreros Municipales.

Su dimensionamiento y planos de muestran en los Anexo 1 y 2 respectivamente.

8.3.5. Estaciones de bombeo

El proyecto contempla la construcción de 4 estaciones de bombeo, EBP-1, EBP-2, EBP-3 y EBP4, de las cuales tomamos la estación de bombeo EBP-2 para dimensionarla ya que se cuenta con mayor información del reservorio R 4 a nivel de planos.

Esta estación de bombeo se ubica en el reservorio R4, y bombeará el agua hacia el reservorio R5 por medio de la línea de impulsión proyectada de DN250mm.

Sus instalaciones hidráulicas del árbol, como de la succión serán de un diámetro DN250mm, el cual se muestra en el cálculo de las instalaciones hidráulicas del R4, dado que forma parte del reservorio.

Tanto la succión como el árbol hidráulico se proyectan instalar válvulas de cierre tipo mariposa; además el árbol está equipado con manómetros, válvulas aire, válvula de retención check, y un medidor electromagnético.

Para control de golpe de ariete se proyecta la instalación de dos válvulas anticipadoras de onda en paralelo, con la finalidad que en todo momento el sistema esté protegido contra este fenómeno, y si uno falla, durante su reparo o cambio de una nueva la otra seguirá operando.

²¹ Estación de bombeo proyectada

Todos las instalaciones hidráulicas se proyecta de acero SCH40, PN25, y las válvulas serán de Hierro Dúctil PN25, e irán todos bridados.

Los equipos de bombeo a instalarse son dos los cuales trabajarán alternadamente y son de tipo turbina vertical, los cuales irán instalados en barriles, y deben cumplir las siguientes características:

- Caudal de bombeo 45.17L/s.
- Altura dinámica total: 55.73m
- NPSHd²²: 11.10m

Se menciona el NPSHd, dado que se han solicitado cotizaciones a las empresas proveedoras y no se ha tenido respuesta alguna.

Mayor detalle se puede apreciar los cálculos y planos en los Anexos 1 y 2 respectivamente.

La alternativa de solución que estamos desarrollando contempla además de las estaciones proyectadas, el mejoramiento de las Estaciones de bombeo existentes EBE-2 y EBE-7. Para la estación de bombeo EBE-2, la intervención consiste en cambio de las instalaciones hidráulicas y renovación de los equipos de bombeo. Para el EBE-7, como estos se instalaron recientemente, la intervención consiste en adecuación del sistema existente e instalación de elementos que le permitan funcionar de forma automática. Estas dos solo se mencionan como metas de la alternativa.

8.3.6. Redes de agua potable

Es sistema proyectado divide a la redes existentes y proyectadas en 7 sectores de abastecimiento, en las cuales tanto en el sector 1, 2, y 3 se proyecta la renovación de las redes y conexiones domiciliarias, en los sectores 4, 5, 6, y 7 proyecta la ampliación de redes y conexiones, en el caso del sector 7, es instalación de redes y conexiones ya que en este sector no existen redes de agua potable.

De todos estos sectores se elige el sector 2, para diseñarlo a nivel de estudio definitivo, dado que en este sector hay una alta concentración de la población, y se tiene variaciones de topografía importantes.

Sector de abastecimiento 2:

²² Altura de succión Positiva

Como se mencionó anteriormente, en este sector se proyecta la renovación de todas las redes, dado que en su gran mayoría son de hierro fundido y el resto de asbesto cemento que tiene una antigüedad aproximadamente de más de 56 años.

El sector de abastecimiento comprende las habilitaciones urbanas Las Tres Cruces, Miramar y parte de las urbanizaciones Mollendo cercado, P.J. Alto Las Cruces, C.P. Inclán y Miramar II etapa.

Las redes proyectadas en este sector se dividen en dos zonas de presión, para las cuales se instalarán dos cámaras reductoras de presión en diferentes puntos, por la variación geomorfológica del relieve. En el sistema proyectado se ha buscado que las redes trabajen en un rango de presiones entre 10 y 35mH₂O, dado que en este intervalo se producen menos pérdidas en el sistema.

Bajo esa premisa se ha visto que es inevitable que en algunos tramos de la red, específicamente en 12 nudos que representan el 6% del total van a tener presiones mayores a 35mH₂O y menores a 44.3mH₂O, dado que son tramos inevitables por el abrupto cambio de la topografía que tienen por presencia de las quebradas. El resto de los nudos trabajan en el rango establecido.

Las redes proyectas serán de PVC-U no plastificado, de clase 7.5 para tuberías menos de DN160mm y para tuberías mayores o iguales a DN160mm serán de clase PN10.

Las tuberías existentes de PVC que suman 329.88m lineales todas son de DN110mm, que fueron instalados en reparación de redes se mantienen, es decir no forman para el sistema proyectado.

En los siguientes cuadros se muestra el metrado que se tiene proyectado instalar en este sector:

Cuadro 90: Metrado de redes proyectadas – Sector 2

Diámetro	metrado	unidad	Clase
DN90	4975.2	m	PN7.5
DN110	9849.19	m	PN7.5
DN160	572.99	m	PN10
DN200	737.88	m	PN10
DN250	442.83	m	PN10
Tota	16578.09	m	

Se instalarán dos válvulas reductoras de presión, de las cuales una es de DN150mm y la otra es de DN100mm e irán cámaras de fácil acceso. La CRP²³ de DN150mm se instalará en la intersección de la Calle Huamchuco y la Av. Mariscal Castilla en la urbanización Mollendo Cercado, la CRP DN100mm se instalará en intersección de la Calle Callao con la Calle 31 (o Calle Libertad) en la habilitación urbana C.P. Inclán.

Se proyecta la instalación de 20 grifos contra incendio DN100mm tipo seco PN10, los cuales se instalarán con válvulas de interrupción para aislarlas en trabajos de mantenimiento.

Cuadro 91: Metrado válvulas de cierre proyectadas – Sector 2

Descripción	Cantidad
Suministro e instalación, incluye de válvula tipo compuerta DN80mm PN10, en tubería de DN90mm	18
Suministro e instalación incluye de válvula tipo compuerta DN100mm PN10, en tubería de DN110mm	69
Suministro e instalación incluye de válvula tipo compuerta DN150mm PN10 en tubería de DN160mm	2
Suministro e instalación incluye de válvula tipo compuerta DN200mm PN10, en tubería de DN200mm	1
Total	90

En cuanto a la conexión, se proyecta renovar 1615 conexiones de 1642 existentes, dado que 27 conexiones están en tuberías existentes que son de PVC, y se proyecta instalar 23 conexiones nuevas. Todas ellas serán de clase PN10, de los mismos diámetros existente, las conexiones nuevas serán de diámetro 15mm (1/2").

Los cálculos y planos de redes pueden verse en los Anexos 1 y 2 respetivamente. Es importante mencionar que por temas de presentación de la tesis, en la memoria de cálculo y planos se presenta solamente el diseño de las redes matrices, el diseño del total de las redes se incluirán en el archivo digital de la tesis por un tema de volumen de la tesis.

²³ Cámara reductora de presión

CONCLUSIONES

- Se ha demostrado que el sistema de abastecimiento existente de la ciudad de Mollendo, presenta una serie de deficiencias en los parámetros de calidad, cantidad, continuidad, cobertura, porcentaje de pérdidas, que a la fecha no son atendidas. Por lo tanto, es necesario realizar trabajos de sectorización, ampliación y renovación de redes y conexiones domiciliarias, construcción de nuevos reservorios, construcción de líneas de impulsión y conducción para mejorar la calidad del servicio.
- La micromedición en el sistema existente es mayor a 85% lo cual debería rebelar una disminución en el porcentaje de pérdida, pero las pérdidas están alrededor 42.73% y esto varia, ya que hay años que estas pérdidas alcanzan valores por encima del 50%, lo cual revela que el estado de las tuberías no es la más óptima.
- Las estaciones de bombeo a excepción del EBE-7 ubicado en el reservorio R6, todas deben ser cambiadas en su totalidad por el deterioro que presentan y deben ser mejorados para trabajar de forma automática.
- Los reservorios en su mayoría están en buen estado de conservación estructuralmente. Pero todas las casetas y las instalaciones hidráulicas a excepción del R-01, presentan problemas de corrosión y no están acondicionadas para trabajar de forma automática; por lo tanto, requieren ser renovadas y adecuadas para su automatización.
- Las líneas de conducción de concreto reforzado que abastece al reservorio R1, por su antigüedad y deterioro necesita ser reemplazada, además de que estas no tienen capacidad para conducir un caudal mayor a 130L/s, lo cual actualmente representan un cuello de botella para ampliar la producción de la planta.
- Las líneas de impulsión que van del R1 al R2 y R2A, del R1 al R3; tiene más de 56 años de antigüedad, es de fierro fundido y están muy deteriorada por la corrosión y requieren ser cambiadas.

- Es necesario el cambio completo de las tuberías de aducción de los reservorios R1, R2 –R2A, R3, R4, R5 y R6 ya que no se tienen registrados al 100% con precisión su ubicación en campo. Y algunos que son de hierro fundido, que por su antigüedad y la mala calidad del agua deben estar en mal estado de conservación.
- Las redes de distribución que pertenecen a los sectores de abastecimiento de los reservorios R1, R2 –R2A, R3 deben ser renovadas en su totalidad, ya que estas presentan más de 56 años de antigüedad. Por el estado en que se encuentran las tuberías de fierro fundido ameritan su intervención como prioridad.
- SEDAPAR S.A. no tiene un catastro técnico actualizado; por lo tanto, existen conexiones entre los sectores existentes que no se tienen registrados, esto viene generando que las viviendas ubicadas en las partes bajas tengan mayor horas de continuidad que las viviendas ubicadas en las partes altas.
- Se ha mostrado que la planta antigua amerita un cambio de lecho filtrante y que las tuberías del sistema de lavado de filtros deben renovarse ya que están muy deterioradas.
- Sobre la planta nueva, se ha mostrado que la operación es deficiente y ha llevado a que el lecho filtrante tenga bolsas de lodo. Además, de que el material filtrante no es el adecuado, éste se pierde en el lavado del filtro. Por otro lado, se ha visto que los operadores no tienen conocimiento de la operación de este tipo de plantas, dado que vienen operándola con un caudal menor al mínimo con el que debe funcionar, la planta no tiene implantado la tasa declinante y el agua viene rebozando constantemente por el canal de control de ingreso de agua a los filtros. La mala operación disminuye la calidad del agua tratada.
- Así mismo, las plantas actualmente están produciendo un agua con contenidos de metales como el arsénico, plomo, hierro y aluminio por encima de los límites máximos permisibles establecidos en la norma actual, y esto se debe a que estas plantas han sido diseñadas para una norma menos exigente, y con la modificación de los Límites máximos permisibles en la Norma de Calidad de Agua promulgada en febrero del 2011, pues

estas plantas no cumplen con dicha norma; por tal motivo, urge la necesidad de implementar unidades adicionales para corregir este problema actual.

- En Mollendo existen 9 habilitaciones nuevas respecto al estudio de Perfil de código SNIP 113240, que en algunas de ellas la municipalidad y el gobierno regional han instalado redes de agua potable y poco a poco se van integrando al sistema de abastecimiento existente, pero en la mayoría de estas, se necesita la instalación de redes y conexiones domiciliarias.
- El estudio de población y demanda se ha estimado para la ciudad de Matarani como un total y para la ciudad de Mollendo se ha estimado por sectores de abastecimiento. Estos sectores de abastecimiento proyectado son 7 e incluyen a las 9 habilitaciones nuevas.
- El estudio de perfil, al no tener incorporado las obras ejecutadas por el Gobierno Regional de Arequipa y a las 9 habilitaciones nuevas, su planteamiento para el desarrollo de la tesis no se ha tomado en cuenta, porque la configuración de la ciudad ha cambiado. Por lo tanto, en la tesis se desarrolla tres nuevas alternativas de solución, para lo cual primeramente se ha sectorizado el sistema existente y en base a ello se plantea las alternativas de solución.
- Para determinar la alternativa de solución se desarrolla un análisis técnico – económico y se determina la más económica entre ellas; de las cuales la que resultó la más económica, es la alternativa III; por lo tanto, esta alternativa es la que se ha dimensionado a nivel de estudio definitivo.
- En la tesis solo se diseña un componente de cada tipo de infraestructura que comprende el sistema de distribución, por ejemplo, de las 4 estaciones de bombeo proyectadas, se ha elegido la estación de bombeo EBP-2 el cual se muestra sus cálculos y planos, para el resto sería repetir los mismo procedimientos y la tesis sería muy voluminoso ya que se trata de una ciudad relativamente grande. Esta misma metodología, se ha seguido para los reservorios, líneas de impulsión y demás componentes.
- El sistema proyectado en la tesis, resuelve los problemas de cobertura, cantidad, continuidad, reducción de pérdidas del sistema de agua potable de Mollendo, más no el tema de calidad del agua potable. Debido a que la

tesis no interviene en el sistema de tratamiento por la falta de información, además de que se requiere mayor inversión y trabajos de investigación para mejorar este parámetro. Pero, en la tesis se plantea alternativas de solución que pueden incorporarse como una unidad más en la planta de tratamiento para mejorar la calidad de agua y así, cumplir con las exigencias de la norma actual de agua apta para consumo humano. Estas alternativas de solución sugeridas deben primeramente ser investigadas y evaluadas económicamente antes de su incorporación al sistema de tratamiento.

- En cálculo de la demanda se puede ver que para el periodo óptimo de diseño estimado al 2036, se requiere 229.23L/s, pero la planta tiene una oferta actual de 200L/s, quedando por cubrir 29.23L/s, para ello en la tesis se sugiere para el año 2029 ampliar los componentes de captación, conducción de agua cruda y planta de tratamiento en 29.23L/s y de esta forma cubrir la demanda.
- En el sistema de distribución proyectado para la ciudad de Mollendo está compuesto por: 7 sectores de abastecimiento; 9 reservorios apoyados, 6 líneas de impulsión, una línea de conducción, 6 estaciones de bombeo, una cisterna de almacenamiento de agua tratada ubicada en la planta, redes y conexiones domiciliarias.
- El sistema proyectado contempla la construcción de: una cisterna de 1875m³, dos reservorios apoyados de 200 y 400m³; cuatro estaciones de bombeo equipadas con bombas tipo turbina vertical; una línea de conducción de PVC de diámetro DN160mm, 4 líneas de impulsión de Hierro Dúctil de diámetros DN450mm, DN350mm, DN250mm y DN150mm; renovación de redes y conexiones domiciliarias en los sectores 1, 2, y 3; ampliación de redes e instalación de conexiones en los sectores 4, 5, 6 y 7.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar muestras de la tubería de concreto reforzado de la línea de conducción de agua cruda, para tener conocimiento de su estado estructural, de esta forma programar con anticipación los trabajos necesarios para mantener la oferta actual, debido a que éste componente tiene más de 56 años de antigüedad y actualmente no saber su estado de

conservación, representa una incertidumbre ya que no sabe cuándo puede fallar, y dejar al sistema de producción de agua con 100L/s de capacidad.

- La planta de tratamiento nueva viene operando deficientemente; por lo tanto, antes de implementar una unidad nueva para mejorar la calidad de agua, se debe primeramente cambiar el lecho filtrante de los filtros, se debe operar esta planta con un caudal mínimo de 50L/s, para tener una mezcla eficiente, además de ajustar la concentración óptimo y la dosis óptima del coagulante, de esta forma con una dosificación y mezcla eficiente, se pueden obtener gradientes óptimas donde los flóculos serán más densos y se podría precipitar eficientemente los metales como el arsénico, fierro, plomo, por debajo de los límites máximos permisibles, sin tener que adicionar una unidad más de tratamiento. Esto se recomienda dado que las concentraciones de los metales que están por encima de los límites máximo permisibles no son muy altos y que la planta viene trabajando deficientemente.
- Para no ampliar el sistema de producción de agua potable, se recomienda a la EPS SEDAPAR S.A. aumentar el porcentaje de micromedición como mínimo hasta el 95% en casa sector de abastecimiento, y dentro de cada sector se deben crear zonas de presión que trabajen con presiones mínimas y máximas de 10 y 30 metros de columna de agua (mH₂O), con esto las pérdidas estarán entre 10 y 15 % y el caudal demandado al año 2036 que es de 229.29L/s, será de 189L/s, aumentado de esta forma oferta del sistema de tratamiento para varios años más.
- Se recomienda la automatización de las obras generales para disminuir los costos de operación.
- Se recomienda elaborar un catastro técnico actualizado de las redes existentes. Trabajar de manera conjunta y coordinada tanto con la municipalidad de Mollendo y el Gobierno central de Arequipa, para supervisar las obras que estos ejecutan y así asegurar un buen proceso constructivo.
- Es necesario proveer a los operadores de la planta de tratamiento el manual de operación y mantenimiento de la planta de filtración rápida, la cual se

encuentra en la sede central de SEDAPAR S.A. en la ciudad de Arequipa. Además, es fundamental capacitar al personal que opera la PTAP en base a la tecnología que se tiene instalada, para que puedan operar estas unidades eficientemente.

- Según la evaluación estructural de la línea de conducción de agua cruda, se debe evaluar colocar en el interior de ella una manga de polietileno, de esta forma se alarga su vida útil y se incrementaría su capacidad de conducción a 120L/s aproximadamente.
- En caso no se mejore la calidad de agua operando eficientemente la planta de tratamiento, se deben investigar las soluciones propuestas, así como también de deben evaluar los costos y las facilidades de operación y mantenimiento de estas unidades complementarias antes de decidir su implementación. Para el caso de las membranas existen en el mercado membranas de distintas calidades y con altas eficiencias, lo mismo que los carbones activados modificados con alguna resina anicónica que le dan mejor eficiencia para la adsorción de metales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manual de Hidráulica de J.M. Azevedo Netto, Guillermo Acosta A, Sexta Edición 1975.
- Abastecimiento de Agua – Teoría y diseño, de Simón Arocha R. Edición Vega S.R.L.
- PMO optimizado de SEDAPAR S.A 2007-2036
- PMO optimizado de SEDAPAR S.A 2012-2041
- Indicadores de gestión SEDAPAR S.A. 2014
- Estudio Tarifario 2014 – SEDAPAR S.A. – Cuadro N°8, pág.17
- Reglamento Nacional de Edificaciones: Normas OS030, OS04, OS05 y OS100
- Reglamento técnicos de proyectos de SEDAPAL año 2010.
- Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (DS N°031-2010-SA.) – Dirección General de Salud Ambiental / Ministerio de Salud – Lima Perú 2011.
- Estimación de Costos de Infraestructura Sanitaria – SUNASS-1999
- INEI: Censos 1972, 1981, 1993 y 2007
- OMS (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>)
- www.Saludarequipa.gob.pe/redisplay/estadistica/ASIS_2016.PDF