



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU DISTRIBUCIÓN EN LA UNIVERSIDAD DE PIURA

Alessandra María Caminati Briceño, Rocío
Catherine Caqui Febre

Piura, abril de 2013

Universidad de Piura

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Caminati, A. y Caqui, R. (2013). *Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura*. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



“Análisis y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura”

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas

Alessandra María Caminati Briceño
Rocío Catherine Caqui Febre

Asesor: Dr. Dante Guerrero Chanduví

Piura, abril 2013

*Deseamos agradecer a Dios;
A nuestros padres Nicander y Elvira, Lucho y Mariella; y;
A nuestras hermanas, Roxana, y Mariella, Gisella, Giuliana, Luciana y Francesca,
por su incondicional apoyo brindado durante el desarrollo de la carrera y esta tesis.*

PRÓLOGO

El principal motivo de realizar el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la Universidad de Piura fue, en un principio, proponer a ésta un sistema de tratamiento de agua que le genere **grandes ahorros** e independizarse del servicio actual de los proveedores.

A medida que se desarrollaba el proyecto se pudieron obtener una mayor cantidad de razones que justificaban nuestra idea de cambiar el servicio actual. Ya no solo consistía en un tema de encontrar una propuesta que permita un ahorro, sino también en un tema de **mejorar el servicio actual**, pues existía una gran molestia por parte de los usuarios debido al desabastecimiento de bidones de agua que existe actualmente. Esto último lo pudimos conocer gracias al estudio de mercado realizado durante el proyecto.

De igual manera, en una de las entrevistas con uno de los interesados en el proyecto, se pudo determinar que actualmente el personal encargado de la distribución de los bidones sufre dolores de espalda debido al peso que debe cargar a diario. Sumándose así una razón más para justificar ya no solo la posible mejora del actual servicio, sino la **necesidad de cambiarlo**.

Por último, los resultados de los ensayos físico-químicos que se realizó al agua en bidón de los proveedores que actualmente abastecen a la universidad, nos permitieron comprobar nuevamente que no se está brindando un buen servicio de abastecimiento de agua de mesa en la universidad. Esto debido a que los resultados fueron alarmantes, pues los parámetros de calidad sobrepasan los límites permisibles establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) para agua de consumo humano, clasificándola así como no apta para ello. Por lo que esto podría traer graves consecuencias, pues no se está cuidando la **salud del personal** de la Universidad de Piura.

Frente a todos estos problemas, es claro que el servicio actual de agua de mesa en la Universidad de Piura es un tema crítico que necesita un cambio inmediato. El poder ayudar a la universidad a encontrar la mejor alternativa para solucionar estos problemas se convirtió en la mayor motivación para el desarrollo de esta tesis, considerando además todos los beneficios que traerían consigo el implementar una de las propuestas desarrolladas en el presente trabajo.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es diseñar dos alternativas de abastecimiento de agua para consumo humano en la Universidad de Piura y realizar una evaluación comparativa para la selección de la más conveniente para la universidad.

La primera, consiste en la construcción de una planta de tratamiento para purificar el agua del pozo y distribuirla mediante bidones. Los beneficiarios de este servicio serían todo el personal de la universidad. El análisis de los indicadores económicos básicos de esta propuesta, dan como resultado un VAN para un periodo de 10 años de S/. 364,627.

La segunda también contempla la construcción de una planta de tratamiento, pero la distribución del agua sería mediante bebederos, siendo los beneficiarios toda la población universitaria. A diferencia de la otra propuesta la inversión es mayor, pero los gastos operativos son notablemente menores resultando un VAN de 10 años de S/. 213,440, el cual es menor a la propuesta anterior.

Por otro lado, se evalúan también criterios cualitativos como abastecimiento continuo, beneficio comunitario, salud del personal, entre otros. Siendo la propuesta más conveniente la de bebederos.

Vº Bº 

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Marco teórico	5
1.1. Calidad del agua	5
1.1.1. Verificación de la calidad del agua	6
.1 Calidad microbiológica del agua	6
.2 Calidad química del agua	7
1.1.2. Principales indicadores de la calidad del agua	7
.1 Indicadores físicos	7
.2 Indicadores químicos	10
.3 Indicadores microbiológicos	12
1.2. Sistemas de purificación	18
1.2.1. Deposición de materia suspendida	18
.1 Filtración por pantallas	19
.2 Filtración por lecho profundo	19
.3 Prefiltros	20
.4 Filtros a presión	20
.5 Filtros lentos de arena	20
.6 Filtración de flujo cruzado	20
.7 Filtración de cartucho	22
1.2.2. Tratamiento químico de coloides	22
.1 Clarificación o coagulación química	22
.2 Desionizar y ablandar	23
.3 Desinfección	23
1.2.3. Purificación Biológica del Agua	26
1.3. Plantas de tratamiento	27
1.3.1. Pretratamiento	27
1.3.2. Tratamiento primario o tratamiento físico-químico	27
1.3.3. Tratamiento secundario o tratamiento biológico	27
1.3.4. Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico	27
1.3.5. Desinfección	28
1.4. Bebederos	28
1.4.1. Definición	28

1.4.2.	Características Técnicas	28
.1	Materiales	28
.2	Componentes	29
.3	Sistema de Purificación	29
1.4.3.	Ejemplos	29
Capítulo 2. Marco legal		31
2.1.	Guías para la calidad del agua potable	32
2.1.1.	Las Guías: un marco para la seguridad del agua de consumo	32
2.1.2.	Aplicación de las Guías en circunstancias concretas	33
.1	Grandes edificios	33
.2	Agua envasada	33
2.2.	Normas en el Perú	35
2.2.1.	Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DIGESA	36
.1	Entidades encargadas de este reglamento	36
.2	Vigilancia Sanitaria	37
.3	Control de Calidad	37
.4	Supervisión de Calidad	37
.5	Fiscalización Sanitaria	37
2.2.2.	Aprobación, Registro y Autorización Sanitaria	38
2.2.3.	Abastecimiento de Agua, Proveedor y Consumidor	38
.1	Sistema de Abastecimiento de Agua	38
.2	Del Proveedor del Agua para Consumo Humano	39
.3	Del Consumidor	40
2.2.4.	Medidas de Seguridad y Sanciones	41
Capítulo 3. Antecedentes – Universidad de Piura		43
3.1.	Abastecimiento y demanda interna	43
3.2.	Información histórica de la calidad del agua de la Universidad de Piura	43
3.3.	Informe técnico de la calidad del agua de mesa de la Universidad de Piura	45
3.4.	Políticas y procedimientos de la organización	46
Capítulo 4. Producto		49
4.1.	Definición	49
4.1.1.	Agua en bidones	49
4.1.2.	Bebedores	50
4.2.	Estudio de mercado	51
4.2.1.	Antecedentes	51
4.2.2.	Oportunidad	51
4.2.3.	Metodología del Estudio de Mercado	52
.1	Objetivo general	52
.2	Objetivos específicos	52
.3	Diseño del estudio	52
.4	Datos Generales	53
4.2.4.	Principales Resultados	53
4.2.5.	Resultados	54
.1	Consumo y preferencias sobre el servicio actual	55
.2	Prueba de concepto	58
.3	Método de distribución preferido	60
.4	Sobre bebederos	62
4.2.6.	Observaciones del Encuestador	66

Capítulo 5.	Caracterización del agua	67
5.1.	Ensayos de laboratorio de la fuente	67
5.2.	Características y calidad del agua del pozo (agua fuente)	68
5.2.1.	Calidad físico – química del agua	68
5.2.2.	Calidad microbiológica	68
5.2.3.	Conclusiones	68
5.3.	Ensayos de laboratorio de las marcas preferidas	69
5.4.	Características y calidad del agua de las marcas preferidas	70
5.4.1.	Calidad físico – química	70
5.4.2.	Calidad microbiológica	70
5.4.3.	Conclusiones	70
Capítulo 6.	Gestión del proyecto	71
6.1.	Documentos de gestión del proyecto	71
6.1.1.	Acta de constitución	72
6.1.2.	Enunciado del alcance	72
6.1.3.	Plan general del proyecto	72
6.1.4.	Plan para la dirección del proyecto	73
6.1.5.	Informe de cierre	74
6.2.	Solicitud de cambio	80
Capítulo 7.	Planta de tratamiento de agua y sistema de distribución por medio de bidones	83
7.1.	Estudio de viabilidad	83
7.1.1.	Viabilidad técnica	83
7.1.1.1.	Mecanismos para la purificación del agua	85
7.1.1.2.	Potencia de la bomba sumergible del pozo	86
7.1.2.	Viabilidad ambiental	86
7.1.2.1.	Elaboración de la matriz de Leopold	87
7.1.2.2.	Análisis del impacto ambiental de una planta de tratamiento de agua potable - PTAP UDEP	87
7.1.2.3.	Declaración de impactos negativos y medidas de mitigación o prevención	90
7.1.3.	Viabilidad legal	91
7.1.4.	Viabilidad financiera	92
7.2.	Diseño del sistema de tratamiento	92
7.2.1.	Descripción del sistema de tratamiento	92
7.2.1.1.	Sistema de pre-tratamiento	92
7.2.1.2.	Sistema de tratamiento de agua	93
7.2.1.3.	Sistema de post-tratamiento del agua	94
7.2.2.	Capacidad de la planta de tratamiento	95
7.2.2.1.	Consumidores regulares	95
7.2.2.2.	Consumidores irregulares	96
7.2.2.3.	Cálculo de la capacidad	96
7.3.	Procedimientos de la planta de tratamiento de agua	97
7.3.1.	Descripción del proceso	97
7.3.1.1.	Responsables	97
7.3.1.2.	Descripción	98
7.3.2.	Mano de obra	100
7.4.	Ubicación	101
7.4.1.	Elección de las alternativas de ubicación	101
7.4.2.	Evaluación de las alternativas de ubicación	104
7.4.2.1.	Matriz de enfrentamiento	105
7.4.2.2.	Tabla de ranking de factores	105
7.4.2.3.	Conclusión	105

7.5.	Distribución en planta	105
7.5.1.	Análisis producto-cantidad	106
7.5.2.	Proceso productivo	107
7.5.3.	Relaciones entre las áreas funcionales	107
7.5.4.	Diagrama relacional de áreas funcionales	109
7.5.5.	Cálculo de áreas	110
7.5.6.	Diagrama relacional de superficies	111
7.5.7.	Factores a tener en cuenta	112
7.5.8.	Limitaciones prácticas	112
7.5.9.	Alternativas de distribución	112
7.5.10.	Evaluación de las alternativas	113
7.5.11.	Alternativa seleccionada	114
7.6.	Equipos comerciales	115
7.6.1.	Cotizaciones de proveedores	115
7.6.2.	Evaluación y selección de proveedores	115
.1	Criterios de selección	115
.2	Resumen de la evaluación y selección del proveedor	116
.3	Detalle de la evaluación de cada proveedor y su respectiva cotización	118
7.7.	Mantenimiento de la planta	124
7.8.	Información financiera	124
7.8.1.	Inversión	124
7.8.2.	Gastos de operación	125
.1	Gasto operativo - energía eléctrica	126
.2	Gasto operativo – mano de obra	127
.3	Mantenimiento	128
7.8.3.	Flujo de caja del proyecto	128

Capítulo 8. Sistema de tratamiento de agua y sistema de distribución por medio de bebederos **131**

8.1.	Estudio de viabilidad	131
8.1.1.	Viabilidad técnica	131
.1	Mecanismo para purificar el agua	132
.2	Potencia de la bomba sumergible	133
8.1.2.	Viabilidad Ambiental	134
.1	Declaración de impactos negativos y medidas de mitigación o prevención-Alternativa i	136
.2	Declaración de impactos negativos y medidas de mitigación o prevención-Alternativa ii	138
8.1.3.	Viabilidad Legal	139
.1	Bebederos en cada piso de los edificios de la Universidad de Piura	140
8.1.4.	Viabilidad Financiera	141
8.2.	Diseño del sistema de bebederos	141
8.2.1.	Capacidad del sistema de tratamiento	141
.1	Personal docente, administrativo y obrero	141
.2	Alumnos pregrado	141
.3	Alumnos postgrado	142
.4	Cálculo de la capacidad	142
8.2.2.	Selección de la mejor alternativa para el sistema de tratamiento	143
.1	Factores de evaluación	143
.2	Evaluación de alternativas	144
.3	Selección de alternativas	147
8.2.3.	Descripción del sistema de tratamiento	147
.1	Descripción de la planta de tratamiento	147
.2	Tipo de bebederos	149
.3	Tipo de conexión	150
8.3.	Distribución en planta	151
8.3.1.	Análisis producto-cantidad	151
8.3.2.	Proceso productivo	152

8.3.3.	Relaciones entre las áreas funcionales	152
8.3.4.	Diagrama relacional de áreas funcionales	154
8.3.5.	Cálculo de áreas	155
8.3.6.	Diagrama relacional de superficies	155
8.3.7.	Factores a tener en cuenta	156
8.3.8.	Limitaciones prácticas	156
8.3.9.	Diseño final	156
8.4.	Distribución de los bebederos en el campus	157
8.4.1.	Localización de los bebederos	157
.1	Determinación de la cantidad de bebederos	157
.2	Ubicación de los bebederos en cada edificio	160
8.4.2.	Mapeo de las tuberías	172
8.5.	Mano de obra del proceso	177
8.6.	Equipos comerciales	178
8.6.1.	Cotizaciones de proveedores	178
8.6.2.	Evaluación y selección de proveedores	178
.1	Criterios de selección	178
.2	Resumen de la evaluación y selección del proveedor	179
.3	Detalle de la evaluación de cada proveedor y su respectiva cotización	182
8.7.	Mantenimiento	194
8.7.1.	Planta de tratamiento	194
8.7.2.	Bebederos	195
8.8.	Información financiera	196
8.8.1.	Inversión	196
8.8.2.	Gastos de operación	197
.1	Energía eléctrica	197
.2	Mano de obra	199
.3	Mantenimiento	199
8.8.3.	Flujo de caja del proyecto	200
Capítulo 9. Comparación de las propuestas		203
9.1.	Evaluación cuantitativa	203
9.2.	Evaluación cualitativa	206
9.2.1.	Higiene	206
9.2.2.	Abastecimiento continuo	206
9.2.3.	Infraestructura y estilo de la universidad	206
9.2.4.	Independencia del servicio de abastecimiento	206
9.2.5.	Beneficio a la comunidad universitaria	207
9.2.6.	Comodidad	207
.1	Forma de beber el agua	207
.2	Cercanía (Distancias)	207
9.2.7.	Antiestético (Forma de beber el agua)	208
9.2.8.	Aseguramiento de la calidad del agua	208
9.2.9.	Ergonomía (condiciones de trabajo y salud del personal)	208
9.2.10.	Cuidado del medio ambiente	208
.1	Desperdicio del agua	208
.2	Contaminación por uso de plástico	209
9.2.11.	Imagen de la universidad	209
9.2.12.	Temperatura	209
9.3.	Análisis de las propuestas	211
Conclusiones		215
Bibliografía		219
Anexos		225

INTRODUCCIÓN

La presente tesis es un análisis y diseño de alternativas de abastecimiento de agua potable para consumo humano en la Universidad de Piura. También se presenta la selección de la alternativa más conveniente, para lo cual se utilizaron criterios cuantitativos, basados en análisis financieros, y criterios cualitativos, obtenidos de un estudio de mercado realizado a los usuarios del actual servicio brindado por la universidad. Todo esto con el objetivo general de mejorarlo.

El desarrollo de la tesis persigue los siguientes objetivos, diseñar una planta de tratamiento y envasado de agua potable para consumo humano que abastezca la demanda del personal docente, administrativo y obrero de la universidad, diseñar una planta de tratamiento de agua potable cuyo sistema de distribución sea mediante bebederos en la Universidad de Piura garantizando agua de calidad y abastecimiento continuo para toda la población universitaria, y finalmente determinar a través de un análisis comparativo con criterios cualitativos y cuantitativos cuál de los dos diseños es el más conveniente para implementar en la Universidad de Piura.

La tesis ha sido estructurada, de tal manera que cada capítulo siga una secuencia lógica permitiendo al lector la comprensión total de la misma. A continuación se describe lo que se abarca en cada capítulo.

En el primer capítulo se detalla todo el marco teórico relacionado a la tesis, como los principales indicadores físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de agua para consumo humano, los sistemas de purificación de agua potable existentes, las operaciones de una planta de tratamiento de agua, así como las principales características técnicas y el funcionamiento de los bebederos.

El capítulo dos contempla el marco legal bajo el que se regirá cada una de las alternativas propuestas. Se describe la normativa en el Perú establecida por la Dirección General de Salud – DIGESA sobre la calidad de agua y, el funcionamiento y operación de establecimientos dedicados a la producción de agua de mesa. También se hace referencia a la normativa internacional a través de las *Guías para la calidad de agua potable* formuladas por la Organización Mundial de la Salud, y la reglamentación internacional del agua envasada establecida por la Comisión del Codex Alimentarius (CAC). Por otro lado, es importante resaltar que para el desarrollo del proyecto se ha

considerado principalmente las normas establecidas por la Dirección General de Salud Ambiental respecto a la calidad de agua para consumo humano.

Definidos los conceptos teóricos y legales relacionados a la tesis, el capítulo siguiente trata sobre los antecedentes que se deberán tener en cuenta para el desarrollo de la misma, tales como el consumo actual de agua de bidón, el gasto anual que este servicio representa para la universidad, y el análisis de los resultados de ensayos físico-químicos y microbiológicos, realizados por el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, al agua de cada una de las marcas que abastecen actualmente a la universidad.

El siguiente capítulo explica en sí el producto de la tesis, es decir, define cada una de las alternativas de tratamiento y distribución de agua potable que se diseñarán y analizarán en los capítulos siguientes. Asimismo, en este capítulo se detallan los principales resultados del estudio de mercado realizado al personal docente, administrativo y obrero de la Universidad de Piura; en el cual se refleja las opiniones de los usuarios actuales respecto al producto del proyecto y su nivel de satisfacción con respecto al servicio de abastecimiento de agua de mesa brindado en la actualidad.

Con el fin de establecer el proceso de tratamiento que seguirá el agua para ser apta para consumo humano, es necesario conocer las características del agua fuente a tratar, por tal motivo en el capítulo cinco “Caracterización del agua” se analizan los resultados de ensayos físico-químicos y microbiológicos realizados al agua del pozo, al agua del grifo del edificio de empresas y del grifo del centro maternal infantil de la universidad. Estos dos últimos lugares en los que se tomaron las muestras, fueron elegidos por tratarse del edificio más antiguo de la universidad y del más lejano respectivamente. Asimismo, para tener como referencia la calidad del agua preferida por los usuarios, también se realizaron ensayos a dos marcas de agua de mesa que resultaron ser las favoritas según el estudio de mercado que se realizó. Los resultados de los ensayos en cuanto a la calidad del agua son realmente alarmantes, describiéndose en este capítulo el análisis de los mismos.

Una vez definido el producto de la tesis así como las características iniciales del agua fuente a tratar y las características finales deseadas, en el capítulo siguiente se especifica la metodología de la tesis, basada en el Project Management Institute, y la gestión del proyecto a seguir para el diseño de cada una de las alternativas que permitirán obtener agua potable. Además en este capítulo se explican cada uno de los documentos de gestión desarrollados, así como los cambios que se realizaron al trabajo del curso de proyectos del semestre 2012-II, el cual se ha tomado como base para el desarrollo de la tesis.

En base a todo lo anterior se diseñan las alternativas que evalúa la tesis. De esta manera, en el capítulo siguiente, “Planta de Tratamiento de agua para consumo humano y sistema de distribución por medio de bidones”, se encuentran los estudios de viabilidad, el diseño del sistema de tratamiento, el procedimiento de la misma, la localización de la planta, la disposición de ésta, el mantenimiento, los posibles proveedores así como el análisis para la selección del más adecuado, y por último toda la información financiera relacionada a la alternativa que contempla la construcción de una planta de tratamiento de agua potable para consumo humano y distribución mediante bidones al personal docente, administrativo y obrero, y alumnos de post-grado de la universidad.

El capítulo ocho llamado “Sistema de tratamiento de agua y sistema de distribución por medio de bebederos”, además de tratar los mismos puntos que el

capítulo anterior, desarrolla un análisis para determinar la ubicación más conveniente de cada uno de los bebederos en el campus universitario y el diseño de una nueva red de tuberías necesaria para esta propuesta. Cabe resaltar que esta alternativa contempla el abastecimiento de agua de mesa para toda la población universitaria.

Como capítulo final para cumplir con los objetivos de la tesis, se desarrolla la evaluación comparativa de ambas alternativas y la selección de la más conveniente, teniendo como base de la evaluación criterios cuantitativos, como el análisis financiero por un periodo de diez años para cada alternativa, y cualitativos, los cuales se obtuvieron del estudio de mercado realizado a los usuarios.

Para el desarrollo de todo lo mencionado anteriormente nos hemos basado en juicio de expertos e investigaciones respecto al tema, haciendo uso de diferentes fuentes como internet, revistas, publicaciones, entre otros. De igual forma, los resultados del estudio de mercado nos permitieron conocer las características más valoradas del agua por los usuarios actuales del servicio. Asimismo, teniendo en cuenta los límites máximos permisibles establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el análisis de los ensayos realizados al agua fuente y al agua de algunos de los grifos de la universidad, se determinaron los procesos necesarios para obtener el agua con la calidad deseada.

Por otro lado, también es importante resaltar los problemas surgidos durante el desarrollo de la tesis. El principal de ellos fue la demora de los proveedores para entregar sus cotizaciones, trayendo como consecuencia retrasos en el desarrollo de la misma. Sin embargo, se tomaron las medidas correctivas y preventivas del caso. En suma, el desarrollo de la presente tesis nos deja muchas lecciones aprendidas en cuanto a la gestión del tiempo, alcance y costos de un proyecto.

Finalmente deseamos agradecer a a nuestros compañeros del proyecto “Evaluación comparativa de dos sistemas de purificación de agua para consumo en la Universidad de Piura” desarrollado en la asignatura de Proyectos, a nuestro asesor el Dr. Dante Guerrero Chanduví por su gran dedicación y apoyo brindado durante el desarrollo de la tesis.

Capítulo 1. Marco teórico

1.1. Calidad del agua

Según la Organización Mundial de la Salud (2004) el agua potable es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.

El agua posee unas características variables que la hacen diferente de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a características físicas, químicas y biológicas del agua. Éstas últimas son las que determinan la calidad de la misma y hacen que ésta sea apropiada para un uso determinado. En las *Guías para la calidad del agua potable* (2008) se muestran los principales parámetros que de acuerdo a sus valores determinan si el agua es de buena calidad para un uso determinado.

En la Tabla 1.1 se puede apreciar los principales parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la calidad del agua.

Tabla 1.1. Indicadores de la calidad del agua

Fuente: (Chavez de Allain A. M., 2012), (Organización Mundial de la Salud, 2008)

Parámetros	Descripción
Parámetros físicos	Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor y sabor, y temperatura.
Parámetros químicos	Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, cloruros, sodio, sulfatos.
Parámetros biológicos	Algas, bacterias (coliformes termotolerantes y coliformes totales), recuento heterotrófico, protozoos, virus y helmintos patógenos.

1.1.1. Verificación de la calidad del agua

Según la Organización Mundial de la Salud (2008)

Existe una amplia gama de componentes microbianos y químicos del agua de consumo que pueden ocasionar efectos adversos sobre la salud de las personas. Su detección, tanto en el agua bruta como en el agua suministrada a los consumidores, suele ser lenta, compleja y costosa, lo que limita su utilidad para la alerta anticipada y hace que resulte poco asequible. Puesto que no es físicamente posible ni económicamente viable analizar todos los parámetros de calidad del agua, se deben planificar cuidadosamente las actividades de monitoreo y los recursos utilizados para ello, los cuales deben centrarse en características significativas o de importancia crítica.

También pueden resultar de importancia ciertas características no relacionadas con la salud, como las que afectan significativamente a la aceptabilidad del agua. Cuando las características estéticas del agua (por ejemplo, su aspecto, sabor y olor) sean inaceptables, podrá ser necesario realizar estudios adicionales para determinar si el agua presenta problemas relevantes para la salud. (págs. 27-28)

.1 Calidad microbiológica del agua

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), la verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye sólo análisis microbiológicos. Dichos análisis son de suma importancia, ya que el riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo es la contaminación microbiana. Así pues, el agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores.

En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos.

Para determinar la contaminación fecal, generalmente se usa como indicador la presencia de *Escherichia coli*. A su vez, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos.

Por otro lado, los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *Escherichia coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. Por ello, muchas veces lo más recomendable es que además de la prueba de los coliformes fecales, se realice un análisis de microorganismos más resistentes, como

bacteriófagos o esporas bacterianas para determinar la concentración de patógenos específicos.

La inocuidad del agua de consumo no depende únicamente de la contaminación fecal. Algunos microorganismos proliferan en las redes de distribución de agua (por ejemplo, *Legionella*), mientras que otros se encuentran en las aguas de origen (el dracúnculo, *Dracunculus medinensis*) y pueden ocasionar epidemias. Es importante resaltar que no solo el consumo del agua contaminada puede traer problemas a la salud, sino también el contacto con la misma o la inhalación de gotículas de agua (aerosoles).

Algunos de los agentes patógenos cuya transmisión por agua de consumo contaminada es conocida producen enfermedades graves que en ocasiones pueden ser mortales, algunas de estas enfermedades son la fiebre tifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa y las enfermedades causadas por *Shigella* spp. y por *Escherichia coli*. Otras enfermedades conllevan típicamente desenlaces menos graves, como la diarrea de resolución espontánea. (págs. 32-37)

.2 *Calidad química del agua*

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), la mayoría de los productos químicos sólo constituyen un peligro en la salud de las personas cuando su presencia ocurre en el agua de manera prolongada; mientras que otros pueden producir efectos peligrosos tras múltiples exposiciones en un periodo corto.

Se debe tener muy en cuenta que no todas las sustancias químicas de las cuales se han establecido valores de referencia están presentes en un mismo sistema de abastecimiento, cada uno de estos es único y depende del origen y distribución del agua fuente. Lo mismo sucede a la inversa, para algunos lugares existirán parámetros característicos del agua fuente propia del lugar, pero que no se contemplan en las normas. Por otro lado, en algunos casos se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes de los que se dispone de información sujeta a cierta incertidumbre o cuando no es posible, en la práctica, reducir la concentración hasta los niveles de referencia calculados.

Existe una gran cantidad de parámetros químicos los cuales determinan la calidad del agua, sin embargo, son pocas las sustancias de las que se haya comprobado que causan efectos nocivos sobre la salud humana como consecuencia de la exposición a cantidades excesivas de las mismas en el agua de consumo, tales como fluoruro, el arsénico, el nitrato y el plomo. (págs. 33-38)

1.1.2. *Principales indicadores de la calidad del agua*

.1 *Indicadores físicos*

a. Sólidos totales

Es el residuo remanente después de evaporar una muestra de agua a 103°C – 105°C. En general, la presencia de estos sólidos produce la turbiedad del agua. Incluye los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos totales, los sólidos disueltos totales y los coloidales. La diferencia entre uno y otro es el tamaño de partícula, siendo los de mayor tamaño los sólidos sedimentables con un diámetro mayor a 10 µm; y los más

pequeños los sólidos disueltos totales (SDT), con un diámetro menor a 0.001 μm . Estos últimos son una medida de la concentración total de iones en solución, principalmente de sales minerales. (Chavez de Allaín, 2012)

Según la Organización Mundial de Salud (2008)

La palatabilidad del agua con una concentración de SDT menor que 600 mg/l suele considerarse buena, pero a concentraciones mayores de aproximadamente 1000 mg/l la palatabilidad del agua de consumo disminuye significativa y progresivamente. Los consumidores también pueden considerar inaceptable la presencia de concentraciones altas de SDT debido a que genera excesivas incrustaciones en tuberías, calentadores, calderas y electrodomésticos. (pág. 189)

b. Turbiedad

Según la Organización Mundial de Salud (2008)

La turbiedad se origina por partículas en suspensión o coloidales (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.), que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la suspensión de sedimentos en el sistema de distribución. Otra posible causa es debido a la presencia de partículas de materia orgánica en algunas aguas subterráneas o el desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. (pág. 189)

Asimismo, la Organización Mundial de Salud (2008) señala que un agua turbia representa la presencia de partículas que pueden proteger durante la desinfección a los microorganismos, e incluso estimular la proliferación de bacterias. Es por ello que, siempre que se someta el agua a un proceso de desinfección, para que éste sea eficaz, la turbiedad del agua debe ser baja. (pág. 189)

Por otro lado, la turbiedad en el agua puede ser también un indicador de la existencia de problemas, sobretodo en la coagulación, sedimentación y en la filtración. Por lo que, es un parámetro operativo de control importante de los procesos de tratamiento. (pág. 189)

A pesar de todos los problemas que pueden significar un agua turbia, no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. Lo único que se indica es que el aspecto del agua con una turbidez de 5 UNT suele ser aceptable para los consumidores. A su vez, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz. (pág. 189)

c. Color

En cuanto al color del agua de consumo, lo ideal es que no tenga ningún color apreciable, pues influye mucho en la percepción de las personas sobre la calidad del agua, actuando así como un indicador de aceptabilidad.

Según la Organización Mundial de la Salud (2008) el color del agua se debe principalmente a la presencia de materia orgánica coloreada, presencia de hierro, manganeso y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión. De igual manera, otra posible causa es la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales. En general, se puede deber a diversas causas, es por ello necesario determinar el origen de la coloración y actuar sobre ello. (pág. 186)

Por otro lado, existen dos tipos de color: color verdadero y color aparente. El color verdadero depende sólo del agua y la materia suspendida y disuelta. Una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como color aparente, producto pues de suspensiones no naturales que a su vez generan turbiedad. (Chavez de Allain, 2012)

Tal como lo indica la Organización Mundial de la Salud (2008) las personas pueden percibir niveles de color mayores que 15 unidades de color verdadero (UCV) en un vaso de agua. De tal manera que los consumidores suelen considerar aceptable, niveles de color menor que 15 TCU. Sin embargo, se debe considerar que la aceptabilidad puede variar. (pág. 186).

d. Olor y sabor

El olor y sabor es de suma importancia pues actúan como indicadores de aceptabilidad, siendo pues posibles motivos de rechazo. Por lo general, las personas relacionan la ausencia de olor con ausencia de contaminantes; incluso generalmente se emiten juicios sobre la calidad del agua por el olor o sabor de la misma, cuando en realidad puede pasar que tenga un buen sabor y olor, sin embargo, es de muy mala calidad. De esta manera, dan solo una primera idea de la calidad del agua. Muchas veces pueden revelar la existencia de algún tipo de contaminación, o el funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o la distribución de ésta. (Chavez de Allain, 2012)

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), el sabor y el olor del agua podrían originarse por contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos, por fuentes o procesos biológicos (por ejemplo, microorganismos acuáticos) o por contaminación debida a sustancias químicas sintéticas. Pueden también ser resultado de la corrosión o del tratamiento del agua (por ejemplo, la cloración). De igual manera, se podría haber originado durante el almacenamiento y la distribución debido a la actividad microbiana. (pág. 183)

Tal como se puede apreciar, el olor y sabor pueden tener diversas causas; es por ello que ante la presencia de estos, lo más recomendable es realizar pruebas para investigar su causa y poder eliminarlos.

e. Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, pues tal como lo indica la Organización Mundial de la Salud (2008) a elevadas temperaturas puede ocurrir la proliferación de microorganismos. Asimismo, puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. (pág. 190)

A su vez, la Dirección General de Salud Ambiental (2010) indica que la temperatura tiene una gran influencia sobre otros parámetros como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. De igual manera, puede influir en el retardo o aceleración de la actividad biológica como sobre otras reacciones químicas. He aquí la gran importancia de este parámetro como indicador de la calidad de agua.

.2 *Indicadores químicos*

a. pH (Potencial de Hidrógeno)

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, ya que determinados procesos químicos ocurren tan solo a un determinado pH. Por ejemplo, para que las desinfecciones con cloro sean eficaces es necesario que el pH se encuentre entre un valor de 6.5 y 8. De esta manera, se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Además, el pH de la misma se debe controlar durante su sistema de distribución para evitar la corrosión e incrustaciones en las redes de distribución, ya que el agua con un pH bajo será probablemente corrosiva. (pág. 188)

b. Aceites y grasas

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus principales características son: poca solubilidad en el agua, baja densidad y baja o nula biodegradabilidad. Es por ello que, si no son controladas debidamente se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido, alterando así la calidad estética del agua (olor, sabor y apariencia). Debido a que influye directamente en la percepción que tienen las personas sobre la calidad del agua, lo más recomendable es que no haya presencia de aceites ni grasas en la misma. (Chavez de Allaín, 2012)

c. Dureza

La dureza del agua hace referencia a la concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes (principalmente bivalentes y específicamente los alcalinotérreos) que hay en una determinada cantidad de agua, principalmente Ca^{2+} y Mg^{2+} , expresados como mg/l CaCO_3 , que ingresan al agua en el proceso natural de disolución de las formaciones rocosas presentes en el suelo. (Chavez de Allaín, 2012)

La organización Mundial de la Salud (2008) indica que el valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l,

dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l; esto se encuentra en función de las condiciones locales. No obstante, no se propone ningún valor de referencia para la dureza del agua de consumo basado en efectos sobre la salud. (pág. 186)

Por otro lado, la OMS resalta que es importante determinar este parámetro para determinar la calidad del agua, ya que a elevadas temperaturas y en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede formar incrustaciones en los equipos mecánicos, instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución y las tuberías. (pág. 186)

d. Cloruros

La Organización Mundial de la Salud (2008) señala que las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas. A concentraciones superiores a 250 mg/l es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro. En general, para el anión cloruro depende con qué catión esté asociado para determinar su sabor. (pág. 185)

No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo. (pág. 185)

e. Sodio

La Organización Mundial de la Salud (2008) indica que a temperatura ambiente, el umbral gustativo promedio del sodio es de 200 mg/l aproximadamente. Sin embargo, es un valor referencial, pues el umbral gustativo el sodio en agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. (pág. 188)

Por otro lado, no se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. (pág. 188)

f. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua es la capacidad que tienen las sales inorgánicas presentes en el agua para conducir corriente eléctrica. Es por ello, que la conductividad eléctrica es un perfecto indicador de la cantidad de sales disueltas, pues a mayor cantidad de éstas, mayor será la conductividad del agua. (Dirección General de Salud Ambiental, 2010)

Por otro lado, las personas solo pueden consumir agua con conductividad eléctrica de máximo 1 500 $\mu\text{mho/cm}$.

g. Sulfatos

Según la Organización Mundial de Salud (2008) la presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos un efecto laxante en consumidores no habituados. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/litro. Sin embargo, varía en función de la naturaleza del catión asociado. (pág. 186)

Asimismo, no se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato. (pág. 188)

.3 *Indicadores microbiológicos*

Según la Organización Mundial de la Salud (2008)

Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (por ejemplo, protozoos y helmintos). La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta. (pág. 105)

El agua es considerada uno de los vehículos más comunes de transmisión de enfermedades. Sin embargo, esto dependerá de ciertos factores como: los hábitos de la población, el uso de aguas residuales, la calidad del agua potable, la cantidad de pobladores, cantidad de animales, la variabilidad de la inmunidad de las personas, etc. Para evitar el surgimiento de epidemias o enfermedades, es imprescindible mejorar la calidad del agua y su distribución, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene en general. (Organización Mundial de la Salud, 2008, págs. 105-106)

A continuación se describen algunas bacterias, virus y parásitos patógenos, cuyo principal medio de transmisión es el agua.

a. Bacterias

Para la Organización Mundial de la Salud (2008), la mayoría de bacterias patógenas pueden ser transmitidas por el agua, causando graves enfermedades o lesiones al aparato respiratorio e incluso al cerebro. Por ello, es de vital importancia asegurar la calidad del agua de consumo. (pág. 191).

Para esto, se toman en cuenta una serie de indicadores microbiológicos, cuya interpretación debe ser muy cuidadosa y según las circunstancias de lugar y tiempo en que se tomen las muestras, ya que la calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en el agua de origen, haciendo frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por la misma. (pág. 33)

- Coliformes Termotolerantes

Para la Organización Mundial de la Salud (2008), los coliformes termotolerantes representan un grupo de bacterias indicadoras de contaminación fecal. (pág. 65)

Generalmente la bacteria que predomina en la mayoría de las aguas, es *Escherichia*; incluso ésta está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal. Sin embargo, no se

debe dejar de mencionar que también las bacterias *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* son termotolerantes. (pág. 233)

- *Escherichia coli*

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), esta bacteria está presente en grandes cantidades en la microflora intestinal de las personas y animales donde suele ser inocua. Es por ello, que es el índice de contaminación fecal más adecuado. (pág. 233)

Por otro lado, se debe considerar que estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables. Asimismo, *E. coli* es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos. (pág. 233)

Esta bacteria al estar presente en otras partes del cuerpo puede causar enfermedades graves, como infecciones de las vías urinarias y diarreas agudas. La infección se asocia al consumo de agua contaminada, contacto con animales y transmisión de persona a persona. (págs. 196-197)

Para evitar su brote se recomienda la protección de las fuentes de agua de los residuos humanos y animales, tratamiento adecuado y protección del agua durante su distribución. Los análisis de coliformes termotolerantes son un índice que determina la presencia o no de esta bacteria. (págs. 196-197)

- Recuento heterotrófico

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2008), el RHP detecta un amplio espectro de microorganismos heterótrofos, incluidas bacterias y hongos. Incluye microorganismos sensibles a los procesos de desinfección, como las bacterias coliformes; microorganismos resistentes a la desinfección, como los esporulantes, y microorganismos que proliferan con rapidez en el agua tratada en ausencia de concentraciones residuales de desinfectantes. (pág. 234)

Por más que este análisis tenga un poco valor como índice de la presencia de microorganismos patógenos, es de suma importancia para el monitoreo operativo con respecto a la desinfección del agua, de tal manera que se mantenga el valor de dicho recuento lo más bajo posible. Asimismo, se puede usar para evaluar la limpieza e integridad de los sistemas de distribución, así como la presencia de biopelículas. (pág. 234)

- *Legionella*

En el caso de la *Legionella*, la Organización Mundial de la Salud (2008), señala que son bacterias heterotróficas que se encuentran en una gran variedad de medios acuáticos y pueden proliferar a temperaturas superiores a 25°C. Por lo que se

recomienda mantener el agua fuera del rango de 25°C-50°C. (pág. 199)

Es el principal microorganismo patógeno transmitido por el agua que ocasiona la legionelosis y la fiebre de Pontiac.

Por otro lado, la vía de infección más frecuente es la inhalación de aerosoles que contienen las bacterias. Estos aerosoles pueden generarse en diversos aparatos contaminados como torres de refrigeración y redes de distribución de agua caliente. Estos microorganismos son sensibles a la desinfección, con lo cual se debe desarrollar estrategias eficientes de desinfección. (págs. 199-200)

- **Salmonella**

Para el caso de la Salmonella, la Organización Mundial de la Salud (2008) indica que es familia de los Enterobacteriaceae. Estos producen diarreas, fiebres altas y en algunos casos fiebre tifoidea. Se pueden transmitir vía fecal-oral, por consumo de alimentos o agua contaminada. (pág. 203)

Por otro lado, el análisis de coliformes termotolerantes es un índice de la presencia o no de esta bacteria. (pág. 203)

- **Shigella**

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2008), la Shigella es familia de los Enterobacteriaceae. Éstas producen diarreas, fiebres altas y fiebre tifoidea. Se transmiten por vía fecal-oral, contacto entre personas, por consumo de alimentos o agua contaminada, siendo las moscas un vector de transmisión importante. (pág. 204)

Por otro lado, el análisis de coliformes termotolerantes es un índice de la presencia o no de esta bacteria. (pág. 204)

- **Vibrio cholerae**

Es la única especie patógena relevante en medios dulceacuícolas. Los efectos sobre la salud son las temidas epidemias de cólera, en las que una fracción de los enfermos padece diarrea acuosa grave y fulminante. Se transmite por vía fecal-oral y la infección se contrae por la ingesta de alimentos o agua con contaminación fecal.

Esta bacteria es muy sensible a tratamientos de desinfección, con lo cual se recomienda un tratamiento adecuado del agua y proteger su distribución.

Por otro lado, el análisis de coliformes termotolerantes no es un índice fiable de la presencia o no de esta bacteria. (Organización Mundial de la Salud, 2008, págs. 206-207)

b. Virus

La Organización Mundial de la Salud (2008), señala que:

La mayoría de los virus asociados con la transmisión por el agua son los que pueden infectar el aparato digestivo y son excretados en las heces de las personas infectadas (virus entéricos). Los virus entéricos habitualmente ocasionan enfermedades agudas con un periodo de incubación corto. El agua puede también contribuir a la transmisión de otros virus con modos de acción diferentes. Hay muy diversos tipos de virus que pueden ocasionar muy diversas infecciones y síntomas, con diferentes vías de transmisión, lugares de infección y vías de excreción. Pueden darse diversas combinaciones de vías y lugares de infección, y no siempre siguen pautas previstas. (pág. 209)

- Enterovirus

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), los Enterovirus comprenden 69 especies y representan los virus más pequeños conocidos. El espectro de enfermedad causado es amplio y varía desde una afección febril leve hasta una insuficiencia multiorgánica neonatal. (pág. 212)

Las vías de transmisión contaminantes son el contacto entre personas y la inhalación de virus transportados, aunque la transmisión por el agua de consumo podría ser importante, aún no se ha confirmado. Sin embargo, se ha comprobado la presencia de enterovirus en fuentes de agua tratada; incluso se ha detectado enterovirus en aguas de consumo que cumplían las especificaciones aceptadas de tratamiento, desinfección y presencia de microorganismos indicadores convencionales. (pág. 213)

En cuanto a su detección, se realiza mediante técnicas convencionales de aislamiento en cultivo celular, encontrándose mayormente en aguas residuales, recursos hídricos y agua de consumo tratada. Por otro lado, en lo que respecta a su aislamiento, se puede realizar con facilidad por su efecto citopatógeno en cultivos celulares. (pág. 212).

Por último, es importante considerar que el análisis de coliformes termotolerantes no es un índice fiable de la presencia o no de este virus, pues son más resistentes a la desinfección. (pág. 213).

c. Protozoos

Según la Organización Mundial de la Salud (2008)

Los protozoos y helmintos están entre las causas más comunes de infecciones y enfermedades que afectan al ser humano y otros animales. El agua desempeña una función importante en la transmisión de algunos de estos agentes patógenos. El control de la transmisión por el agua plantea retos importantes, porque la mayoría de los agentes patógenos produce quistes, coquistes o huevos que son extremadamente resistentes a los procesos utilizados generalmente para la desinfección del agua, y en algunos casos puede ser difícil eliminarlos mediante procesos de filtración. (pág. 216)

- *Cyclospora cayetanensis*

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), la *cyclospora* produce coquistes de pared gruesa de 8 a 10 μm de diámetro que se excretan en las heces de las personas infectadas. Se considera un agente patógeno emergente transmitido por el agua.

Cuando se ingieren generan diarrea, cólicos, pérdida de peso, vómitos, fiebre, etc. Son resistentes a la desinfección y no se inactivan mediante tratamientos de cloración aplicados generalmente en la producción de agua de consumo. (pág. 220)

La información disponible sobre la prevalencia de *Cyclospora* en medios acuáticos es limitada. No obstante, como medidas de control se puede aplicar la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos humanos, brindar un tratamiento adecuado y proteger el agua durante su distribución. Debido a la excepcional resistencia a los desinfectantes, no se puede confiar en el análisis de *E.coli* como índice de presencia o ausencia de este virus. (pág. 220)

- *Giardia intestinalis*

Para la Organización Mundial de la Salud (2008), este parásito se adhiere a las superficies del aparato digestivo, causan diarreas e hipoabsorción intestinal. La vía de transmisión es por contacto, sobre todo entre niños, y por consumo de alimentos y agua contaminada.

En cuanto a su detección, las técnicas convencionales de análisis disponibles en la actualidad proporcionan una medida indirecta de la presencia de estos microorganismos, pero no de su infectividad para el ser humano. Por otro lado, son resistentes a la desinfección por cloro, necesitándose entre 20 a 30 minutos para

inactivar el 90% de los microorganismos en agua con una concentración residual de cloro libre de 1 mg/l. (pág. 222)

Como medidas de control se puede aplicar la prevención de la contaminación del agua de alimentación por residuos humanos, brindar un tratamiento adecuado y proteger el agua durante su distribución. Debido a la resistencia a los desinfectantes, no se puede confiar en el análisis de E.coli como índice de presencia o ausencia de este virus. (pág. 222)

d. Helmintos patógenos

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), los helmintos hacen referencia a todos los parásitos. Estos infectan a numerosas personas y animales en todo el mundo.

El agua de consumo no es una vía de transmisión significativa de la mayoría de los helmintos, pero hay dos excepciones: *Dracunculus medinensis* (dracunculo) y *Fasciola* spp. (*F. hepatica* y *F. gigantica*) (trematodos hepáticos). Ambos nematodos necesitan hospedadores intermedios para completar sus ciclos biológicos, pero se transmiten por el agua de consumo mediante mecanismos diferentes. Otras helmintiasis pueden transmitirse por contacto con el agua (esquistosomiasis) o están asociadas al uso agrícola de aguas residuales sin tratar (ascariasis, agrícola de aguas residuales sin tratar, pero no suelen transmitirse por el agua de consumo. (pág. 227)

- *Dracunculus medinensis*

La Organización Mundial de la Salud (2008), establece que éste es el único parásito con tránsito significativo por el agua de consumo. Los gusanos de *D. medinensis* se alojan en los tejidos cutáneos y subcutáneos de los individuos infectados. Las hembras alcanzan una longitud de hasta 700 mm y los machos 25 mm. Cuando la hembra está lista para expulsar las larvas, su extremo anterior emerge de una ampolla o úlcera, que generalmente se encuentra en el pie o parte inferior de la pierna, y libera numerosas larvas rabaditiformes cuando la parte del cuerpo afectada se sumerge en agua. (pág. 228)

Una medida de prevención es la construcción de pozos sondeo y pozos seguros. Los pozos y manantiales deben rodearse con brocales de cemento e impedirse el baño y el lavado en sus aguas. Otras medidas de control son la filtración del agua contaminada con larvas infecciosas de *Dracunculus* mediante un paño de malla fina para retirar los copépodos del género *Cyclops*, o su destrucción mediante el tratamiento del agua de consumo con cloro. (pág. 228)

- *Fasciola* spp

La Organización Mundial de la Salud (2008), señala que estos parásitos se alojan en los conductos biliares grandes y en la vesícula biliar. La enfermedad que ésta genera se caracteriza por síntomas como dispepsia, náuseas y vómitos, dolor abdominal y

fiebre alta (hasta 40 °C). En niños, la infección aguda puede ocasionar síntomas graves y, en ocasiones, causar la muerte. (págs. 229-230)

Se puede contraer fascioliasis cuando ingieren plantas acuáticas crudas (y, en algunos casos, plantas terrestres, como lechuga, regadas con agua contaminada), beber agua contaminada y emplear utensilios lavados con agua contaminada. (págs. 229-230)

Existen pruebas indirectas que sustentan la importancia del agua como vía de transmisión de la fascioliasis, ya que se han establecido asociaciones positivas significativas entre la infección por trematodos hepáticos y la infección por otros protozoos y helmintos transmitidos por el agua en países andinos y en Egipto. (págs. 229-230)

Por otro lado, es probable que las metacercarias sean resistentes a la desinfección con cloro, pero probablemente puedan eliminarse mediante diversos procesos de filtración. Por ejemplo, en Tiba (Egipto) la prevalencia en personas disminuyó drásticamente después de que se suministrara agua filtrada a lavaderos con un diseño especial. (págs. 229-230)

1.2. Sistemas de purificación

El agua es un elemento básico y necesario para la vida humana que en su composición trae una serie de impurezas suspendidas y disueltas que impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines, entre ellos para su consumo. Con la finalidad de obtener agua para consumo humano, es que se han desarrollado diversos métodos para su purificación a través de la eliminación de sus impurezas. Dichos métodos se pueden dividir en la deposición de materia suspendida, tratamiento físico/químico de coloides y el tratamiento biológico. Todos estos tienen varias aplicaciones diferentes, las cuales se explicarán a continuación. (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012)

1.2.1. Deposición de materia suspendida

Este paso hace referencia a la purificación física del agua o tratamientos de filtrado, es decir, la finalidad de este paso consiste en eliminar cualquier partícula suspendida que se encuentre presente en el agua, separando de esta manera sólidos de líquidos. Hay varios tipos de técnicas de filtración, pero básicamente un filtro típico consiste en un tanque, medios de filtro y un regulador para permitir la expulsión.

Según la Organización Mundial de Salud (2008)

De entre los tipos de filtros, existen los filtros rápidos por gravedad, horizontales, o a presión, o filtros lentos de arena. La filtración lenta en arena es, en esencia, un proceso biológico, mientras que los otros tipos de filtración son procesos físicos. Los filtros rápidos por gravedad, horizontales y a presión pueden utilizarse para la filtración directa de agua bruta, sin tratamiento previo. Los filtros rápidos por gravedad y a presión

se utilizan habitualmente para filtrar agua que ha sido tratada previamente mediante coagulación y sedimentación. También puede realizarse una filtración directa, en la que se añade al agua un coagulante y, a continuación, ésta se hace pasar directamente por el filtro en el que se separa el flóculo precipitado (que contiene sustancias contaminantes). La aplicación de la filtración directa está limitada por la disponibilidad de espacio en el filtro para albergar las sustancias sólidas separadas. (pág. 149)

.1 Filtración por pantallas

Se realiza generalmente al inicio del proceso de purificación por medio de pantallas, tal como lo indica su nombre. Éstas retienen los sólidos del agua y dejan pasar el líquido. La forma de las pantallas depende de las características que tengan las partículas que se quieren filtrar, es decir, según el agua fuente a tratar. (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012)

.2 Filtración por lecho profundo

Es el método usado con mayor frecuencia para remover sólidos suspendidos en el agua cuando no está muy contaminada. Si está muy contaminada, normalmente, se usa como una primera etapa de un proceso de filtrado más complejo. En general, suelen utilizarse para disminuir la turbidez y los óxidos de hierro y manganeso de las aguas brutas.

La Organización Mundial de salud (2008) indica que este tipo de filtro son generalmente depósitos rectangulares abiertos que contienen arena de sílice, con granos de 0.5 a 1 mm. El agua fluye hacia abajo, siendo recogida en la parte inferior del lecho. Los sólidos se concentran en las capas superiores del mismo, por lo que para realizar la limpieza del filtro se debe llevar a cabo un retrolavado. Este proceso se debe hacer periódicamente y consiste en introducir agua en sentido contrario retirando así los sólidos retenidos al drenaje. (pág. 149)

Además de los filtros de arena en capa homogénea, se utilizan filtros bicapa o multicapa. Estos filtros están constituidos por materiales diferentes de modo que su estructura pasa de gruesa a fina conforme el agua avanza a través del filtro. Para mantener la separación de las diferentes capas que conforman el mismo, se utilizan materiales de diferentes densidades adecuadas para ello. Un ejemplo común de filtro bicapa es el filtro de antracita y arena, y de filtro multicapa los que están conformados por antracita, arena y granate. La ventaja de este tipo de filtros es que se utiliza más eficazmente el espesor completo del lecho para la retención de partículas: “la tasa de pérdida de carga puede ser la mitad que en los filtros de capa homogénea, lo que permite utilizar caudales unitarios mayores sin que aumente la pérdida de carga”. (pág. 149)

La calidad de la filtración va a depender de varios factores, desde el tamaño de los granos de arena utilizados hasta la velocidad con la que se haga circular el agua en su interior.

.3 Prefiltros

La Organización Mundial de Salud (2008) señala que los prefiltros utilizan como medio de filtración grava gruesa o piedras machacadas, pudiendo tratar eficazmente aguas de turbidez alta (>50 UNT). Este tipo de filtros se pueden usar antes de someter el agua a otros tratamientos, como a filtros lentos de arena, siendo su principal ventaja que además de pasar el agua por el filtro, se eliminan partículas mediante sedimentación por gravedad. (pág. 149)

.4 Filtros a presión

De acuerdo a la Organización Mundial de Salud (2008), los filtros a presión se utilizan a veces cuando es necesario mantener una carga de presión para evitar la necesidad de impulsar el agua al sistema mediante bombeo. Pueden fabricarse filtros a presión pequeños capaces de tratar hasta unos 15 m³/h o filtros a presión más grandes. Su operación y funcionamiento son, por lo general, como los descritos para el filtro rápido por gravedad, y se necesitan instalaciones similares para descolmatar el filtro y retirar el lodo diluido. (pág. 149)

.5 Filtros lentos de arena

La Organización Mundial de Salud (2008) indica que los filtros lentos de arena son habitualmente depósitos que contienen arena con partículas de tamaño efectivo de 0,15 a 0,3 mm. Al igual que los filtros rápidos por gravedad, el agua bruta fluye hacia abajo y el agua tratada se recoge en la parte inferior del filtro en sumideros o tuberías. La turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de la arena. Se forma una capa biológica, conocida como schmutzdecke, en la superficie del filtro, que puede eliminar eficazmente microorganismos. Periódicamente, se retiran y sustituyen los primeros centímetros de arena que contienen los sólidos acumulados. (pág. 149)

Los filtros lentos de arena sólo son adecuados para aguas de turbidez baja o aguas sometidas a filtración previa. Se utilizan para separar algas y microorganismos, incluidos los protozoos, y, precedidos de microtamizado (microstraining) o filtración gruesa, para reducir la turbidez (incluidas las sustancias químicas adsorbidas). La filtración lenta en arena elimina eficazmente las sustancias orgánicas, incluidos algunos plaguicidas y el amoníaco". (pág. 149)

.6 Filtración de flujo cruzado

El proceso de filtración con membranas de flujo cruzado sirve para retirar las sales y materia orgánica disuelta mediante el uso de una membrana permeable que absorba solamente los contaminantes. (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012) La membrana actúa como una especie de filtro basándose en una diferencia de presiones entre el permeado, que son moléculas pequeñas llamadas disolvente, las cuales atraviesan la membrana; y el retenido, moléculas más grandes que son retenidas por la membrana. (Sánchez Font, 2007)

Para el proceso de paso por la membrana hay diferentes técnicas usadas, entre ellas tenemos la microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis

inversa (OI), las cuales pueden estar seguidas de otros procesos industriales que aseguren un mayor rendimiento de proceso. (GEA, 2013) Los procesos a presiones altas son la ósmosis inversa y la nanofiltración; mientras que los otros dos procesos son a presión baja.

a. Microfiltración

Para la Organización Mundial de la Salud (2008) la microfiltración es una extensión directa de la filtración convencional hasta tamaños menores que un micrómetro. Los tamaños de poro típicos de las membranas de microfiltración son de 0,01 a 12 μm y no retienen moléculas, pero sí bacterias, materiales coloidales y suspendidos, y otras impurezas. De esta manera, la microfiltración permite separar partículas de tamaño mayor que 0,05 μm . (pág. 152)

Para su funcionamiento se utilizan presiones de trabajo de 1 a 2 bar. (pág. 152)

b. Ultrafiltración

Según la Organización Mundial de Salud (2008), el principio de la ultrafiltración es similar al de la ósmosis inversa, pero los tamaños de poro de las membranas son mucho mayores (típicamente de 0,002 a 0,03 μm) y funcionan a presiones menores (> 5 bar). Las membranas de ultrafiltración rechazan las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que alrededor de 800. (pág. 152)

Esta técnica es capaz de separar del agua las sales, las proteínas y otras impurezas dentro de su gama. (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012)

c. Nanofiltración

La Organización Mundial de la Salud (2008) menciona que en la nanofiltración se utilizan membranas con propiedades intermedias entre las de ósmosis inversa y las de ultrafiltración, con tamaños de poro típicos de 0,001 a 0,01 μm , las cuales permiten el paso de iones monovalentes como los de sodio o potasio, pero rechazan una proporción alta de iones divalentes, como los de calcio y magnesio, y las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que 200. (pág. 152)

Asimismo, la nanofiltración puede eliminar eficazmente compuestos orgánicos y con color; es capaz de separar de un líquido los virus, pesticidas y herbicidas. (Organización Mundial de la Salud, 2008), (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012)

d. Ósmosis Inversa (OI)

Según la Organización Mundial de Salud (2008), ósmosis es el paso espontáneo de un disolvente de la solución de concentración menor a la de concentración mayor a través de una membrana semipermeable, la cual permite el paso del disolvente, mas no del soluto. Este proceso se realiza a una presión precisa llamada presión osmótica, hasta alcanzar el equilibrio osmótico. (pág. 152)

Cuando se aplica a la solución concentrada una presión superior a la osmótica el proceso se invierte, logrando pasar de la solución de concentración mayor a la de concentración menor. A este fenómeno se le conoce como “ósmosis inversa”. (pág. 152)

Ésta es la técnica disponible más fina de separación con membrana, ya que tiene una eficiencia de purificación muy alta, eliminando la mayoría de impurezas con un tamaño de partícula de hasta 0.001 micras. La membrana de ósmosis inversa rechaza pues los iones monovalentes y las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que 50 (los diámetros de los poros de las membranas son menores que 0,002 μm), siendo capaz de separar de un líquido, iones de metal, materia orgánica y eliminar completamente las sales en disolución, con una eficiencia del 90 al 99%. (Organización Mundial de la Salud, 2008), (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012)

Las presiones de trabajo típicas oscilan de 15 a 50 bar, según la aplicación. (Organización Mundial de la Salud, 2008, pág. 152)

.7 Filtración de cartucho

Según la empresa SEFILTRA (2012) este tipo de filtración consiste en hacer circular, mediante el uso de presión, un fluido por el interior de un portacartuchos, el cual contiene cartuchos que en su interior tienen fibras que son las que finalmente realizan el filtrado. Este tipo de filtrado es el más aconsejado cuando se quiera tener alta calidad y seguridad de que se realizará un filtrado correcto.

El cartucho puede estar fabricado mediante diferentes materiales como el polipropileno, celulosa, nylon, acero, entre otros. El tipo de material que se utilice dependerá de las características del fluido y de las características finales de calidad deseada. (SEFILTRA, S.A., 2012)

1.2.2. Tratamiento químico de coloides

Se trata de una purificación con productos químicos. Este procedimiento tiene muchos métodos y la aplicación de cada uno de ellos depende del nivel de contaminación que tenga el agua. A continuación se explicarán las técnicas químicas de purificación más conocidas.

.1 Clarificación o coagulación química

El tratamiento basado en la coagulación química es el método más común de tratamiento de aguas superficiales, éste se hace con la finalidad de retirar los sólidos suspendidos. Consiste en agregar coagulantes, habitualmente sales de aluminio o de hierro, en condiciones controladas para reducir la carga de iones y así acumular partículas con formas más grandes llamadas flóculos, los cuales debido a su tamaño son más fáciles de filtrar. (Organización Mundial de la Salud, 2008), (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012)

Según la Organización Mundial de la Salud (2008)

El flóculo precipitado retira los contaminantes suspendidos y disueltos en el agua mediante mecanismos de neutralización de

carga, adsorción y atrapamiento. La eficiencia del proceso de coagulación es función de la calidad del agua bruta, del coagulante o aditivos de coagulación utilizados y de factores operativos, como las condiciones de mezclado, la dosis de coagulación y el pH. El floculo se retira del agua tratada mediante procesos posteriores de separación de sólidos y líquidos como la sedimentación o flotación, la filtración rápida por gravedad o a presión, o una combinación de métodos”. (pág. 150)

.2 Desionizar y ablandar

El proceso de ablandamiento del agua tiene como principal finalidad disminuir la dureza de la misma. De igual manera, puede utilizarse para eliminar determinados metales pesados.

Según la Organización Mundial de Salud (2008):

El intercambio de iones es un proceso en el que se permutan iones con la misma carga entre la fase acuosa y una fase sólida de resina. La dureza del agua se reduce mediante intercambio de cationes. El agua se hace pasar por un lecho de resina catiónica en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de sodio. Cuando la resina de intercambio iónico está agotada (es decir, se han agotado los iones de sodio), se regenera mediante una solución de cloruro sódico. También se puede ablandar el agua mediante el proceso de «desalcalización». El agua se hace pasar por un lecho de resina débilmente ácida en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de hidrógeno. Los iones de hidrógeno reaccionan con los iones carbonato y bicarbonato y generan dióxido de carbono, reduciéndose así la dureza del agua sin aumentar su contenido de sodio. El intercambio de aniones puede utilizarse para eliminar contaminantes como los iones nitrato, que se intercambian por iones cloruro mediante resinas específicas para nitrato. (pág. 151)

.3 Desinfección

Es un proceso mediante el cual se mata a los microorganismos patógenos presentes en el agua, para esto se utilizan desinfectantes llamados biocidas. Hay muchas maneras de realizar la desinfección, entre ellas tenemos algunas

naturales, mediante las cuales se dejan morir progresivamente las bacterias ya sea por acción de la luz del sol, la sedimentación, etc. Entre las formas de desinfección artificial física (por acción del hombre) se tiene la realizada por medio de acción del calor, radiación UV, entre otros. Por último, entre las maneras artificiales químicas se tiene las realizadas por acción de cloro, ozono, halógenos, entre otros. (Water Treatment and Purification - Lenntech, 2012), (UDLAP BIBLIOTECAS, 2005)

a. Desinfección con ozono

Según la empresa HIDRITEC (2011) el ozono es un desinfectante químico con una elevada capacidad oxidativa que sobrepasa a la del cloro libre o combinado. Es un oxidante potente y posee múltiples usos en el tratamiento del agua, incluida la oxidación de sustancias orgánicas. Así pues, mata a las bacterias e inactiva los virus, quistes, hongos, toxinas, algas y protozoos, y otros microorganismos que no son sensibles a la desinfección con cloro.

Debido a su gran poder oxidativo, el ozono además de desinfectante se utiliza en la oxidación de metales pesados, como el hierro y manganeso, para remover materia orgánica, sean naturales como ácidos de humectación, o sintéticos como fenoles, pesticidas y detergentes. Asimismo, oxida materia inorgánica como cianuros, sulfuros y nitritos; elimina sales pesadas, olores, colores y sabores. También inhibe el crecimiento de hongos y algas, y reduce la turbiedad.

Ponce Ochoa (2005) indica que el ozono destruye los microorganismos en unos cuantos segundos por un proceso llamado destrucción de celda que consiste en la ruptura molecular de la membrana celular, la cual dispersa el citoplasma celular en el agua y lo destruye, por lo que la reactivación del microorganismo es imposible. (pág. 96)

Debido a su elevada reactividad, el ozono se desintegra rápidamente en el agua de forma que su efecto residual se considera prácticamente nulo. A diferencia del cloro, no deja olor ni sabor después del tratamiento. Asimismo, es mucho más activo que éste, pero por falta de un residual persistente, la ozonificación generalmente se acompaña de otro proceso de desinfección como la cloración. (pág. 96)

b. Desinfección con cloro

Según la Organización Mundial de Salud (2008)

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas; por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables, como el aldicarb; puede oxidar especies disueltas, como el manganeso (II), y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior. (pág. 147)

Además, para Ponce Ochoa (2005)

El cloro elimina las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. Además reduce malos olores y sabores, al oxidar muchas sustancias como el Fe (II) y el Mn (II), destruye el sulfuro de hidrógeno, remueve amoníaco y otros compuestos nitrogenados que impiden la desinfección. (pág. 74)

Los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen el recrecimiento microbiano y proporcionan protección continua. Esta propiedad es muy importante en los sistemas tradicionales de potabilización de agua (plantas municipales), ya que la presencia de éste mantendría la higiene del agua de la salida de la planta de tratamiento a la llave del consumidor. (pág. 74)

Por otro lado, según la Organización Mundial de la Salud (2008), la cloración puede realizarse mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito cálcico, o mediante generadores de cloro in situ. El cloro, en cualquiera de estas formas, se disuelve en el agua y forma ión hipoclorito (ClO^-) y ácido hipocloroso (HClO). (pág. 147)

De estas dos especies únicamente el ácido hipocloroso HClO tiene capacidad desinfectante. El porcentaje de reparto de ambas especies viene determinado por el pH; es por tanto de vital importancia el ajuste y control del pH para una correcta desinfección de agua con cloro.

c. Desinfección por carbón activado

La Organización Mundial de Salud (2008) indica que el carbón activado se produce mediante calentamiento controlado de material carbonoso, normalmente madera, carbón, cáscaras de coco o turba. Además se puede utilizar en polvo (CAP) o en forma granular (CAG). La elección entre una u otra dependerá de la frecuencia del uso y la dosis que se necesiten; prefiriéndose generalmente el CAP si la contaminación es estacional, intermitente, o si se necesitan dosis bajas (pág. 151).

Según la empresa SOLUCIONES PARA AGUA (2013) la activación del carbón produce una excelente superficie de filtración, permitiéndole tener una gran capacidad de absorción de impurezas del agua. Gracias a ello remueve el cloro y la materia orgánica que es la causante del mal olor, color y sabor en el agua. Asimismo, remueve orgánicos como fenoles, muchos pesticidas y herbicidas del agua. Todo ello sin alterar la composición original de ésta.

De igual manera, la Organización Mundial de Salud (2008) indica que el carbón activado se utiliza para eliminar del agua plaguicidas y otras

sustancias orgánicas, compuestos que producen sabores y olores, cianotoxinas y carbono orgánico total. (pág. 151)

Además menciona que la vida útil del filtro depende de la capacidad del carbón utilizado y del tiempo de contacto del agua con el carbón. Asimismo, depende en gran medida de la calidad del agua a tratar y la frecuencia de los retrolavados del filtro. (pág. 151)

Por otro lado, el funcionamiento del filtro de carbón activado es muy sencillo, consiste en introducir agua al filtro de carbón activado, la cual por acción de la gravedad o una presión artificial circulará hacia abajo pasando por el lecho de carbón activado, el cual adsorbe sustancias que luego deberán ser retiradas. En la parte inferior se recupera el agua ya filtrada a través de un sistema de drenaje. (EPA United States Environmental Protection Agency, 2012)

d. Desinfección con radiación UV

Según la empresa AQUANOVA PERÚ (2013) la tecnología de tratamiento de agua por rayos ultravioletas es una tecnología avanzada de desinfección de agua. Los rayos UV alteran el ADN de los microorganismos presentes en el agua, eliminándolos, o inactivándolos genéticamente para impedir su reproducción. Este proceso tiene una eficiencia en la eliminación de virus y bacterias del 99.9%. Además no altera el olor, sabor, color, pH del agua ni necesita la adición de productos químicos.

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (2008) indica que esta tecnología se puede utilizar para inactivar protozoos, bacterias, bacteriófagos, levaduras, virus, hongos y algas. Por otro lado, la turbidez del agua puede inhibir su desinfección mediante radiación UV, por lo que es recomendable eliminarla del agua para después pasar por la lámpara UV.

Según Valdiviezo León (2012)¹ la desinfección por ultravioleta usa la luz como fuente encerrada en un estuche protector, montado de manera que, cuando pasa el flujo de agua a través del estuche, los rayos ultravioleta son emitidos y absorbidos dentro del compartimiento.

Por último, la OMS (2008) indica que la radiación UV cuando se aplica junto con ozono puede ejercer una potente acción catalizadora de reacciones de oxidación. (pág. 148)

1.2.3. *Purificación biológica del agua*

La empresa BIO AGUA (2010) y LENNTECH (2012) indican que la purificación biológica del agua se realiza para bajar la carga orgánica de compuestos orgánicos disueltos. Los microorganismos, principalmente bacterias, hacen la descomposición de estos compuestos. Hay dos categorías principales de tratamiento biológico: tratamiento aerobio y tratamiento anaerobio. Para el primero se requiere la presencia de oxígeno para efectos de la descomposición de materia orgánica; para ello, el agua es aireada con aire comprimido o en algunos casos, simplemente con oxígeno. Mientras que en el tratamiento anaerobio se realiza la descomposición por medio de microorganismos que no requieren de oxígeno.

¹ A lo largo de la tesis se referencian una serie de entrevistas realizadas a expertos, cuyos cargos se mencionan en el ANEXO YY.

En el ANEXO A se presenta una tabla resumen de los procesos de purificación de agua más importantes que existen y los beneficios que ofrece cada uno de ellos.

1.3. Plantas de tratamiento

Según Chávez de Allain (2012), una planta de tratamiento de agua se define como el conjunto de operaciones unitarias que pueden ser de tipo físico, químico o biológico y que tienen como fin último eliminar o, en su defecto, reducir la contaminación o los parámetros no deseables del agua a tratar para obtener agua de mejor calidad con las características deseadas. Según sea el tipo de agua que se tenga como afluente, ya sea aguas residuales domésticas o industriales, agua del pozo, etc., y del uso que se le vaya a dar al agua tratada, ya sea para riego de cultivos, parques e incluso consumo humano, se pueden tener diversas plantas de tratamiento con diferentes procesos cada una.

1.3.1. Pretratamiento

De acuerdo a lo indicado por Chávez de Allain (2012) en este paso lo que se pretende es remover los sólidos grandes y arenosos que por ser abrasivos pueden deteriorar los equipos mecánicos del tratamiento propiamente dicho. Para ello se utilizan rejillas o parrillas, tamices y desarenadores. En algunos casos, dependiendo del tipo de afluente, se utilizan trituradores para remover más fácilmente los sólidos grandes de éste. (pág. 22)

1.3.2. Tratamiento primario o tratamiento físico-químico

Chávez de Allain (2012) señala que en este primer tratamiento se busca eliminar la mayor cantidad posible de materia suspendida que no haya sido retenida en el proceso previo. Esto por medios físicos complementados con medios químicos.

1.3.3. Las operaciones unitarias normalmente utilizadas son la sedimentación, flotación, floculación y neutralización. (págs. 41-42) Tratamiento secundario o tratamiento biológico

Según Chávez de Allain (2012) hay compuestos que no se pueden eliminar en el primer tratamiento físico como es el componente biológico, que es más difícil de aislar. Así pues, en este tratamiento se busca eliminar la contaminación orgánica disuelta mediante una sedimentación secundaria. (pág. 51)

1.3.4. Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico

De acuerdo a lo indicado por Chávez de Allain (2012) en este tratamiento se eliminan contaminantes orgánicos no biodegradables (compuestos sintéticos) y nutrientes minerales como los fosfatos, nitritos y nitratos. Estos compuestos nitrogenados deben ser removidos en casos especiales según lo establezca el permiso de descarga de la planta de tratamiento, por lo que su implantación no es requisito general en todas las plantas.

Entre los métodos de tratamiento terciario están: la osmosis inversa, que elimina casi todas las sales y solutos de bajo peso molecular, la nitrificación, que elimina el nitrógeno mediante la acción de microorganismos bacterianos, y el intercambiador iónico, el cual permite extraer disolventes sólidos del agua y remover la dureza de la misma, reemplazando el calcio y magnesio del agua por otro ión sodio. (págs. 105-110)

1.3.5. Desinfección

Chávez de Allain (2012) menciona que el objetivo en esta última etapa es matar bacterias enteropatógenas y virus que no fueron eliminados en las etapas previas de tratamiento. Por lo general, el agua pasa por filtros que adsorben o eliminan bacterias, asegurando la buena calidad después del tratamiento. Así pues, se recomienda el uso de lámparas UV y la dosificación con cloro. (págs. 11-113)

Los equipos y el proceso que se decida para la planta de tratamiento debe ser tal que, según sea el uso que se le vaya a dar al agua tratada, la calidad de la misma cumpla con la norma bajo gestión. En Perú se utiliza el Decreto Supremo N° 031-2010-SA de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), la cual establece unos Límites Máximos Permisibles (LMP), de tal manera que ningún valor de los parámetros que definen la calidad del agua, los debe sobrepasar. Estos LMP son de acuerdo al uso que se le vaya a dar al agua tratada.

1.4. Bebederos

1.4.1. Definición

Según Puyuelo y Merino (2010), un bebedero es una estructura conformada por un pedestal o soporte y una fuente, la cual responde generalmente al sistema que se ha de incluir en el interior del soporte para dispensar el agua. La instalación mínima requiere de una toma de agua y una salida de agua ocasionalmente por un grifo o caño. Como principal requisito puede considerarse que los materiales sean resistentes a la corrosión y permitan mantener la higiene que precisa su utilidad y mantenimiento.

A la hora de determinar el diseño de una fuente es conveniente tener en cuenta su posible localización e identificación por personas con discapacidad visual tanto para su posible empleo, como para que no resulte un obstáculo peligroso. (pág. 4)

1.4.2. Características técnicas

.1 Materiales

Como se ha explicado anteriormente, las principales cualidades que han de cumplir los materiales en el diseño y la construcción de un bebedero son su resistencia a la corrosión, fácil mantenimiento y ser apropiados para mantener la higiene que precisa el agua de consumo.

Según Puyuelo y Merino (2010):

Por lo que se refiere a su instalación, algunos modelos cuentan con marco metálico para ser enrasado con el pavimento, otros se ajustan a la dimensión de la arqueta de recogida de agua

mientras que otras se instalan sobre un pedestal de piedra, ladrillo visto u hormigón. (pág. 7)

.2 Componentes

Según Puyuelo y Merino (2010), los componentes de un bebedero son:

- Pedestal o soporte: Es la estructura que sirve de soporte a la fuente y contiene en su interior a los sistemas de purificación, hidráulico y desagüe.
- Fuente: Es el dispositivo que recibe el agua que no es bebida por el usuario.
- Caño o grifo: Es el dispositivo de salida del agua, el cual suele ir acompañado con un mecanismo de tope, un muelle de retorno, un temporizador y un regularizador de caudal de agua o presión.
- Pulsador: Dispositivo que al ser accionado, activa la salida del agua. Éste suele estar diseñado como pedal para ser accionado con el pie; o a cierta altura en el pedestal o en la fuente para ser accionado con la mano.
- Sistema hidráulico y desagüe, este sistema se encarga de bombear el agua hacia el caño o grifo. De igual forma también se encargará de desaguar el agua utilizada.

.3 Sistema de purificación

Según sea el diseño y las dimensiones del bebedero, ofertado por los proveedores de estos equipos, se podrá colocar diferentes filtros o equipos para la desinfección y/o tratamiento del agua antes de llegar al consumidor final. Los filtros más comunes que vienen incluidos en los bebederos son el filtro de sedimentos y el filtro de carbón activado.

1.4.3. Ejemplos

En la Ilustración 1.1, Ilustración 1.2 e Ilustración 1.3 se muestran algunos modelos de bebederos que existen en el mercado.

Ilustración 1.1. Bebederos empotrables

Fuente: (Halsey Taylor, 2013)



Ilustración 1.2. Bebedero cónico
Fuente: (Dispensers & Watter Supply, 2012)



Ilustración 1.3. Bebedero rectangular
Fuente: (BONAVISTA, 2012)



Capítulo 2.

Marco legal

Todo proyecto se desarrolla en un país que tiene unas leyes y normas que lo rigen, por lo que el proyecto debe ajustarse al marco jurídico y legal que esté vigente. Se debe tener en cuenta que sin importar qué tan rentable sea el proyecto, antes de iniciar sus operaciones debe cumplir con las disposiciones jurídicas vigentes de la empresa y del país en que se llevará a cabo.

Para poder realizar una buena evaluación, es necesario recolectar las leyes y reglamentos del gobierno que conciernen con el tema sobre el que va a tratar el proyecto. En nuestro caso, estos reglamentos tienen que ver con la explotación de un reservorio de agua subterránea y la posterior purificación y distribución de agua potable para consumo humano en la Universidad de Piura.

El primer paso en el marco legal es la definición del tipo de sociedad mercantil que regirá el proyecto. Como el proyecto se llevará a cabo dentro de la Universidad de Piura no tendrá un tipo de sociedad mercantil diferente al del centro de estudios.

De acuerdo a lo indicado por la Organización Mundial de la Salud (2008), el agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). En el caso del consumo de agua el hombre se vale de fuentes naturales para su posterior tratamiento bajo ciertos estándares de calidad. Siendo este aspecto de vital importancia, ya que podrían generarse un sin fin de enfermedades a adultos y niños. (pág. 11)

Es por ello que el siguiente paso se relaciona con la principal autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas, la Organización Mundial de la Salud (OMS). Ésta desempeña una función de liderazgo en los asuntos ligados a la sanidad, investigación, establecimiento de normas internacionales, apoyo técnico (ligado a este rubro) a las naciones y vigilancia de las tendencias sanitarias mundiales. Así pues, la Organización Mundial de la Salud participa de la regulación internacional de la calidad e inocuidad del agua para el consumo humano.

Por su estado de promotor, regulador y controlador de la sanidad del agua para consumo humano a nivel internacional, la OMS se hace presente a través de unas “Guías para la calidad de agua potable”. Esta información contiene un total de 11 capítulos que van desde los conceptos básicos hasta los aspectos relativos a la aceptabilidad del líquido vital.

A continuación se explica los puntos más relevantes de la norma internacional. Una explicación más a detalle se encuentra en el documento original que presenta la OMS.

2.1. Guías para la calidad del agua potable

Según la Organización Mundial de la Salud (2008) :

Las Guías para la calidad del agua potable explican los requisitos necesarios para garantizar la inocuidad del agua, incluidos los procedimientos mínimos y valores de referencia específicos, y el modo en que deben aplicarse tales requisitos. Describe asimismo los métodos utilizados para calcular los valores de referencia, e incluye hojas de información sobre peligros microbianos y químicos significativos. (pág. 1)

2.1.1. Las guías: un marco para la seguridad del agua de consumo

La Organización Mundial de la Salud (2008), establece que las Guías describen un marco para una gestión preventiva de la “seguridad del agua de consumo” que consta de cinco componentes clave:

- Metas de protección de la salud basadas en una evaluación de los peligros para la salud.
- Evaluación del sistema de abastecimiento de agua para determinar si puede, en su conjunto (del origen del agua al punto de consumo, incluido el tratamiento) suministrar agua que cumpla con las metas de protección de la salud.
- Monitoreo operativo de las medidas de control del sistema de abastecimiento de agua que tengan una importancia especial para garantizar su inocuidad.
- Planes de gestión que documenten la evaluación del sistema y los planes de monitoreo que describan las medidas que deban adoptarse durante el funcionamiento normal y cuando se produzcan accidentes, incluidas las aplicaciones, mejoras y la comunicación.
- Un sistema de vigilancia independiente que verifique el funcionamiento correcto de los componentes anteriores. (pág. 27)

Asimismo, éstas Guías pueden presentar información de aspectos microbiológicos, químicos, radiológicos y relativos a la aceptabilidad; con el fin que todo se complemente y tenga un sustento más fuerte.

2.1.2. *Aplicación de las guías en circunstancias concretas*

.1 *Grandes edificios*

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), para grandes instalaciones o edificios es necesario que las autoridades de los mismos se hagan responsables de la elaboración e implementación de planes de seguridad de agua. Esto bajo estándares que dicta la norma y bajo juicio de expertos.

Los principales riesgos en los sistemas de distribución de agua de consumo de grandes edificios son el acceso de contaminación microbiana, la proliferación y dispersión de bacterias que crecen en superficies en contacto con el agua, y la contaminación del agua con sustancias químicas de los materiales de tuberías y elementos de fontanería.

De acuerdo a lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (2008), para la evaluación del sistema de distribución del edificio deben incluirse las siguientes cuestiones:

- Presión del agua en el sistema;
- Intermitencia del suministro;
- Temperatura del agua;
- Conexiones cruzadas, sobre todo en sistemas mixtos;
- Dispositivos de prevención del reflujo;
- Diseño del sistema orientado a reducir al mínimo los puntos ciegos o muertos (tramos de tubería cerrados en un extremo por los que no pasa agua) y otros lugares en los que puede producirse estancamiento. (pág. 90)

Respecto al tema del monitoreo ha de tenerse en cuenta:

- La temperatura, con un monitoreo frecuente en zonas remotas.
- Los desinfectantes y el pH, cuando estos se empleen.
- La calidad microbiológica del agua, particularmente tras realizar operaciones de mantenimiento o reparaciones del sistema. (pág. 91)

Un punto a tener en cuenta es que el monitoreo de la calidad de consumo de agua deberá ser más frecuente cuanto más nuevo sea el edificio hasta que esta calidad se establezca. Por otro lado, si hay casos de enfermedades que se sospecha que han sido transmitidas por el agua, puede ser necesario realizar un monitoreo diario. (pág. 91)

.2 *Agua envasada*

La Organización Mundial de la Salud (2008), señala como punto crítico de la calidad del agua envasada:

El control de los recipientes y cierres del agua embotellada, debido al tipo del material del mismo, al reúso y al tiempo de almacenamiento del líquido vital, ya que es más probable la proliferación de microorganismos en los garrafones que en las tuberías de conducción del fluido. Algunos microorganismos cuya importancia para la salud pública es normalmente escasa o nula pueden alcanzar concentraciones más altas en el agua embotellada. Esta proliferación se produce, al parecer, con menor frecuencia en el agua con gas y el agua embotellada en recipientes de vidrio que en el agua sin gas y el agua embotellada en recipientes de plástico. (pág. 99)

Según la Organización Mundial de la Salud (2008), estas guías de calidad de agua son base para la elaboración de normas sobre aguas envasadas de consumo humano en diversas naciones; es decir, sirven como guías propiamente dichas para la autoridad de salud de una determinada nación. Los estándares de calidad se alcanzarán combinando medidas de gestión, normas sobre la calidad del agua ya tratada y actividades de análisis. Existen dos organismos importantes para la reglamentación internacional del agua envasada: la Comisión del Codex Alimentarius (CAC) de la OMS y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La reglamentación en general describe el producto y sus parámetros de composición y calidad, establece límites para determinados parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y aborda aspectos relativos a la higiene, el envasado y el etiquetado. (pág. 100)

La actual Norma para las aguas minerales naturales de la CAC y el código de prácticas asociado establecen requisitos estrictos para las aguas minerales naturales, como que debe extraerse de una fuente natural, como un manantial o pozo, y que debe embotellarse sin tratamiento adicional. En cambio, la norma general para las aguas potables embotelladas/envasadas distintas de las aguas minerales naturales de la CAC incluye aguas de otras fuentes, además de los manantiales y pozos, y permite el tratamiento del agua para mejorar su inocuidad y calidad. Las diferencias entre estas normas son especialmente importantes en regiones con una larga historia de consumo de aguas minerales naturales. (pág. 100)

En la Tabla 2.1 se muestran criterios microbiológicos establecidos por la CAC para la captación, elaboración, y comercialización de las aguas minerales.

Tabla 2.1. Criterios microbiológicos

Fuente: CAC/RCP 33-1985 (Codex Alimentarius, 2011)

Parámetros	n	c	m	Plan de clase	Método (1)
E.coli (3)	5	0	n.d en 250ml	2a	ISO 9308-I
Total de bacterias coliformes (3)	5	0	n.d en 250ml	2a	ISO 9308-I
Eterococci(3)	5	0	n.d en 250ml	2a	ISO 7899/2
Bacterias anaeróbicas formadoras de esporas y sulfito reductoras (3)	5	0	n.d en 250ml	2b	ISO 6461/2
Ps. Aeriginosa (4)	5	0	n.d en 250ml	2a	ISO 16266-2006
Recuento de aerobios mesófilos/ recuento de heterótrofos en placa (2,4)	5	0	n.d en 250ml	2c	ISO 6222-1999

(1) Pueden emplearse otros métodos que ofrezcan una sensibilidad, reproductibilidad y fiabilidad equivalentes si éstos han sido validados.

(2) Punto de aplicación: sólo en la fuente, durante la producción y dentro de 12 horas después del envasado.

(3) Indicador de contaminación fecal.

(4) Indicador de control del proceso.

Donde n = número de muestras que deben cumplir los criterios; c = el máximo número permitido de unidades de muestra defectuosas en un plan de clase 2; m = un límite microbiológico que, en un plan de clase 2, separa la buena calidad de la calidad defectuosa; n.d = no detectable.

2.2. Normas en el Perú

El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. En este contexto, la Dirección General de Salud Ambiental (2011), asume la tarea de elaborar el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”.

A través de sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no solo establece límites máximos permisibles a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales, respecto a la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano; además de fortalecer a la DIGESA, en el posicionamiento como Autoridad Sanitaria frente a estos temas. (pág. 8)

Para efectos prácticos se mencionará parte del reglamento que esté directamente ligado con el proyecto planteado. Por otro lado, se puede encontrar mayor información en el documento original que presenta el Ministerio de Salud.

2.2.1. *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DIGESA*

Según la Dirección General de Salud Ambiental (2011), el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, con arreglo a la ley N° 26842 - Ley General de Salud, persigue los siguientes objetivos:

- La gestión de la calidad del agua;
- La vigilancia sanitaria del agua;
- El control y supervisión de la calidad del agua;
- La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
- Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano; y
- La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano. (pág. 9)

.1 Entidades encargadas de este reglamento

Según Dirección General de Salud Ambiental (2011), las entidades encargadas de la gestión del aseguramiento de la calidad del agua, son:

a. El Ministerio de Salud

Es la autoridad de salud a nivel nacional para la gestión de la calidad de agua para consumo humano. La ejerce a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) que tiene a cargo diseñar la política de calidad de agua, elaborar las guías y protocolos para el monitoreo y análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano, otorgar autorización sanitaria a los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano, realizar estudios de investigación del riesgo de daño a la salud por agua para consumo humano en coordinación con la Dirección General de Epidemiología, entre otros. (pág. 13)

b. Gobiernos regionales

Las autoridades a nivel regional son las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA), las cuales tienen básicamente a cargo elaborar los planes operativos anuales de los programas de vigilancia de la calidad del agua, reportar la información de vigilancia a entidades de gobierno, declarar la emergencia sanitaria en el sistema de abastecimiento de agua, establecer las medidas preventivas, correctivas y de seguridad a fin de evitar que las operaciones y procesos empleados en el sistema de abastecimiento de agua generen riesgos a la salud de los consumidores. (pág. 14)

c. Gobiernos locales provinciales y distritales

Se encarga de velar por la sostenibilidad de los sistemas de consumo humano, supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento, informar a la autoridad de salud de la jurisdicción y tomar las medidas que la ley les faculta cuando los proveedores no cumplan con la

calidad mencionada en la norma, y cooperar con estos mismos para la implementación de las disposiciones sanitarias normadas en el presente Reglamento. (pág. 15)

.2 Vigilancia sanitaria

Según la Dirección General de Salud Ambiental (2011)

Se entiende como la sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores en cumplimiento de los requisitos normados en este Reglamento. (pág. 16)

.3 Control de calidad

Según la Dirección General de Salud Ambiental (2011)

El control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee. (pág. 18)

.4 Supervisión de calidad

Con respecto a la supervisión de calidad, la Dirección General de Salud Ambiental (2011) indica

La Autoridad de Salud, la SUNASS, y las Municipalidades en sujeción a sus competencias de ley, supervisan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano de su competencia el cumplimiento de las disposiciones y los requisitos sanitarios del presente reglamento. (pág. 18)

.5 Fiscalización sanitaria

Según la Dirección General de Salud Ambiental (2011), le corresponde directamente a la Autoridad de Salud vigilar y/o denunciar el no cumplimiento del reglamento expuesto, sancionar cualquier acción que vaya en contra con la

presente norma así como también imponer las medidas de seguridad y sanciones a los proveedores en caso se infrinja este reglamento. Asimismo, le corresponde verificar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas establecidas en la acción de supervisión y la vigilancia sanitaria. (pág. 20)

Por otro lado, en caso exista un brote epidémico de enfermedades cuya transmisión se ha originado por un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano determinado, el proveedor encargado debe asumir los daños que ocasione a la población, siendo estos resarcidos en la forma y modo previsto en la legislación vigente. (pág. 21)

2.2.2. *Aprobación, registro y autorización sanitaria*

La Dirección General de Salud Ambiental (2011) norma los aspectos técnicos y formales para las autorizaciones y registros señalados en el presente Reglamento, según lo cual establece que:

La DIRESA, GRS o DISA es responsable en su respectiva área geográfica de otorgar registro a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano que son administrados por empresas privadas o públicas, municipales, juntas administradoras u otra organización comunal. Para que se otorgue este registro la Autoridad de Salud debe evaluar el informe de la fuente de suministro, que deberá incluir la calidad físico-química, bacteriológica y parasitológica expedida por un laboratorio certificado, la memoria descriptiva del sistema de tratamiento con el que cuentan y otros requisitos que DIGESA establezca. (págs. 21-22)

Respecto a la aprobación del plan de control de calidad el proveedor deberá presentarlo con la debida suscripción por un ingeniero sanitario colegiado habilitado con especialización en tratamiento de agua. El plan deberá contar con un programa de monitoreo de los parámetros que exige la norma expuesta, el plan de calidad, y cómo su estudio se aplicará desde la fuente hasta su empaque como producto final. Se deberá presentar este documento a la Autoridad de Salud para su respectiva aprobación mediante Resolución Directorial. (pág. 23)

2.2.3. *Abastecimiento de agua, proveedor y consumidor*

.1 *Sistema de abastecimiento de agua*

Según la Dirección General de Salud Ambiental (2011), el sistema de abastecimiento de agua atiende a los consumidores a través de los siguientes tipos de suministro:

- Conexiones domiciliarias;
- Piletas públicas;
- Camiones cisterna; y,
- Mixtos, que es combinación de los anteriores.

Considera que en caso el abastecimiento sea directo mediante pozo, lluvia, río, manantial entre otros, se entenderá como recolección individual el tipo de suministro. (pág. 24)

Asimismo la Autoridad Sanitaria Nacional normará los requisitos necesarios que los componentes del sistema deben cumplir para estar en

concordancia con las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, además se deberá considerar sistemas de protección, condiciones sanitarias internas y externas, sistemas de desinfección y otros requisitos de índole sanitario. (pág. 25)

.2 *Del proveedor del agua para consumo humano*

Según Dirección General de Salud Ambiental (2011), el proveedor de agua para consumo humano está obligado a suministrar agua cumpliendo con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la norma. En la Tabla 2.2 y en la Tabla 2.2 se muestran los Límites Máximos Permisibles de cada parámetro que determina la calidad del agua.

Tabla 2.2. Límites máximo permisibles (LMP)

Fuente: DIGESA (2011)

Parámetros Microbiológicos	Unidad de medida	LMP
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100ml a 35°C	0(*)
E.Coli	UFC/100ml a 44,5°C	0(*)
Bacterias Termotolerantes o Fecales.	UFC/100ml a 44,5°C	0(*)
Bacterias Heterotróficas	UFC/100ml a 35°C	500
Huevos o larvas de Helmintos, quistes y coquistes de protozoarios patógenos.	N°orgL	0
Virus	UFC/ml	0
Organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos.	N°orgL	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*)En caso de analizar por la técnica de NMP por tubos múltiples =< 1,8/100ml

Tabla 2.3. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Fuente: DIGESA (2011)

Parámetros Organolépticos	Unidad de medida	LMP
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad a (25°C)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500
Sólidos totales disueltos	mgL^{-1}	1 000
Cloruros	$\text{mgCl}^{-1}\text{L}^{-1}$	250
Sulfatos	$\text{mgSO}_4^{-2}\text{L}^{-1}$	250
Dureza total	$\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$	500
Amoniaco	$\text{mgNH}_3\text{L}^{-1}$	1,5
Hierro	mgFeL^{-1}	0,3
Manganeso	mgMnL^{-1}	0,4
Aluminio	mgAlL^{-1}	0,2
Cobre	mgCuL^{-1}	2,0
Zinc	mgZnL^{-1}	3,0
Sodio	mgNaL^{-1}	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

- Controlar la calidad del agua que suministra para el consumo humano de acuerdo a lo normado en el presente Reglamento;
- Inscribirse en los registros que la Autoridad de Salud administra en sujeción al presente Reglamento;
- Suministrar a la Autoridad de Salud y al órgano de control toda información vinculada con el control de calidad del agua, con carácter de declaración jurada;
- Colaborar en las acciones de protección y recuperación de las fuentes hídricas que la autoridad establezca;
- Informar a la Autoridad de Salud, al órgano de control y a los consumidores de las alteraciones, modificaciones o contingencias presentadas en el servicio de suministro del agua en forma oportuna e indicando las medidas preventivas y correctivas a tomar;
- Obtener los registros, aprobaciones y autorizaciones sanitarias que establece el presente Reglamento;
- Brindar las facilidades que se requiera a los representantes autorizados del órgano de supervisión y de salud, para realizar las acciones de vigilancia y supervisión; y
- Cumplir con las demás disposiciones del presente Reglamento y de las normas técnicas que emitan la autoridad de salud de nivel nacional. (págs. 25-26)

.3 *Del consumidor*

Según Dirección General de Salud Ambiental (2011), el consumidor de agua para consumo humano está obligado a:

- Comunicar a los proveedores, a la municipalidad, a la SUNASS y a la Autoridad de Salud, cuando detecte cualquier alteración organoléptica en el agua o falla en el sistema;
- Almacenar el agua para consumo humano con el cuidado necesario a fin de evitar la contaminación, aplicando hábitos de higiene adecuados y previendo depósitos con cierre o tapa segura;
- Facilitar las labores de inspección al personal técnico de las entidades proveedoras y a las autoridades de salud y de supervisión, debidamente identificados;
- Cumplir las disposiciones referidas al pago de la tarifa o cuota aprobada del suministro para contribuir con la sostenibilidad de calidad del agua;
- Participar en campañas de protección y uso del agua, que las autoridades competentes promuevan;
- Contar con un suministro de agua para consumo humano que cumpla con los requisitos establecidos en el presente Reglamento;

- Acceder a la información sobre la calidad del agua en forma gratuita y oportuna; y
- Hacer uso racional del agua y acatar las disposiciones que la Autoridad Sanitaria disponga en caso de emergencia. (pág. 27)

2.2.4. *Medidas de seguridad y sanciones*

De acuerdo a la Dirección General de Salud Ambiental (2011), las medidas de seguridad y sanciones que se aplicarán en caso la calidad del agua para consumo humano represente un riesgo alto para la salud de las personas, son:

- Comunicación por medios masivos de difusión en caso haya peligro de daño a la salud de la población;
- Incremento de la cobertura y frecuencia del control o de la vigilancia sanitaria;
- Suspensión temporal del servicio;
- Cierre parcial del sistema de tratamiento o de distribución de agua; y
- Otras medidas que la Autoridad de Salud disponga para evitar que se cause daño a la salud de la población. (pág. 31)

Las medidas de seguridad son adoptadas por las entidades responsables y/o que participan en la gestión de la calidad de agua de consumo humano.

Se considera infracción, toda acción u omisión de los proveedores de agua o entidades que administran sistemas de agua para consumo humano, así como de los consumidores que incumplieren o infringieren las disposiciones contenidas en el presente Reglamento y sus normas correspondientes. (pág. 31)

Existen diferentes tipos de infracciones que dependiendo de su magnitud pueden ser leves, graves o muy graves, las cuales tendrán como consecuencia sanciones por parte de la Autoridad de Salud correspondiente y pueden ir desde una amonestación hasta la cancelación de la autorización sanitaria o registro sanitario. (págs. 31-33).

Capítulo 3. **Antecedentes – Universidad de Piura**

3.1. Abastecimiento y demanda interna

La Universidad de Piura terceriza el servicio de aprovisionamiento de agua potable con tres proveedores, los cuales son Fuente, Santa Marina y Spring. Durante el año 2012 se compraron en promedio 265 bidones por mes incurriendo en un gasto anual de aproximadamente S/. 21,954.00 soles por compra de bidones de agua de mesa. Para mayor detalle ver ANEXO B.

En la Tabla 3.1 se indica el abastecimiento mensual en promedio por cada proveedor.

Tabla 3.1. Abastecimiento de bidones en UDEP
Fuente: Entrevista a Asistente de logística (2013)

Proveedor	Abastecimiento promedio mensual	Costo unitario (S/.)	Costo total anual (S/.)
Fuente	133 bidones	7.00	11,179.00
Santa Marina	77 bidones	7.00	6,524.00
Spring	55 bidones	6.50	4,251.00
Gasto total anual (S/.)			21,954.00

3.2. Información histórica de la calidad del agua de la Universidad de Piura

El Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura realizó una serie de ensayos de laboratorio para analizar la calidad del agua del pozo de la universidad. Estos ensayos se realizaron una vez al mes, desde el mes de mayo del 2009 al mes de mayo del 2011. Para ello se usaron 2 muestras, una de ellas obtenidas del mismo pozo de agua de la universidad y la otra muestra del agua de uno de los grifos

del mismo laboratorio de Ingeniería Sanitaria. Esta última muestra se determinó con la finalidad de verificar que no exista contaminación adicional del agua del pozo una vez que pasa por las tuberías.

Debido a las características geológicas de los acuíferos subterráneos de la ciudad de Piura, el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, analizó solo parámetros mencionados a continuación, por ser los más relevantes en cuanto al estudio de la calidad el agua del pozo. Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- Temperatura del agua
- Temperatura del ambiente
- pH
- Conductividad eléctrica
- Sólidos Disueltos Totales
- Recuento Total de bacterias heterotróficas
- Coliformes termotolerantes
- Coliformes totales

En el ANEXO C se muestran los resultados obtenidos de los ensayos representados en tablas y gráficos. De los gráficos se pueden obtener las siguientes observaciones:

- En cuanto al pH, se evidencian ciertos cambios a lo largo de cada año tanto para el agua del pozo como para el agua del grifo. Para ambos casos se cumple con el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA.
- Con respecto a los sólidos disueltos totales, no hay mucha diferencia entre el agua del pozo y del grifo. Se puede observar que en ambos casos nunca se cumple con el Límite Máximo Permisible de este parámetro establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA.
- La conductividad eléctrica del agua del pozo y del grifo no presenta mucha diferencia entre uno y otro, ambos presentan una cierta estabilidad a lo largo de cada año. Sin embargo, se puede observar que a medida que pasan los años el agua presenta menos conductividad eléctrica. Por otro lado, en ningún caso se cumple con el Límite Máximo Permisible de dicho parámetro establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA.
- En cuanto a los coliformes termotolerantes, se observa una gran diferencia entre la cantidad de coliformes termotolerantes del agua del grifo y la del pozo. Para el caso del agua del grifo se puede observar que dicho parámetro siempre está por debajo del Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Sin embargo, el agua del pozo presenta mucha irregularidad a lo largo de cada año y pocas veces el no cumplimiento con el Límite Máximo Permisible de dicho parámetro establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA.
- Con respecto a los coliformes totales, también se evidencia una gran diferencia entre el agua del pozo y la del grifo. El agua del pozo presenta mucha irregularidad, sin cumplir algunas veces con el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Por otro lado, el agua del grifo presenta mayor regularidad en la cantidad de coliformes totales; sin embargo, pocas veces tampoco cumple con la norma.

- En cuanto al recuento de bacterias heterotróficas, se evidencia también una gran diferencia entre el agua del pozo y el agua del grifo. Para el caso del agua del grifo, cumple siempre con el Límite Máximo Permisible. En cambio, el agua del pozo no cumple con ello, presentando una gran irregularidad a lo largo de los meses de cada año.

En conclusión, se puede observar el no cumplimiento de la norma según el D.S. 031-2010-SA de los indicadores de calidad de agua relacionados con el contenido de sales, tales como Conductividad eléctrica y Sólidos totales disueltos, tanto del agua del pozo como del agua el grifo del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria UDEP. Esta característica salobre del agua es debida a las características geológicas del acuífero subterráneo en la ciudad de Piura.

Por otro lado, de acuerdo al Decreto Supremo No. 031-2010-SA, de los resultados obtenidos, el agua del pozo y del grifo no cumplen algunas veces con los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles, para los indicadores microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y Recuento Heterotrófico.

Por lo tanto, para que el agua del pozo pueda ser consumida es de suma importancia un tratamiento físico-químico de la misma para disminuir las sales, y también un tratamiento microbiológico para combatir coliformes totales, coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas.

3.3. Informe técnico de la calidad del agua del agua de mesa de la Universidad de Piura

El día 12 de Enero del 2012 el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura realizó un ensayo a las diversas aguas envasadas adquiridas por el Servicio de Logística de la Universidad de Piura—a través de proveedores, con la finalidad de comprobar su calidad microbiológica. (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, 2012)

Las muestras analizadas y reportadas en los Informes de Ensayo IE-320/2011 e IE 321/2011 emitidos por el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura fueron identificadas de la siguiente manera:

- **M1:** Agua embotellada “Santa Marina”. Bidón con grifo, de 20 L, sellado.
- **M2:** Agua embotellada “Agua Fuente”. Bidón sellado con grifo de 20 L.
- **M3:** Agua embotellada “Spring”. Bidón sellado con grifo de 20 L.
- **M4:** Agua embotellada “Agua del Polo”. Bidón con grifo, de 20 L, sellado.

Los resultados obtenidos de este ensayo se muestran en el ANEXO D y se explican a continuación:

- De acuerdo al Decreto Supremo No. 031-2010-SA, las muestras M1, M2 y M3 evaluadas cumplen con los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles, para los indicadores microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, E.coli, Organismos parásitos, Organismos de vida libre, Pseudomona aeruginosa. Sin embargo, en las tres muestras M1, M2 y M3, se observa que se excede el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido para las bacterias heterotróficas, siendo la más crítica el agua correspondiente a la muestra M3 (Agua “Spring”) con 13000 ufc/100 mL y la

menos crítica el agua correspondiente a la muestra M2 (Agua “Fuente”) con 3100 ufc/mL; siendo el LMP recomendable 500 ufc/mL.

- De los ensayos realizados en la muestra M4, correspondiente a “Agua del Polo”, se observa, además de presencia de bacterias heterotróficas del orden de 14000 ufc/mL, presencia de coliformes totales y termotolerantes (fecales), que aunque están presentes en concentraciones bajas, no son aceptadas en un agua de bebida.

Por lo tanto, de las cuatro aguas envasadas evaluadas, la correspondiente a M4 (“Agua del Polo”) es la más crítica.

Asimismo, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

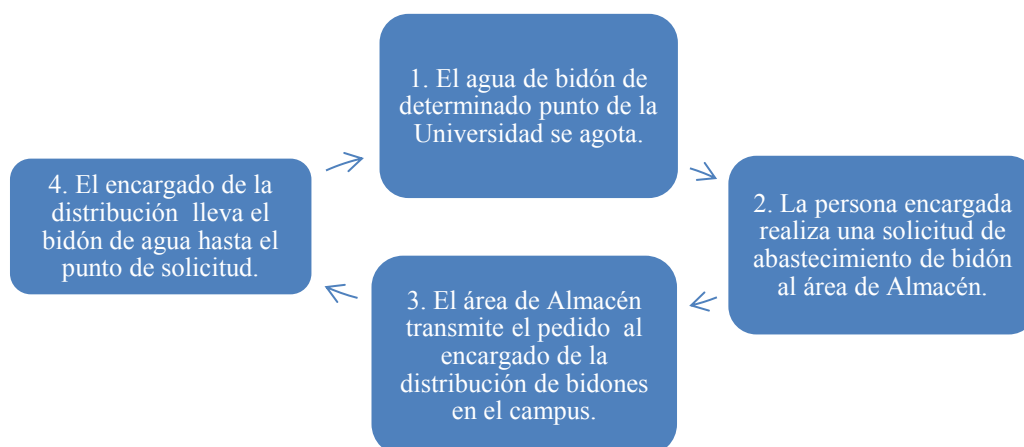
- El agua envasada correspondiente a la muestra M4, presenta coliformes totales y coliformes termotolerantes, siendo estos últimos de origen fecal; por lo que en ningún caso debe ser aceptada como agua de bebida. Debido a esta razón es que actualmente este proveedor ya no abastece a la Universidad de Piura.
- Ninguna de las aguas evaluadas garantiza la calidad aceptable como agua de bebida, ya que el exceso de bacterias heterotróficas, que es un indicador de proliferación microbiana, en las aguas envasadas M1, M2, M3 y M4 evaluadas refleja deficiencia en la limpieza y desinfección de los bidones y de las unidades del sistema de tratamiento especialmente reservorios, filtros, tanques de almacenamiento; así como de la desinfección propiamente del agua.

3.4. Políticas y procedimientos de la organización

Cada departamento, facultad o área administrativa de la Universidad de Piura está habilitada para realizar pedidos de bidones de agua. El procedimiento que se sigue para el requerimiento de este bien se explica en la Ilustración 3.1.

Ilustración 3.1. Procedimiento para pedido interno de bidones de agua

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista. (Costa, 2013)

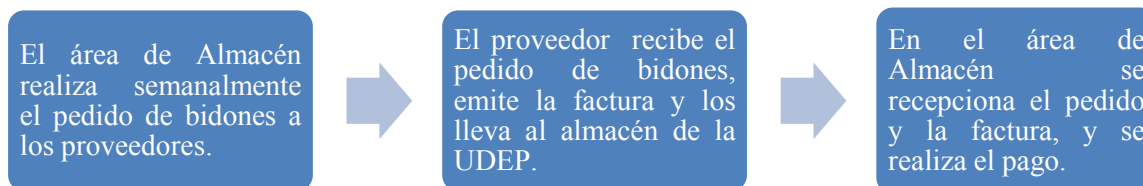


Sólo existe un encargado de la distribución de los bidones de agua en toda la universidad, él utiliza sólo una moto para realizar esta actividad dos veces al día, a las 10:30 am y 4:00 pm según sea el requerimiento interno.

El procedimiento a seguir para el pedido de bidones de agua a los diferentes proveedores se muestra en la Ilustración 3.2.

Ilustración 3.2. Procedimiento para pedido externo de bidones de agua

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista. (Costa, 2013)



Como se menciona anteriormente, el pedido interno se realiza según el requerimiento de agua de los usuarios, es decir puede ser diariamente. Sin embargo, el pedido externo de bidones a los proveedores se realiza semanalmente, por lo que cabe la posibilidad que la demanda interna sea mayor al inventario que se tenga de estos en almacén, creándose así un desabastecimiento de agua de mesa en las oficinas de la universidad, y por tanto una insatisfacción por parte de los usuarios al quedarse sin agua.

Capítulo 4. Producto

4.1. Definición

El proyecto plantea el desarrollo de dos propuestas para que la Universidad de Piura se autoabastezca de agua de consumo humano de buena calidad, de tal manera que se pueda evidenciar un ahorro económico, un abastecimiento continuo de agua de mesa y una mejor calidad del agua, obteniendo así una mejora en su servicio actual.

La primera propuesta es la construcción de una planta de tratamiento de donde se obtenga agua de óptima calidad que será distribuida en la universidad por medio de bidones. La segunda propuesta consiste en la implementación de un sistema de tratamiento de agua cuya distribución sea por medio de bebederos.

Una vez desarrolladas ambas propuestas, se realizará un análisis comparativo para determinar cuál es la más conveniente.

4.1.1. Agua en bidones

Esta primera alternativa plantea, como ya se mencionó anteriormente, la construcción de una planta de tratamiento en la que se tratará el agua obtenida del pozo de la universidad. Una vez tratada, dicha agua se envasará en botellones plásticos los cuales serán distribuidos hacia todas las oficinas de la universidad.

La planta de tratamiento deberá poseer una serie de mecanismos que aseguren que el tratamiento del agua sea el adecuado para obtener agua de calidad que cumpla como mínimo con la norma establecida por DIGESA en el D.S. N° 031-2010-SA para que pueda ser de consumo humano. Para ello, se realizará una serie de estudios en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura para determinar el valor de los parámetros que determinan la calidad del agua del pozo; en base a ello se planteará el sistema necesario de tratamiento y el procedimiento a seguir, considerando también las funciones del personal para su correcto funcionamiento.

Asimismo, se realizará un análisis para determinar la mejor ubicación de la planta dentro de la universidad; seguido por el diseño de la disposición de la misma, considerando el almacén de bidones, insumos, entre otros.

Por otro lado, se analizarán diversas propuestas de proveedores de los equipos para la planta, que en base al diseño que se les plantea, cotizan todo lo necesario para la misma. Una vez obtenidas dichas cotizaciones, se realizará un análisis para determinar el proveedor más conveniente.

Por último, es necesario establecer la inversión necesaria para esta propuesta, así como también su conveniencia económica a largo plazo considerando diversos gastos operativos.

4.1.2. *Bebederos*

Esta segunda alternativa plantea la implementación de un sistema de distribución de agua potable por medio de bebederos. Para ello se evaluarán dos alternativas: que el agua del pozo sea tratada por medio de un sistema de purificación interno en cada bebedero, en el cual se coloquen todos los equipos necesarios para obtener agua de calidad; y una segunda alternativa que plantea la construcción de una planta de tratamiento en la que se coloquen todos los equipos necesarios para tratar el agua y una vez tratada distribuirla hacia los bebederos ubicados en diversos puntos del campus universitario.

Tanto el sistema de purificación interno de cada bebedero como la planta de tratamiento deberá poseer una serie de mecanismos que aseguren que el tratamiento del agua sea el adecuado para obtener agua de calidad que cumpla como mínimo con la norma establecida por DIGESA en el D.S. N° 031-2010-SA para que pueda ser consumida por los seres humanos. Igual que la propuesta que contempla bidones, se realizará una serie de estudios en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura para determinar el valor de los parámetros que determinan la calidad del agua del pozo; en base a ello se planteará el sistema necesario de tratamiento y el procedimiento a seguir, considerando también las funciones del personal para su correcto funcionamiento.

Asimismo, se realizará un análisis para determinar cuál de las dos alternativas es la mejor. Posteriormente se determinará la cantidad de bebederos necesarios y la mejor ubicación de cada uno de ellos en toda la universidad.

En caso se determine que la mejor opción es la construcción de la planta de tratamiento, se diseñará la disposición en planta, seguido por el diseño de la nueva red de tuberías para distribuir el agua tratada hacia cada uno de los bebederos.

Por otro lado, al igual que la propuesta de bidones, se analizarán diversas cotizaciones de proveedores de los equipos necesarios para el sistema de tratamiento, que en base al diseño que se les plantea, cotizan todo lo necesario para el mismo. Una vez obtenidas éstas, se realizará un análisis para determinar el proveedor más conveniente.

Por último, es necesario establecer la inversión necesaria para esta propuesta, así como también su conveniencia económica a largo plazo considerando diversos gastos operativos.

Una vez analizadas las dos propuestas generales de manera independiente, se realiza un análisis comparativo considerando diversos factores de evaluación, tanto cuantitativos como cualitativos, para determinar cuál de las dos es la mejor alternativa para la Universidad de Piura.

4.2. Estudio de mercado

El estudio que se presenta a continuación nace por la necesidad de conocer las percepciones y preferencias sobre el sistema actual de aprovisionamiento de agua potable. Asimismo, para medir el nivel de aceptación hacia una nueva propuesta que brindaría a la Universidad de Piura autonomía en el servicio de aprovisionamiento de agua potable, garantizando una mejor calidad de la misma, un ahorro para la universidad y un mejor servicio de abastecimiento de agua de mesa a las diversas oficinas.

4.2.1. Antecedentes

La Universidad de Piura terceriza el servicio de aprovisionamiento de agua potable con tres proveedores, los cuales son Fuente, Agua Marina y Spring. Así, durante el año 2012 se consumieron en promedio 265 bidones al mes incurriendo en un gasto anual por compra de bidones de agua de mesa de S/. 21,954.00.

Estos bidones son repartidos directamente a las oficinas en las diversas áreas de la universidad sin una evaluación previa, confiando en la calidad del agua entregada. Sin embargo, tal como se ha evaluado en el Capítulo 3.3, la calidad de esta agua no cumple con los parámetros establecidos por DIGESA.

Asimismo, se conoce que en la Universidad de Piura uno de los problemas es que actualmente la demanda de agua de mesa es mayor que la oferta de la misma, de tal manera que muchas veces algunas oficinas se quedan desabastecidas de agua por días.

Finalmente, en los últimos años el personal del área de almacén ha manifestado empezar a tener dolores de espalda debido al trajín realizado al cargar los bidones y distribuirlas en las oficinas, algunas ubicadas incluso en terceros pisos.

4.2.2. Oportunidad

Los diversos problemas que el servicio actual de abastecimiento de agua presenta son para el proyecto una gran oportunidad. Estos problemas son la baja calidad de agua de mesa que se brinda actualmente en la universidad (Capítulo 3.3), el desabastecimiento continuo de agua de mesa en muchas oficinas, debido a que la demanda de la misma es mayor que la oferta en la universidad; y por último, los problemas de dolores de espalda en el personal de mantenimiento por la distribución de los bidones de agua. Asimismo, otras oportunidades para el proyecto son la creciente demanda de agua potable y la presencia de un propio pozo de agua en el campus. Todas ellas brindan la oportunidad de proponer una mejora que satisfaga las necesidades de los interesados.

Es por ello, que se quiere evaluar el nivel de aceptación hacia una nueva propuesta que traería a la Universidad de Piura autonomía en el servicio de aprovisionamiento de agua potable, garantizando una solución a todos los problemas antes mencionados e incluso generaría un ahorro en el servicio.

4.2.3. Metodología del estudio de mercado

.1 **Objetivo general**

Determinar la percepción sobre el sistema actual de aprovisionamiento de agua en la UDEP, así como medir el grado de aceptación para la propuesta de un nuevo sistema.

.2 **Objetivos específicos**

- Determinar la marca de agua preferida de los actuales proveedores en la Universidad de Piura y las razones de su elección.
- Determinar la marca de agua preferida de entre las que existen en el mercado (sin considerar las marcas que abastecen a la universidad).
- Determinar el nivel de fidelidad por el actual servicio de aprovisionamiento de agua de mesa en la universidad.
- Determinar las razones principales por las que los usuarios cambiarían o no el actual sistema de aprovisionamiento de agua de mesa.
- Determinar el método de distribución de agua preferido por los actuales usuarios del servicio de agua de mesa: ya sea por medio de bidones o por medio de bebederos; así como también las razones de su elección.
- Obtener criterios cualitativos para la evaluación comparativa entre las dos propuestas.
- Conocer las opiniones de los usuarios sobre posibles inconvenientes con el sistema de bebederos.

.3 **Diseño del estudio**

a. Técnica

Entrevistas personales a personal docente, obrero y administrativo de la Universidad de Piura.

b. Recolección

Un cuestionario estructurado y aprobado por la Mgtr. Ana Lucía Martínez, directora de la Unidad de Estudios de Mercado de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Dicho cuestionario (ANEXO E) fue aplicado por 6 alumnos de la universidad debidamente capacitados.

c. Universo

Personal docente, obrero y administrativo de la Universidad de Piura, campus Piura.

d. Marco muestral

Se entrevistó al 25% del personal docente, administrativo y obrero. Con un nivel de confiabilidad de 95% y un error muestral del 7%.

e. Trabajo de campo

Se entrevistó al personal entre el 10 y 12 de septiembre de 2012.

.4 Datos Generales

El universo del estudio, como se indicó, estuvo constituido por 606 personas, entre obreros, personal administrativo y planilla docente.

Se entrevistaron a 150 personas, (el detalle de las personas entrevistadas se puede ver en ANEXO F), de las cuales el 42% fue conformado por personal docente y el 58% restante, por obreros y personal administrativo.

Se entrevistaron personas de los edificios: principal, edificio 80, edificio A (Confucio), Hidráulica, Ing. Civil, Ing. Mecánica-Eléctrica, Educación, Derecho, Comunicación, Química, edificio de Gobierno, Escuela Tecnológica Superior, Centro Materno Infantil (CMI), Centro de Idiomas, Mantenimiento, Almacén, limpieza y de la Biblioteca.

4.2.4 Principales Resultados

La tabulación del estudio de mercado se muestra en el ANEXO G. Por otro lado, los principales resultados obtenidos de la misma son los siguientes:

- Para el estudio se realizaron encuestas a una muestra de 150 personas, de las cuales el 7% indicó que no consumía agua de los bidones pues no estaba satisfecho con el servicio.
- La marca Spring es la preferida de entre las marcas que abastecen actualmente a la universidad.
- La marca San Luis es la marca preferida de entre las que existen en el mercado sin considerar los proveedores de agua de mesa de la universidad.
- De las 150 personas encuestadas, el 99% definitivamente o probablemente sí cambiaría el servicio actual por el propuesto. Con esto se puede apreciar la poca fidelidad al actual servicio de aprovisionamiento de agua de mesa. Sólo un encuestado considero innecesario el proyecto aduciendo que traería problemas en el cálculo de planillas y la logística de distribución.
- De las 150 personas encuestadas, el 69% preferiría continuar con los bidones de agua (ahora tratada en la UDEP). De ellos, el 67% comenta que optaría por esta opción debido a la costumbre o comodidad, o debido a la cercanía del servicio a sus oficinas.
- Solo el 25% de las personas encuestadas preferirían que se instalen bebederos en el campus, de los cuales un 46% indica como razón principal que así habría mayor acceso al agua (incluso para los estudiantes). Un 22% comenta que preferiría esta opción debido a que se tendría un abastecimiento continuo de agua, ya que actualmente no se provee de agua de mesa a muchas de las oficinas cuando éstas lo requieren.
- De instalarse bebederos, al 66% de los encuestados no le molestaría pararse de su oficina para tomar de ellos, mientras que a un 22% sí le molestaría. Por otro lado, un 57% considera que definitivamente o probablemente no le parecería antiestético que el personal administrativo o docente beba de ellos, mientras que a un 43% sí. Otro inconveniente importante que los usuarios encuentran en el sistema de

bebederos, es con respecto a la higiene, ya que estos están expuestos a los animales del campus e incluso a las personas que no sepan beber de los mismos.

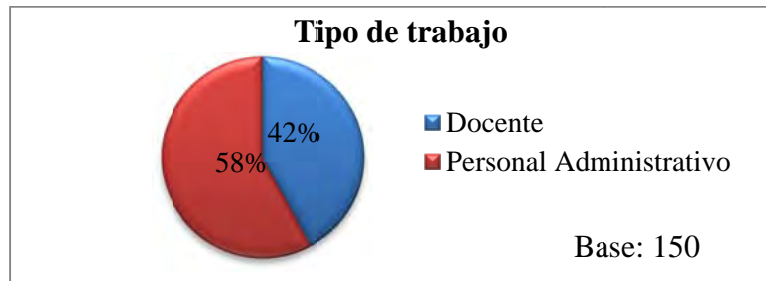
- Con respecto a las alternativas planteadas en el proyecto, varios encuestados vertieron diversas opiniones. La mayoría opinó que la mejor opción sería una propuesta mixta, es decir, un sistema de tratamiento de agua cuya distribución sea por bebederos y por bidones. Asimismo, se recogieron muchas quejas en cuanto al desabastecimiento de agua de mesa en muchas oficinas.
- Los aspectos cualitativos más valorados por los usuarios del actual servicio con respecto a las alternativas de distribución de agua de consumo son: higiene, abastecimiento continuo, beneficio a la comunidad universitaria, comodidad (cercanía y forma de beber), estética, ergonomía, medio ambiente, temperatura del agua, imagen de la universidad y aseguramiento de la calidad del agua.

4.2.5. Resultados

Tal como se mencionó anteriormente, de las 150 personas encuestadas, el 42% fue conformado por personal docente y el 58% restante, por obreros y personal administrativo.

Ilustración 4.1. Tipo de trabajo de las personas encuestadas

Fuente: Elaboración propia



En la Ilustración 4.2, se puede observar que de las 150 personas el 93% de los entrevistados sí consumen agua de bidón.

El 7% restante de los encuestados no toma agua de los bidones que actualmente se distribuyen en las oficinas, debido a que no están satisfechos con dicho servicio por la calidad del agua brindada.

Ilustración 4.2. Consumo de agua en la UDEP

Fuente: Elaboración propia

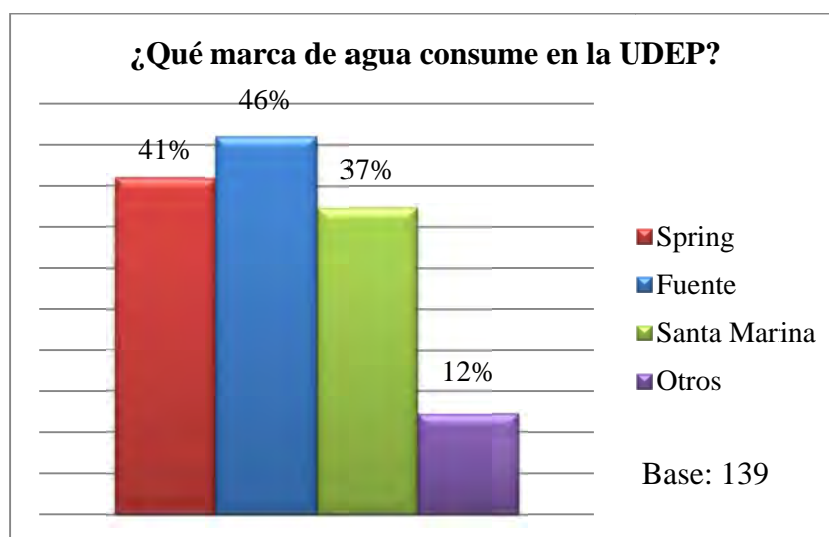


.1 Consumo y preferencias sobre el servicio actual

Para averiguar la marca de agua de mesa que los usuarios consumen en la universidad, se optó por hacer una pregunta de opción múltiple. Como se observa en la Ilustración 4.3 la suma de los porcentajes son mayores al 100%; con lo que se puede deducir que cada usuario consume más de una marca. Como ellos mencionan, consumen la marca de agua que esté disponible en la oficina.

Ilustración 4.3. Consumo por marca

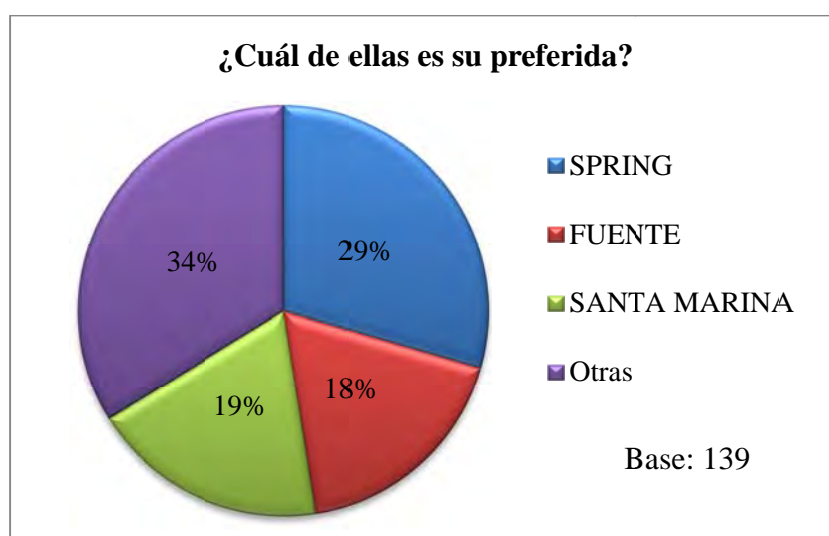
Fuente: Elaboración propia



En la Ilustración 4.4 se puede observar que la marca preferida de los encuestados, de entre las marcas de los proveedores de agua de mesa de la universidad, es “Spring” con un porcentaje de preferencia del 29%. De esta gráfica también se puede apreciar que hay un 34% que no indica como una de sus preferidas a alguna de estas marcas.

Ilustración 4.4. Marca preferida de agua de mesa

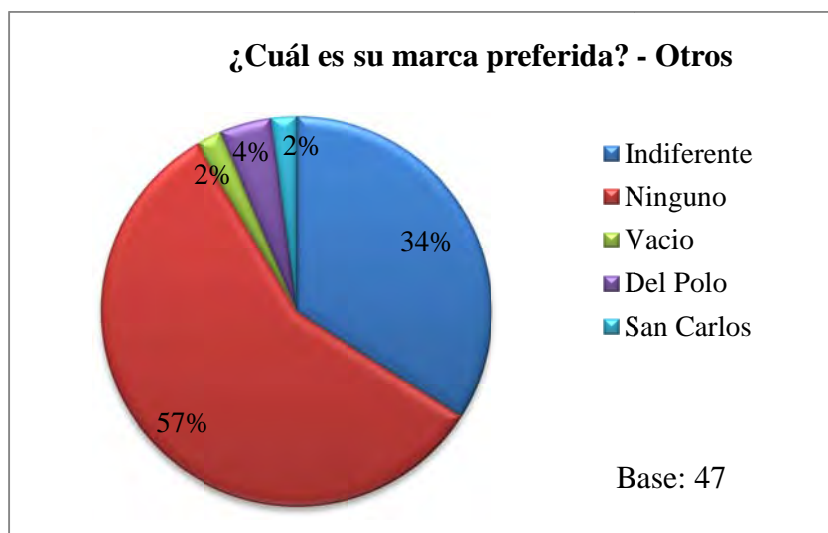
Fuente: Elaboración propia



En la Ilustración 4.5 se puede observar lo que abarca el 34% de la pregunta anterior. Un 57% de éste indica que ninguna de las marcas actuales de agua de mesa con que se abastece a la universidad es su preferida. Asimismo, a un 34% les son indiferentes dichas marcas.

Ilustración 4.5. Marca preferida de agua de mesa – Otros

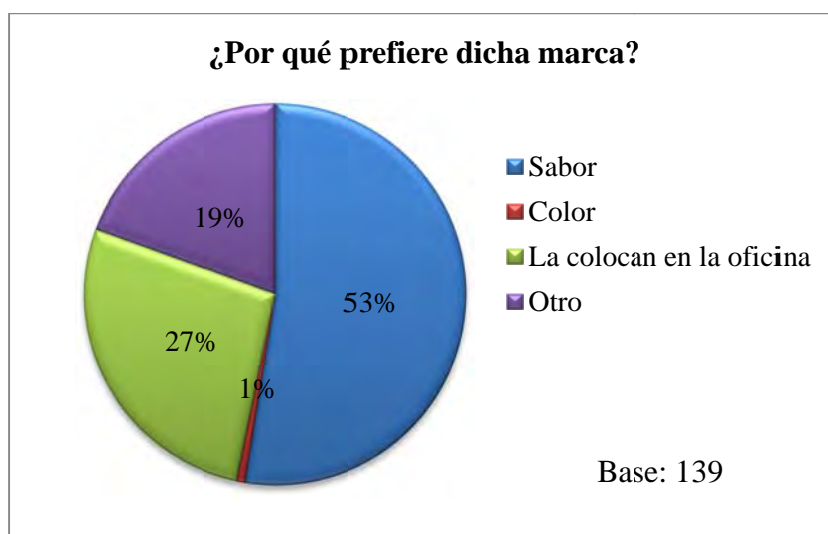
Fuente: Elaboración propia



En la Ilustración 4.6 se grafica las respuestas a la pregunta 4 de la encuesta (Ver ANEXO E), en la cual se pregunta la razón del porqué se prefiere una de las marcas de agua de mesa que abastecen a la universidad. Como parte de las respuestas se ha agregado “La colocan en la oficina”, ya que representa un valor alto del total de encuestados en la opción “Otros”. Del total de personas que consumen agua de bidón en la UDEP, el 27% respondió que la razón de su preferencia por una de las marcas es porque la colocan en la oficina y no tienen otra opción que tomarla, mientras que el 53% la prefiere por el sabor.

Ilustración 4.6. Razones de preferencia

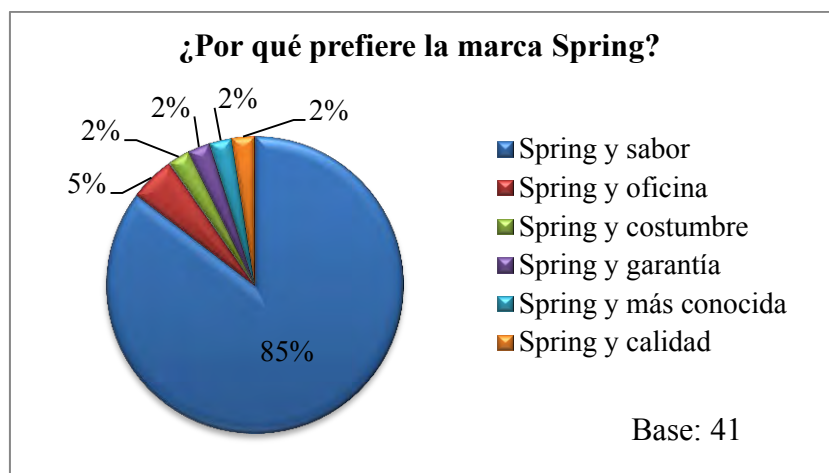
Fuente: Elaboración propia



Al ser la marca Spring la marca de agua de mesa preferida de las que abastecen a la universidad, se procedió a evaluar el porqué de su preferencia, combinando las respuestas que se obtuvieron en la pregunta 3 y 4 de la encuesta (Ver ANEXO E). Los resultados se muestran en la Ilustración 4.7.

Ilustración 4.7. Razones de preferencia de la marca Spring

Fuente: Elaboración propia

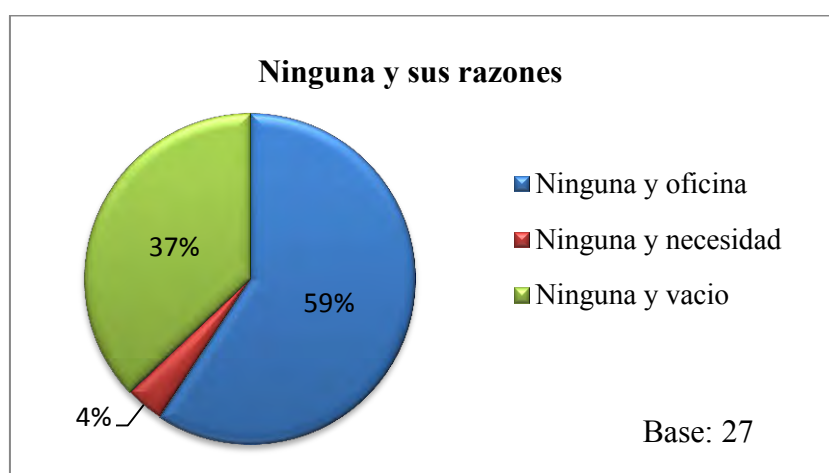


Tal como se puede apreciar en la Ilustración 4.7, el 85% de los encuestados que indicaron que de todas las marcas que se provee en la universidad Spring es la mejor, la prefirieron debido a su sabor. Por lo que el 25% (85% del 29%) del total de encuestados prefiere la marca Spring por su sabor.

Por otro lado, es también importante evaluar por qué se respondió “ninguna” cuando se preguntó sobre la marca preferida de agua de mesa que se puede consumir en las oficinas de la universidad. De igual manera, se combinan las preguntas 3 y 4 de la encuesta (Ver ANEXO E). En la Ilustración 4.8 se pueden observar los resultados.

Ilustración 4.8. Ninguna preferencia y sus razones

Fuente: Elaboración propia

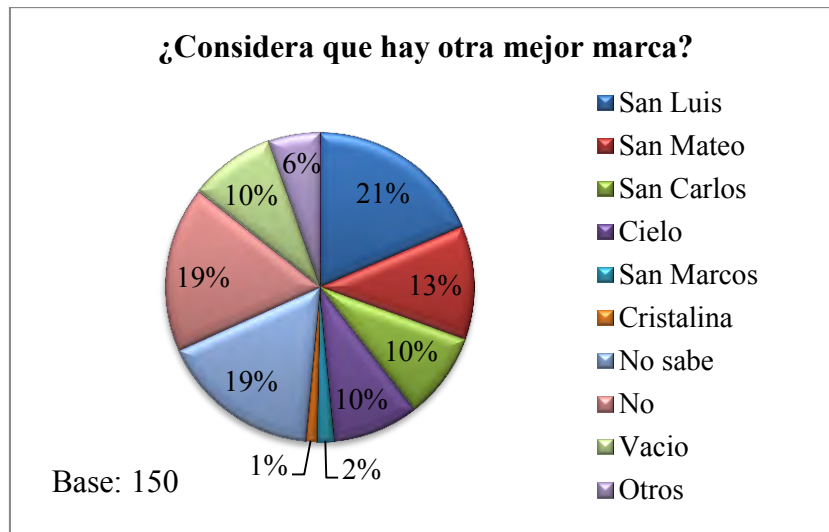


En la Ilustración 4.8 se puede observar que el 59% de las personas que no prefieren ninguna de las marcas de agua de mesa repartidas en la universidad, consumen cualquier marca tan solo porque la colocan en la oficina.

En la Ilustración 4.9 se observa que a pesar que es una pregunta múltiple, se puede determinar que del total de encuestados el 52% sí considera que en el mercado existen mejores marcas de agua que las que se ofrecen mediante el servicio actual de agua de mesa en la universidad. De las cuales “San Luis” con un 21%, es la preferida.

Ilustración 4.9. Mejores marcas en el mercado

Fuente: Elaboración propia

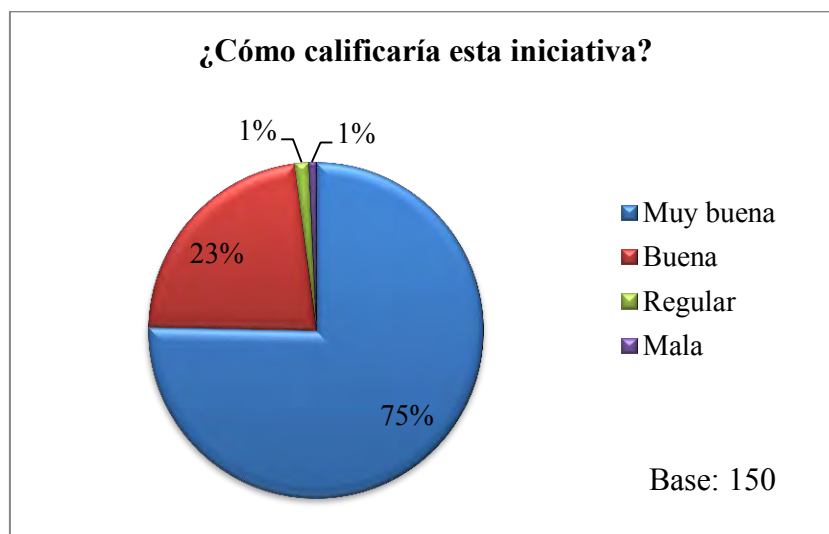


.2 Prueba de concepto

Se puede apreciar en la Ilustración 4.10, que el 75% considera la nueva propuesta muy buena. Sólo un reducido 1% (una persona) consideró el proyecto como malo, calificándolo como innecesario.

Ilustración 4.10. Calificación de la iniciativa

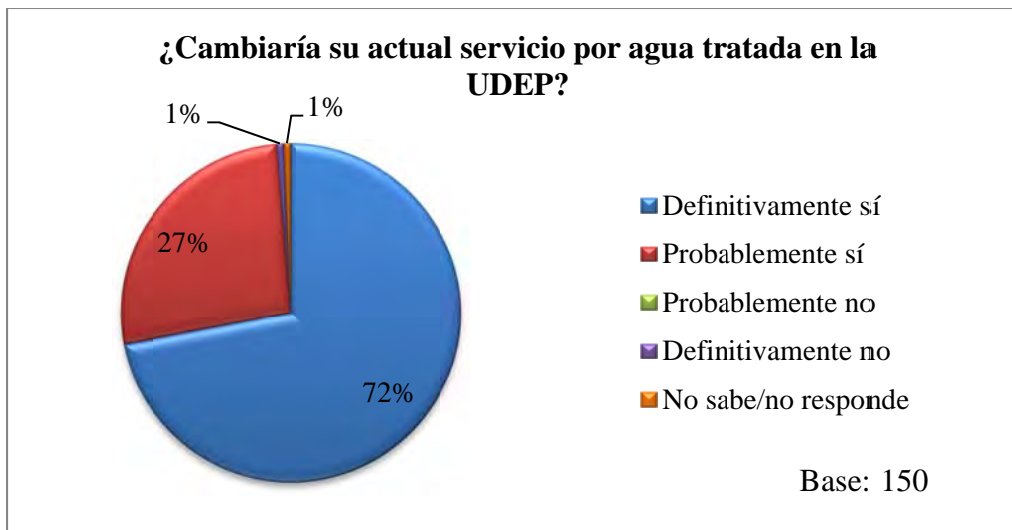
Fuente: Elaboración propia



De igual forma, se puede observar en la Ilustración 4.11 que el 99% definitivamente o probablemente sí cambiaría su servicio actual de agua por la propuesta de agua tratada en la Universidad de Piura.

Ilustración 4.11. Nivel de fidelidad con el servicio actual

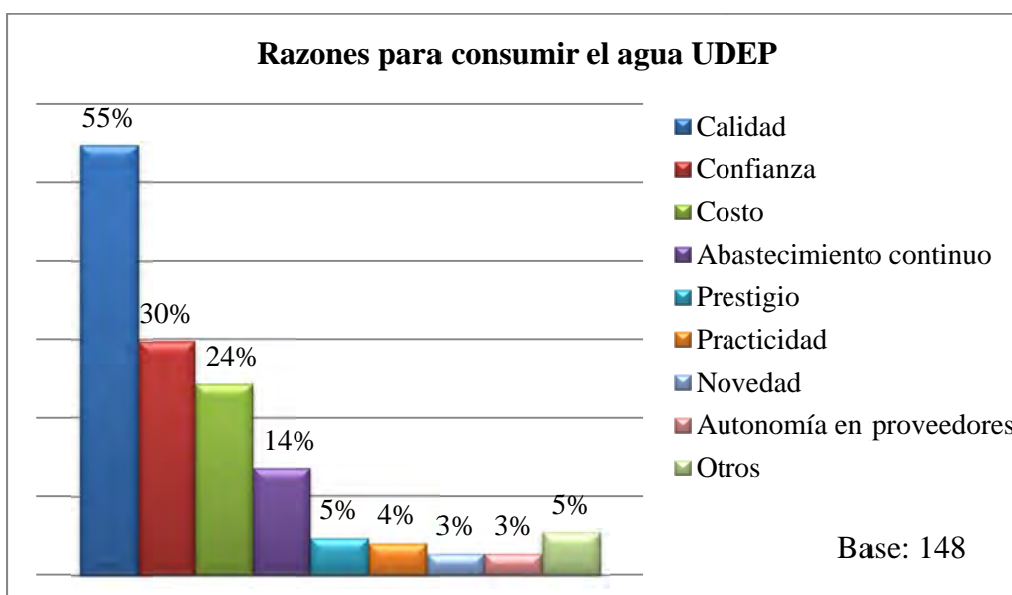
Fuente: Elaboración propia



En la Ilustración 4.12 se puede apreciar las razones principales por las cuales sí cambiarían el servicio actual de agua de mesa. El 85% de los encuestados indican que la UDEP les ofrecería un servicio de mejor calidad o más confiable, el 24% optan por el ahorro; y un no despreciable 14% de opiniones indica que con la nueva propuesta se tendría un abastecimiento continuo y uniformidad en el servicio de agua para todo el campus.

Ilustración 4.12. Razones por las cuales sí cambiaría

Fuente: Elaboración propia

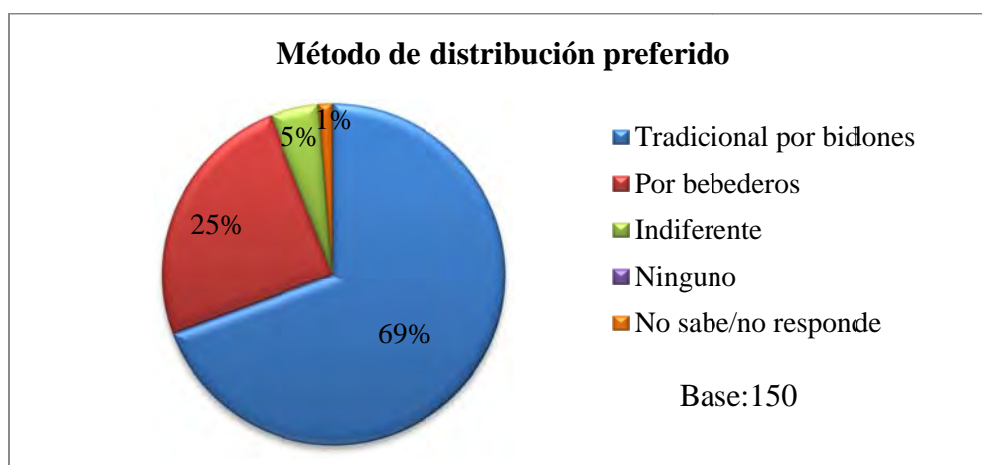


.3 Método de distribución preferido

En la Ilustración 4.13 se muestra la inclinación por el sistema de distribución preferido para el agua tratada en la UDEP. Así, se tiene que una mayoría compuesta por el 69% prefiere que el agua se siga distribuyendo por el sistema tradicional de bidones; mientras un 25% prefiere instalar un sistema de bebederos dentro del campus.

Ilustración 4.13. Sistema de distribución preferido

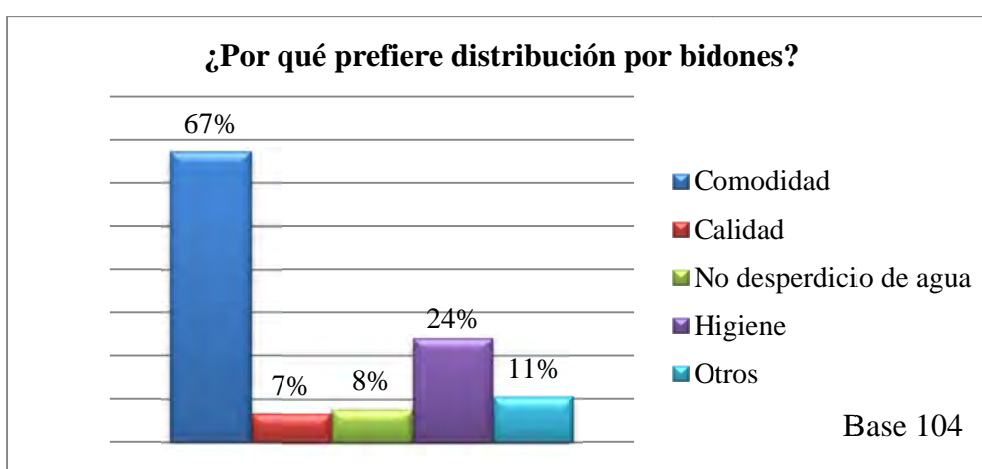
Fuente: Elaboración propia



A continuación en la Ilustración 4.14 y en la Ilustración 4.15 se indicará las principales razones por las cuales los encuestados optaron por un sistema de tratamiento por medio de bidones o bebederos respectivamente. En “otros” se han colocado las razones que sólo una persona mencionó, éstas al no ser significativas no son importantes de representar. Asimismo, por tratarse de una pregunta abierta, la suma de los porcentajes no es igual a 100, ya que cada encuestado pudo haber respondido con más de una razón.

Ilustración 4.14. Razones por las cuales prefiere distribución por bidones

Fuente: Elaboración propia



Como se presenta en la Ilustración 4.14, de los que optaron por el sistema tradicional por bidones, el 67% alegó escoger esta opción por un tema de comodidad, haciendo referencia a la cercanía para servirse el agua, ya que el

bidón lo tendrían más cerca. Con esto ahorrarían tiempo y caminata. Asimismo, se mencionó que habría una mayor comodidad, ya que no habría colas, lo que es más probable si se instalan bebederos. Por último, se indicó la comodidad en la forma de beber, ya que para tomar agua de bidones, se debe servir en un vaso sin necesidad de acercarse a un caño para ingerir el agua.

En segundo lugar, un 24% indica que prefiere este sistema debido a un tema de higiene, pues no habría agua empozada. De igual manera se mencionó que el uso de los dispensadores de bidones es más fácil e higiénico, ya que estos al poderse colocar dentro de las oficinas no están expuestos a los animales o polvo. Asimismo, nadie puede tomar directamente de estos, es decir, haciendo contacto la boca con la salida del agua del equipo correspondiente.

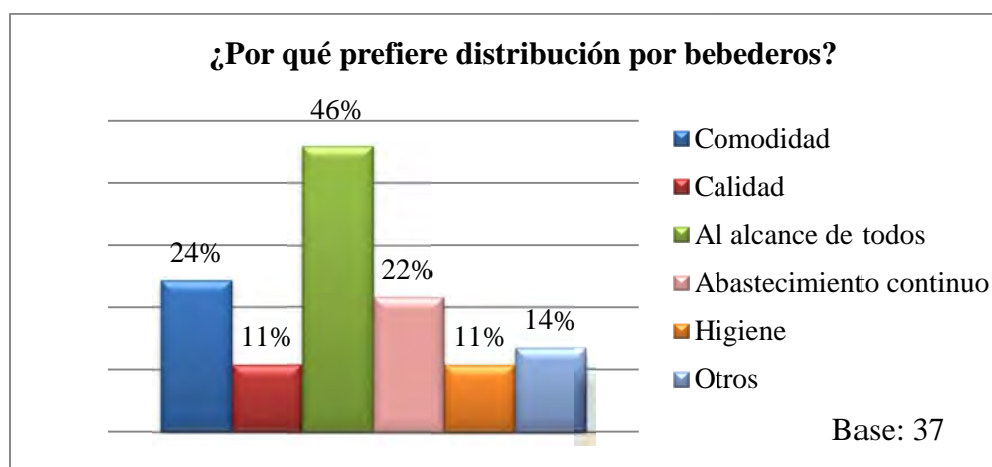
Un 8% prefiere esta opción porque así se puede racionalizar mejor el consumo del agua, evitando desperdicios o mal uso del sistema. Por otro lado, un 7% indicó que la calidad de agua en los bidones es mejor, debido a que ésta no está en contacto con la intemperie.

Por último, un 11% indicó otras razones para justificar su preferencia por la distribución por bidones, tales como: se podría tener tanto agua fría como caliente para hacer café, generaría un mayor ahorro y es mejor estéticamente.

En la Ilustración 4.15 se pueden observar las principales razones de los que prefieren que se instalen bebederos en el campus.

Ilustración 4.15. Razones por las que prefiere distribución por bebederos

Fuente: Elaboración propia



De ellos se puede apreciar que la mayoría, con un 46%, prefiere este sistema por temas de mayor acceso al agua. Ellos alegan que así los alumnos también se verían beneficiados con un sistema de agua para consumo humano de calidad.

En segundo lugar se tiene que un 24% optó por este sistema debido a la comodidad que genera. Esto debido a que no se necesitaría de un vaso para poder beber agua, es un sistema más rápido y no habría necesidad de entrar a las oficinas de los jefes para pedir servirse agua. En tercer lugar, un 22% indica que prefiere este sistema por temas de abastecimiento continuo, debido a que actualmente se requiere un determinado número de días de espera para poder acceder al bidón de agua en las oficinas generándose así incomodidad en los

consumidores. Caso contrario ocurre con los bebederos, ya que se dispondría de agua en el momento que se desee, incluso cuando estén fuera de sus oficinas, camino a las aulas o a otras facultades.

En cuarto y quinto lugar, con un 11% cada uno, se prefiere este sistema por temas de higiene y calidad, pues se alega que con este sistema se tendría agua fresca, que fluye y no se envasa. Esto debido a que, en el caso de los bidones, al estar el agua almacenada en estos, el calor produce que se generen bacterias o incluso que éstas se proliferen, por lo que la calidad del agua se vería perjudicada.

Un 27% da razones como el cuidado del personal obrero y del medio ambiente. Alegan que con este sistema el personal actualmente destinado a distribuir los pesados bidones de agua (20 litros), no tendría que cargarlos hasta los pisos más altos, solucionándose así los actuales problemas de fatiga y lumbalgias que el personal encargado presenta. También mencionan que este sistema ayudaría a la protección ambiental pues se evita la generación de residuos como son los bidones de plástico o los vasos que actualmente se usan. Por último, este porcentaje también incluye a aquellos que dijeron que al retirar los bidones de las oficinas y colocar bebederos en el campus, se podría aprovechar mejor el espacio ocupado por los bidones e incluso generaría un ahorro.

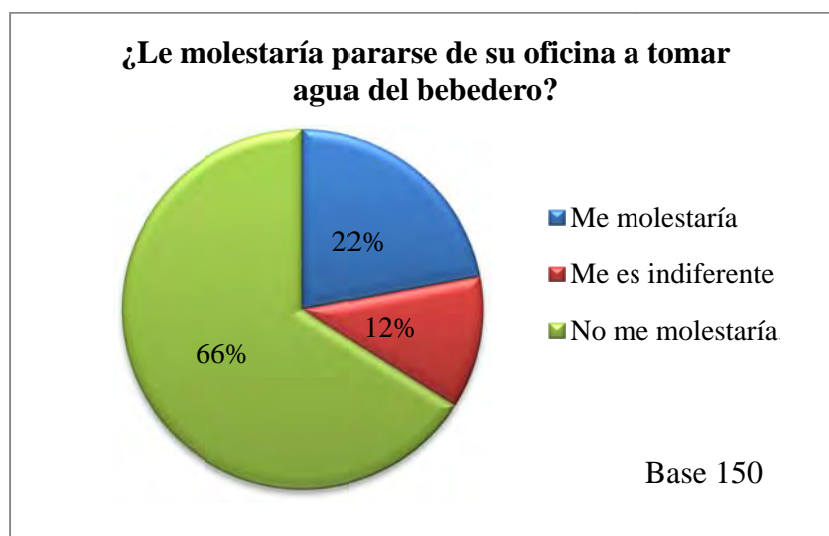
.4 Sobre bebederos

A todos los encuestados se le realizaron preguntas sobre la opción de bebederos, a continuación se muestran los resultados.

Como se puede observar en la Ilustración 4.16, a un 66% no le molestaría pararse de la oficina para servirse agua de los bebederos. Sólo un 22% sí tendría molestias con este sistema.

Ilustración 4.16. Reacción al pararse de su oficina para servirse agua

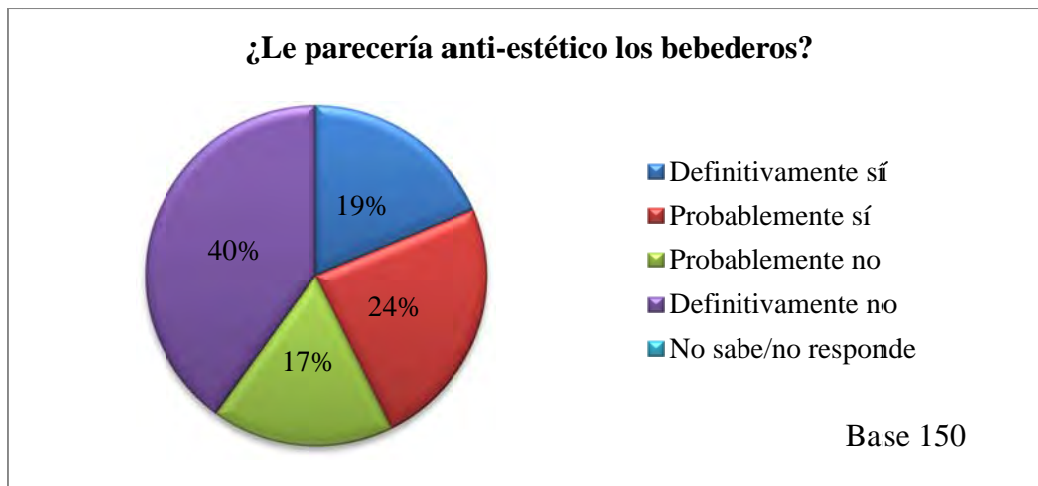
Fuente: Elaboración propia



En la Ilustración 4.17 se puede observar los resultados sobre la estética percibida acerca de que los docentes o personal administrativo tomen agua de los bebederos.

Ilustración 4.17. Percepción estética sobre los bebederos

Fuente: Elaboración propia



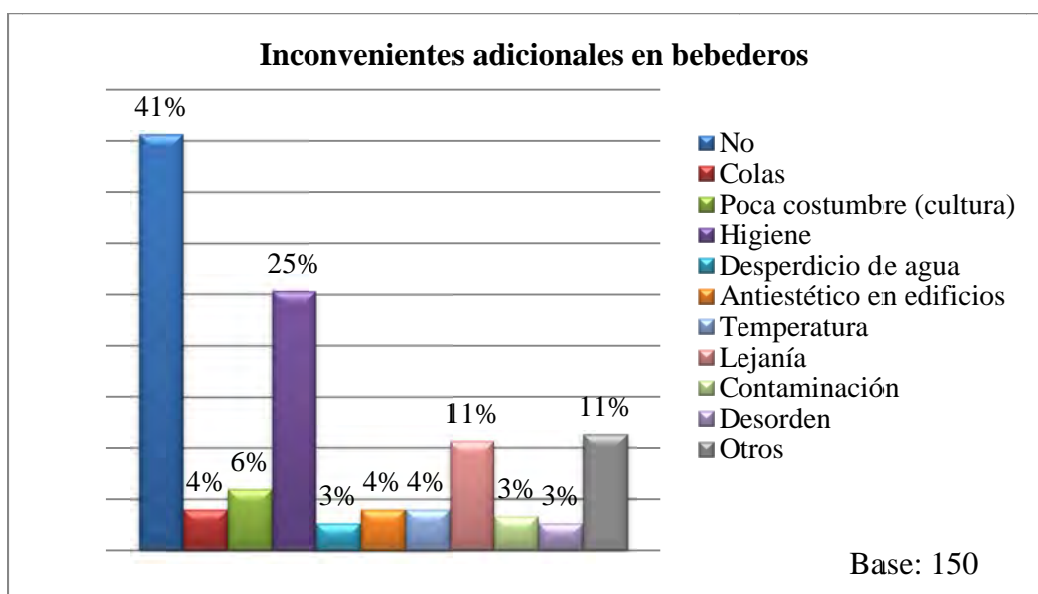
Tal como se puede apreciar en la Ilustración 4.17, un 40% alega que no se vería mal ni le parecería antiestético que los docentes o personal administrativo tomen agua de los bebederos, debido a que consideran que ese sistema es algo normal en otras partes del mundo y no tiene nada de malo.

Mientras un 19% sí considera que se vería mal, pues no es estético que los docentes o personal administrativo se tengan que agachar para beber. Alegan que si se instalan los bebederos, éstos sólo deberían ser para uso de los alumnos.

En la Ilustración 4.18 se muestran inconvenientes adicionales que los encuestados perciben del sistema de bebederos.

Ilustración 4.18. Inconvenientes adicionales a los bebederos

Fuente: Elaboración propia



Tal como se puede apreciar en la Ilustración 4.18, el 41% no encuentra ningún inconveniente adicional con respecto al sistema propuesto de bebederos.

Sin embargo, existe un 3% que alega que se crearía mucho desorden, principalmente porque los alumnos se pondrían a jugar con el agua de los bebederos. Asimismo, un 4% de los encuestados indica que se podrían generar colas para beber de los mismos, lo cual también generaría desorden.

Un 11% encuentra como inconveniente el hecho que los bebederos no estarían cerca a las oficinas, por lo que tendrían que recorrer mayores distancias para beber agua y eso les molestaría.

Por otro lado, un 25% considera que habría problemas de higiene debido a que los bebederos están expuestos a los animales del campus o a que las personas no sepan beber apropiadamente de ellos.

A un pequeño porcentaje de los encuestados, 6%, le preocupa la poca costumbre que existe de tomar agua de bebederos, ya que indican que cabe la probabilidad que los que no sepan cómo usarlo tomen directamente del caño, haciendo contacto la boca con la salida del agua del equipo correspondiente. De igual manera, un 3% indicó que por la poca cultura de consumo de agua que existe, se podría desperdiciar el agua.

A un reducido 4% le preocupa que los bebederos no tengan opción de agua caliente o agua helada, pues indican que muchas de las personas que forman parte del personal de la universidad, toman café en las oficinas.

Por último, un menor 11% señalan otras razones, tales como que este sistema requeriría de mayor inversión y de un sistema de mantenimiento más complejo para que funcione de forma óptima.

En la Ilustración 4.19 se muestran las opiniones de los encuestados sobre la posible distribución de los bebederos en el campus universitario.

Ilustración 4.19. Distribución de los bebederos en el campus

Fuente: Elaboración propia

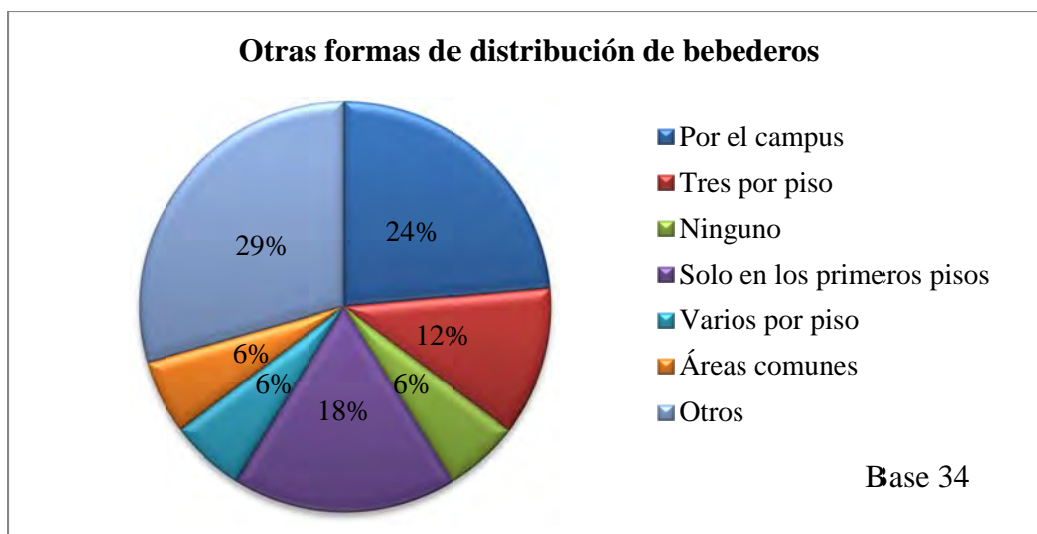


Tal como se puede observar en la Ilustración 4.19, existe una leve inclinación mayoritaria por la opción de dos bebederos por piso. Sin embargo, al ser los porcentajes muy parecidos se puede decir que no existe una preferencia mayoritaria por ninguna de las opciones.

De los encuestados que optaron por otra distribución de bebederos, como se observa en la Ilustración 4.20, un 24% considera que los bebederos se deberían instalar en sitios estratégicos en el campus, por ejemplo camino a facultades alejadas como Derecho, Educación o camino al CMI; también en lugares públicos o de mucha concurrencia como la pileta o la cafetería universitaria. Finalmente, un 18% opina que sólo se deberían colocar bebederos en los primeros pisos y no en pisos superiores debido al ancho de estos últimos y para evitar problemas de evacuación.

Ilustración 4.20. Otras formas de distribución de bebederos

Fuente: Elaboración propia



4.2.6. Observaciones del encuestador

En la Tabla 4.1 se muestran algunas de las opiniones y/o sugerencias recopiladas durante el desarrollo de las encuestas.

Tabla 4.1. Observaciones del encuestador

Fuente: Elaboración propia

Anotaciones principales	Anotaciones secundarias
<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría desea que se haga un sistema mixto, donde sigan los bidones para las oficinas y se pongan bebederos para los alumnos. De igual forma, indican que requieren de un abastecimiento continuo de agua potable. • Algunos quieren que se distribuyan mejor los bidones, que se repartan por grupos de oficinas. • Sugirieron colocar bebederos camino a los diversos edificios de la universidad, así como en lugares abiertos como pileta o cafetería. • Muchos indican que el diseño del bebedero debería ser estético para que vaya con el ambiente de la UDEP, además de apropiado para no causar incomodidad mayor al momento de beber de él. Deberá tener en consideración las condiciones del campus y sus factores ambientales como el clima y la fauna que habita en ella. • Para los bebederos, algunos indican que se debería generar primero una cultura de uso del agua y sensibilización, y que en ellos debería ponerse indicaciones para un correcto uso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos dicen que se debería incluso pensar en la venta de bidones al mercado piurano, de esa forma se podría generar una nueva unidad de negocios que traiga nuevos ingresos. Creen que tendría mucha aceptación pues el nombre de la UDEP ofrece una muy buena garantía de calidad. • Si bien, la operación de una planta de tratamiento de agua potable no es el "core business" de la UDEP, muchos piensan que esta alternativa tiene varios beneficios para la Universidad de Piura como generar un ahorro que puede ser aprovechado para comprar libros o mejorar algunas instalaciones, dar ejemplo en la ciudad sobre el consumo y tratamiento correcto del agua, usar la planta para temas académicos, entre otros. • Una persona sugirió que si bien la planta de tratamiento puede traer beneficios, también podría provocar problemas, como dificultades en la logística de distribución o en la planilla del personal a cargo de la planta.

Capítulo 5. Caracterización del agua

5.1. Ensayos de laboratorio de la fuente

Para poder realizar el diseño de la planta de tratamiento, primero es necesario conocer la calidad del agua fuente que en este caso es el agua del pozo de la Universidad de Piura, ya que en base a ésta se determinará qué procesos son necesarios para que el agua sea apta para el consumo humano, brindando así agua de óptima calidad.

Es por ello que se realizó un primer ensayo de laboratorio para determinar la calidad del agua del pozo de la UDEP (ANEXO H.1). Para ello se tomaron 3 muestras, las cuales fueron identificadas de la siguiente manera:

- **M1:** Pozo UDEP – Cisterna.
- **M2:** Grifo de SS.HH. Edificio de Empresas.
- **M3:** Grifo de SS.HH. Edificio CMI.

Se ha creído conveniente determinar la calidad del agua en esos tres puntos por las siguientes razones:

- M1 - Agua del Pozo UDEP: es el agua fuente para ambos sistemas de distribución, mediante bidones y bebederos.
- M2 – Agua del Grifo de SS.HH. Edificio Empresas: a partir de ella se podrá determinar si las tuberías están contaminadas. Se eligió específicamente ese punto, debido a que se trata de la tubería más antigua.
- M3 – Grifo de SS.HH. Edificio CMI: para determinar si las tuberías emiten algún efecto adverso sobre la calidad del agua. Se eligió específicamente ese punto debido a que se trata de la tubería más lejana.

Las muestras M1, M2 y M3, reportadas mediante el Informe de Ensayo IE 200/2012, fueron tomadas por el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad

de Piura el 11.09.2012, e ingresadas al laboratorio con los códigos de laboratorio No. 0538/12, 0537/12, 0539/12 respectivamente.

Debido a que la finalidad del ensayo es analizar la calidad del agua para que sean destinadas al consumo humano a partir de las muestras de agua M1, M2 y M3, se considerará como instrumento de evaluación de la calidad del agua, los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Decreto Supremo No. 031-2010-SA.

5.2. Características y calidad del agua del pozo (agua fuente)

5.2.1. Calidad físico – química del agua

- De acuerdo al Decreto Supremo No. 031-2010-SA, las muestras M1, M2 y M3 cumplen con los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles, para los indicadores químicos-físicos: pH, dureza total, turbidez y sulfatos.
- En las muestras M1, M2 y M3, se observa el no cumplimiento de los indicadores de calidad de agua relacionados con el contenido de sales, tales como Conductividad eléctrica y Sólidos totales disueltos, según el Decreto Supremo No. 031-2010-SA. Esta característica salobre es común al acuífero subterráneo de Piura debido a sus características geológicas.
- De acuerdo al Decreto Supremo No. 031-2010-SA, la muestra M1 no cumple con el valor establecido como Límite Máximo Permisible para el indicador Cloruros, el cual es también un indicador relacionado con el contenido de sales. Asimismo, tampoco cumple con el valor establecido como LMP para el indicador Sodio.

5.2.2. Calidad microbiológica

- Las muestras M1, M2 y M3 cumplen con los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo No. 031-2010-SA para los indicadores microbiológicos: coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas. Sin embargo, en la muestra M2 se observa el no cumplimiento del indicador coliformes totales, mientras que para el agua evaluada en el pozo de la UDEP (M1) y en uno de los grifos del CMI (M3), se observó el cumplimiento de este indicador con lo establecido en el D.S. 031-2010-SA.

Por lo tanto, de las 3 muestras de agua, la correspondiente a M2 que es la obtenida del Grifo de SS.HH. Edificio de Empresas es la más crítica.

5.2.3. Conclusiones

- Para que el agua del pozo puede ser usada para consumo humano es de suma importancia disminuir la cantidad de sales en el agua, ya que en los resultados se ha podido evidenciar una cantidad considerable de estos por medio de los indicadores de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales.

- Según los resultados obtenidos se puede determinar que la tubería más antigua de la universidad necesita limpieza y mantenimiento, pues contamina el agua del pozo con coliformes totales una vez que ésta se distribuye por aquella. Con respecto a los demás indicadores, los de la muestra M2 (Grifo del Edificio de Empresas) son muy similares a los de la muestra M1 (Pozo de la UDEP), por lo que no existen otros efectos adversos sobre la calidad del agua durante la distribución de la misma.
- La lejanía de las tuberías no influye en la calidad del agua, ya que los resultados obtenidos en la muestra M3 (Grifo del CMI) son muy similares a los de la calidad del agua de la muestra M1 (Pozo de la UDEP).
- En general, por más que las muestras M1 y M3 cumplen con el LMP de la cantidad de coliformes termotolerantes y totales, para el agua de consumo lo más recomendable es que no se evidencie la presencia de los mismos por más mínimo que sea. Por lo que se debe también considerar este aspecto cuando se determinen los procesos necesarios para el tratamiento del agua.

5.3. Ensayos de laboratorio de las marcas preferidas

Para poder elaborar un producto de calidad para el consumo humano, es necesario conocer la calidad del agua de las dos marcas líderes en las preferencias del consumidor de la Universidad de Piura, ya que en base a esto podremos saber los procesos que serán necesarios aplicar para alcanzar los gustos del cliente.

Por esta razón, se realizó un ensayo de laboratorio para determinar la calidad del agua de las dos marcas (Ver ANEXO H.2). Estas dos marcas se han obtenido de los resultados del estudio de mercado (Ver Capítulo 4.2.4).

Para este ensayo se tomaron dos muestras, las cuales fueron identificadas de la siguiente manera:

- **M4:** Agua de mesa San Luis. Botella de 1L sellada.
- **M5:** Agua de mesa Spring. Bidón de 20L sellado.

Las razones por las que se ha creído conveniente evaluar la calidad del agua en estos productos son las siguientes:

- M4 – Agua de mesa San Luis: Según el Estudio de Mercado realizado en la universidad, se pudo identificar que esta marca es la preferida entre aquellas que no son proveedores de la UDEP.
- M5 – Agua de mesa Spring: Según el Estudio de Mercado realizado en la universidad, se pudo identificar que esta marca es la preferida entre aquellas que son proveedores de la UDEP.

Las muestras M4 y M5, reportadas mediante Informe de Ensayo IE 217/2012 y 225/2012, fueron tomadas por el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura el 25.09.2012 y el 28.09.2012, e ingresadas al laboratorio con los códigos de laboratorio No. 0567/12 y 0582/12 respectivamente.

Debido a que la finalidad del ensayo es analizar la calidad del agua para consumo humano a partir de las muestras de agua M4 y M5, se considerará como instrumento de evaluación de la calidad del agua, los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Decreto Supremo No. 031-2010-SA.

5.4. Características y calidad del agua de las marcas preferidas

5.4.1. Calidad físico – química

De acuerdo al Decreto Supremo No. 031-2010-SA, las muestras M4 y M5 cumplen con los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles, para los indicadores químicos-físicos: pH, conductividad eléctrica, cloruros, dureza total, sólidos totales disueltos, sulfatos y turbidez.

5.4.2. Calidad microbiológica

Las muestras M4 y M5 cumplen con los valores establecidos como Límites Máximos Permisibles según el Decreto Supremo No. 031-2010-SA para los indicadores microbiológicos: coliformes totales y coliformes termotolerantes. Sin embargo, en la muestra M5 se observa el no cumplimiento del indicador bacterias heterotróficas, mientras que en la muestra M4 se observó el cumplimiento de este indicador con lo establecido en el D.S. 031-2010-SA.

5.4.3. Conclusiones

- El agua de mesa Spring, no cumple con el indicador de bacterias heterotróficas según el Decreto Supremo No. 031-2010-SA. No garantiza la calidad aceptable como agua de bebida, por lo que no es una marca de agua de mesa confiable. El exceso de bacterias heterotróficas es un indicador de deficiencia en la limpieza y desinfección de los bidones y de los equipos del sistema de tratamiento especialmente filtros, membranas y tanques de almacenamiento.
- El agua de mesa San Luis, muestra una excelente calidad de agua para consumo humano, cumpliendo con el Decreto Supremo No. 031-2010-SA para todos los indicadores. Sin embargo, se debe resaltar que la muestra analizada de esta marca es de una botella de 1 L y de envase no retornable, por lo que disminuye la probabilidad de contener un alto valor de bacterias heterotróficas al no verse afectado por el problema de limpieza de bidones, a diferencia del agua de mesa Spring.

Capítulo 6. Gestión del proyecto

La tesis tiene como principal antecedente el trabajo “Evaluación comparativa de dos sistemas de purificación de agua para consumo en la Universidad de Piura”, realizado en la asignatura de Proyectos el semestre 2012-II, el cual se desarrolló bajo la metodología del PMI (Project Management Institute) que permite organizar el proyecto mediante 5 grupos de procesos: iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre; y 9 áreas de conocimiento: dirección, alcance, tiempo, costo, calidad, comunicación, recursos, riesgos y adquisición; abarcando así todo lo referente a la gestión del proyecto. Prueba de la aplicación de esta metodología son los documentos de gestión.

Siguiendo con la metodología del PMI, para el desarrollo de la tesis se realizaron una serie de cambios y mejoras importantes en el proyecto, las cuales se muestran en la “Solicitud de cambio del proyecto”, para dar lugar así a la tesis *“Análisis y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura”*.

A continuación se realizará una descripción de cada uno de los documentos de gestión del proyecto. Asimismo, se hará referencia a los documentos de gestión realizados durante el trabajo *“Evaluación comparativa de dos sistemas de purificación de agua para consumo en la Universidad de Piura”*.

6.1. Documentos de gestión del proyecto

A continuación se presenta una breve descripción de los documentos de gestión utilizados en la gestión del proyecto.

6.1.1. *Acta de constitución*

Es el documento que da origen al desarrollo del proyecto, en él se detallan los participantes, el sponsor, la necesidad, objetivos, alcance, restricciones, criterios de aceptación, riesgos, interesados y un presupuesto tentativo del proyecto.

El “Acta de constitución” del proyecto anterior se muestra en el ANEXO I.

6.1.2. *Enunciado del alcance*

Se detalla el ámbito de acción del proyecto y lo que no abarcará el mismo, es decir se especifican más a detalle los objetivos en cuanto al alcance, costo y calidad, los requisitos, los límites del alcance, los entregables del proyecto, los criterios de aceptación, las restricciones, así como también el límite de fondos.

El “Enunciado del alcance” del proyecto anterior se muestra en el ANEXO J.

6.1.3. *Plan general del proyecto*

Este documento está conformado por los aspectos más relevantes de la gestión del proyecto como:

- Matriz de rastreabilidad de requisitos, en el que se identifican los requisitos para el desarrollo del proyecto, los responsables de cada uno de ellos, el estado y la prioridad de los mismos.
- Estructura de desglose de trabajo (EDT), el cual es un esquema en el que se agrupan las actividades a realizar por paquetes de trabajo según la relación de dependencia que exista entre ellas.
- Diccionario del EDT, en el que se explica cada paquete de trabajo que conforma el EDT.
- Lista de actividades. En ésta se detallan todas las actividades a realizar durante la ejecución del proyecto, los responsables y los recursos a utilizar para el desarrollo de las mismas.
- Cronograma del proyecto, el cual se realiza en base a la lista de actividades, de tal manera que se cumpla con el tiempo establecido para el desarrollo del proyecto.
- Estimación de los costos, en el que se detalla el costo que significará desarrollar cada actividad.
- Presupuesto y requisitos de financiamiento, en el que se realiza el presupuesto del proyecto considerando un porcentaje adicional para contingencias y se establecen los montos de financiamiento. En base a estos datos se grafica la “curva S” (variación de los costos versus el financiamiento durante el proyecto).
- Plan de gestión de la calidad. En éste se establece responsables para cada entregable del proyecto quienes se encargarán de realizar los controles de calidad a dichos entregables. Asimismo, se establecen métricas e indicadores de calidad que se aplicarán a cada actividad del proyecto.

- Plan de mejoras del proceso, en el que se describe un conjunto de acciones a realizar para mejorar el desarrollo del proyecto.
- Organigrama del proyecto, en el cual se establecen roles y responsabilidades para cada miembro del equipo del proyecto.
- Matriz de asignación de responsabilidades, en el que para cada entregable del proyecto con respecto a cada integrante del equipo, se determina quién será el responsable, a quién se le deberá informar, a quién consultar y de quién se requerirá su apoyo.
- Calendario de recursos. En éste se establecen las fechas de disponibilidad para cada recurso del proyecto.
- Plan de liberación del personal, en el que se determina la fecha en que cada miembro del equipo estará libre de responsabilidades con respecto al proyecto. En éste también se describe el método de liberación que se llevará a cabo.
- Programa de capacitación del personal, actividades de reconocimiento y recompensa.
- Plan de gestión de las comunicaciones, en el que se establece la información a comunicar, el emisor, receptor, la frecuencia y la forma en que se realizará esta comunicación.
- Plan de gestión de riesgos, en el cual se identifican los riesgos que asechan al proyecto, la probabilidad de ocurrencia. Asimismo, se establecen las respuestas a los mismos, las medidas de contingencia y los responsables de ejecutarlas.
- Plan de gestión de adquisiciones, en el que para cada adquisición se establecen los tipos de contratos con las fechas de inicio y fin, los posibles postores y el monto. También se definen los niveles de calidad deseada y otros datos del desempeño. Finalmente se determinan los criterios de selección de los diversos proveedores necesarios para el proyecto en sí, con sus respectivas ponderaciones.

El “Plan general” del proyecto anterior se muestra en el ANEXO K.

6.1.4. Plan para la dirección del proyecto

Este documento explica los lineamientos que deberán seguir el director y el equipo del proyecto para lograr el éxito del mismo. En este documento se detallan las acciones, relacionadas a la gestión, que se deben realizar en cada fase del ciclo de vida del proyecto. Asimismo, se detalla el cronograma, los costos, y las fuentes de financiamiento. Por último, se describe cómo se realizarán los posibles cambios en el proyecto, los puntos clave a revisar durante la gestión del proyecto y la periodicidad de los controles.

El “Plan para la dirección” del proyecto anterior se muestra en el ANEXO L.

6.1.5. Informe de cierre

Indica la finalización del proyecto. En este documento se detallan los objetivos logrados, el estado de los entregables, un resumen de los costos, los riesgos y problemas afrontados, así como las lecciones aprendidas.

En el ANEXO M se muestra el informe de cierre del anterior proyecto, y a continuación se describe el informe de cierre del actual.

INFORME DE CIERRE DEL PROYECTO

1. OBJETIVOS LOGRADOS

- Diseñar una planta de tratamiento y envasado de agua con capacidad de 34 bidones por día para abastecer la demanda interna de la UDEP. Este diseño deberá ser factible de implementar y aprobado por un experto.
- Diseñar un sistema de tratamiento y distribución de agua potable mediante bebederos para la Universidad de Piura que garantice agua de calidad y abastecimiento continuo para toda la población universitaria.
- Determinar cuál de los dos diseños es el más conveniente para implementar en la Universidad de Piura a través de un análisis comparativo con criterios cualitativos y cuantitativos.
- Diseñar un sistema que sea factible de implementar en la Universidad de Piura que cumpla con los requerimientos de los usuarios y asegure agua de mesa de buena calidad (DIGESA - Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA).

2. ESTADO DE LOS ENTREGABLES

Fase / Entregable	Responsable	Estado (Cerrado o en proceso)
Investigación previa de calidad del agua, sistemas de purificación, tipos de procesos y equipos de purificación, para poder desarrollar el proyecto.	Tesistas	Cerrado
Antecedentes de la universidad respecto a su sistema de abastecimiento de agua potable.	Tesistas	Cerrado
Investigación de mercado que determine los gustos y preferencias del personal que labora en la UDEP.	Tesistas	Cerrado
Estudio de viabilidad de la planta de tratamiento de agua potable.	Tesistas	Cerrado
Diseño del proceso de purificación de la planta de tratamiento de agua a partir del agua del pozo de la universidad.	Tesistas	Cerrado
Determinación de la ubicación de la planta de tratamiento dentro de la universidad.	Tesistas	Cerrado

2. ESTADO DE LOS ENTREGABLES		
Fase / Entregable	Responsable	Estado (Cerrado o en proceso)
Diseño de la disposición de la planta de tratamiento para agua en bidón.	Tesistas	Cerrado
Diseño de la disposición de la planta de tratamiento para distribución de agua potable mediante bebederos.	Tesistas	Cerrado
Descripción de las funciones del personal necesario para la planta de tratamiento para bidones.	Tesistas	Cerrado
Presupuesto de la construcción e implementación de la planta de tratamiento y de los costos de su operación.	Tesistas	Cerrado
Mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable.	Tesistas	Cerrado
Estudio de factibilidad de los bebederos.	Tesistas	Cerrado
Diseño del sistema de bebederos que se implementaría en la universidad.	Tesistas	Cerrado
Presupuesto de la compra e instalaciones de los bebederos, así como de los costos de operación.	Tesistas	Cerrado
Mantenimiento del sistema de tratamiento de agua de consumo con distribución por bebederos.	Tesistas	Cerrado
Listado y evaluación de los equipos comerciales disponibles para ambas alternativas propuestas en el proyecto.	Tesistas	Cerrado
Diseño de la red de tuberías para la distribución de agua mediante bebederos.	Tesistas	Cerrado
Enunciado del Alcance.	Tesistas	Cerrado
Informe de Cierre.	Tesistas	Cerrado

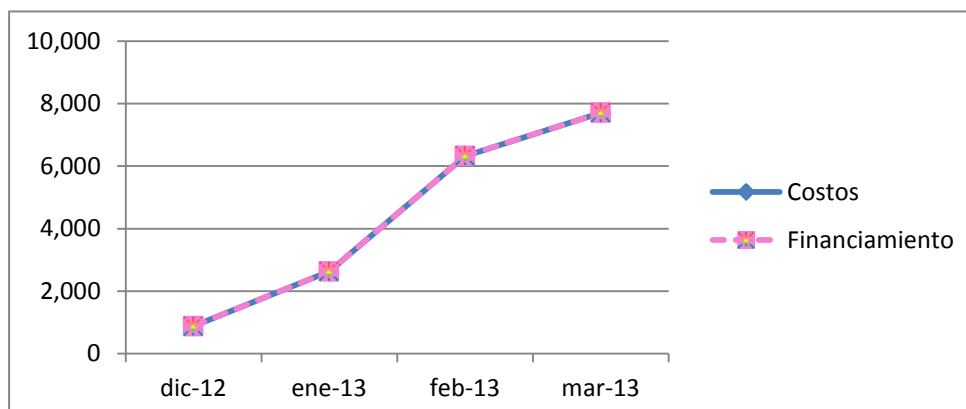
3. PRINCIPALES HITOS LOGRADOS			
Hitos	Descripción	Responsable	Fecha
Fin del proyecto y entrega de la memoria del proyecto.	Entrega del informe final del proyecto.	Tesistas	02/04/2013

4. CRONOGRAMA DEL DESARROLLO DE LA TESIS

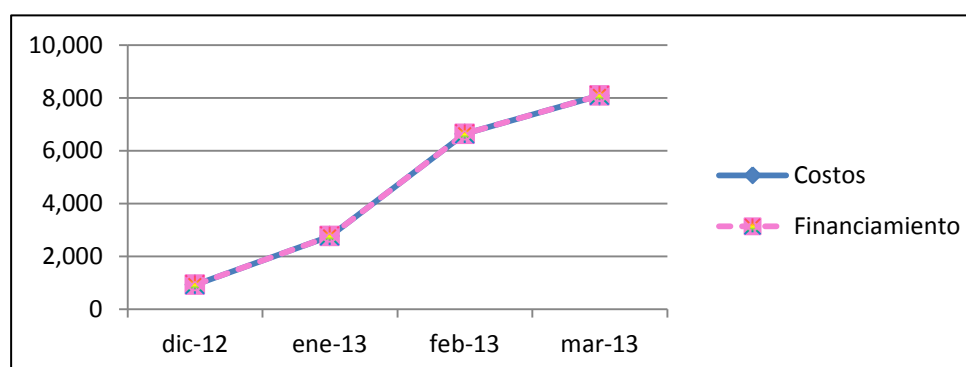
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
0	Agua UDEP	57 días	lun 14/01/13	mar 02/04/13
1	GESTIÓN DEL PROYECTO	49 días	lun 14/01/13	lun 21/03/13
2	Solicitud de cambios	1 día	lun 14/01/13	lun 14/01/13
3	Informe de cierre	1 día	jue 21/03/13	jue 21/03/13
4	INVESTIGACIÓN	10 días	lun 14/01/13	vie 25/01/13
5	Marco teórico	4 días	lun 14/01/13	jue 17/01/13
6	Marco legal	2 días	mar 15/01/13	mié 16/01/13
7	UDEP-Antecedentes	2 días	jue 17/01/13	vie 18/01/13
8	Estudio de Mercado	6 días	vie 18/01/13	vie 25/01/13
9	Caracterización del agua	2 días	mié 23/01/13	jue 24/01/13
10	PLANTA DE AGUA	35 días	vie 25/01/13	jue 14/03/13
11	Estudios de pre-factibilidad	2 días	vie 25/01/13	lun 28/01/13
12	Diseño del sistema de tratamiento	2 días	mar 29/01/13	mié 30/01/13
13	Procedimiento de la planta de tratamiento	3 días	lun 28/01/13	mié 30/01/13
14	Localización	2 días	jue 31/01/13	vie 01/02/13
15	Disposición de planta	4 días	jue 31/01/13	mar 05/02/13
16	Mantenimiento de la planta	1 día	vie 08/03/13	vie 08/03/13
17	Equipos comerciales	29 días	lun 28/01/13	jue 07/03/13
18	Información financiera	5 días	vie 08/03/13	jue 14/03/13
19	BEBEDEROS	35 días	lun 28/01/13	vie 15/03/13
20	Estudios de pre-factibilidad	2 días	jue 31/01/13	vie 01/02/13
21	Diseño del sistema de tratamiento	3 días	lun 04/02/13	mié 06/02/13
22	Distribución en el campus	5 días	jue 14/02/13	mié 20/02/13
23	Disposición de planta	4 días	mié 06/02/13	lun 11/02/13
24	Mano de obra	2 días	mar 12/02/13	mié 13/02/13
25	Mantenimiento de la planta	1 día	lun 11/03/13	lun 11/03/13
26	Equipos comerciales	30 días	lun 28/01/13	vie 08/03/13
27	Información financiera	5 días	lun 11/03/13	vie 15/03/13
28	COMPARACIÓN DE PROPUESTAS	3 días	lun 18/03/13	mié 20/03/13
29	REDACCIÓN DE DOCUMENTOS DE PRESENTACIÓN	3 días	lun 18/03/13	mié 20/03/13
30	CORRECCIONES DE FORMATO	12 días	lun 18/03/13	mar 02/04/13
31	FIN DEL PROYECTO	0 días	mar 02/04/13	mar 02/04/13

5. RESUMEN DE COSTOS (INGRESOS – EGRESOS)

Presupuesto planificado de gestión:



Presupuesto real de gestión:



Presupuesto de implementación de planta de tratamiento de agua y distribución por bidones:

Partida	Monto
Obras civiles	16450.00
Planta de tratamiento de agua	9127.58
Instalación de la planta	708.00
Red de tuberías e instalación (20 m)	126.82
Sistema hidroneumático de 1HP PEDROLLO	607.69
Tanque de agua 600 Lt - ROTOPLAS	126.54
Tanque de agua 1100 Lt - ROTOPLAS	168.85
Electrobomba centrífuga PEDROLLO de 0.5Hp	152.27
Caja termomagnética	384.62
Sellador manual	30.77
Total (\$)	27,883.14
Total (S/.)	72,496.15
Otros (5%)	3,624.81
Total inversión (S/.)	76,120.96

5. RESUMEN DE COSTOS (INGRESOS – EGRESOS)

Presupuesto de implementación de planta de tratamiento de agua y distribución por bebederos:

Partida	Monto (\$)
Obras civiles	4,592.00
Planta de tratamiento de agua	15,467.44
Instalación de la planta	(*)
Bebederos x 15	14,337.00
Transporte de equipos	(*)
Transporte de bebederos	103.85
Red de distribución	14,389.44
Sistema de bombeo de alimentación 1 Hp para la planta de tratamiento	(*)
Sistema hidroneumático 1 Hp para la red de tuberías	(*)
Electrobomba centrífuga PEDROLLO de 0.5Hp	152.27
Tanque de Agua 2,500 Lt - ROTOPLAS	318.85
Tanque de Agua 5,000 Lt - ROTOPLAS	1216.54
Interruptor horario diario (timer)	87.69
Total (\$)	50,665.08
Total (S/.)	131,729.20
Otros (5%)	6,586.46
Total inversión (S/.)	138,315.66

**** Para mayor detalle, revisar las memorias del proyecto.**

6. RIESGOS / PROBLEMAS DURANTE EL PROYECTO

Riesgo / Problema	Respuesta que se Implementó	Responsable
Proveedores no cumplían con el plazo acordado para brindar la información solicitada.	Insistir en la entrega de lo solicitado, pedirle al sub-gerente de logística de la UDEP que se contacte con los mismos para darnos respaldo y enviar un correo a los proveedores indicando lo acordado por llamadas (esto para que quede documentado lo acordado)	Tesisistas
Falta de información para el desarrollo del proyecto.	Realización de las investigaciones necesarias para recabar la información; esto haciendo uso de internet o por medio de juicio de expertos.	Tesisistas
Inhabilitación de la computadora de trabajo de un miembro.	Pedir prestada una computadora de trabajo a algún conocido.	Tesisistas
Estadía de los miembros del equipo en diferentes ciudades.	Viajes de los miembros del equipo para reuniones presenciales y uso de celulares y programas de computadora (Skype) cuando era necesario.	Tesisistas

7. LECCIONES APRENDIDAS			
Entregable	Lección Aprendida	Responsable	Involucrados
Cronograma del proyecto	Manejo del MS Project.	Tesistas	Ambas
Distribución de bebederos en el campus	Manejo del AutoCAD.	Tesistas	Ambas
Todo el proyecto	Importancia de desarrollar una investigación bajo el enfoque de gestión del PMI e IPMA.	Tesistas	Ambas
Informe de avances	Utilización de las normas APA para agregar las citas en el MS Word.	Tesistas	Ambas
Reuniones	Programar con la debida anticipación las citas para las reuniones con los interesados y expertos.	Tesistas	Ambas
Cotizaciones de proveedores	Destinar un presupuesto adicional para comunicación con los proveedores.	Tesistas	Ambas
Cotizaciones de proveedores	Tener una cartera amplia de proveedores, solicitar la información con tiempo e insistir por ella. Explicar detalladamente la información solicitada.	Tesistas	Ambas

6.2. Solicitud de cambio

En este documento se mencionarán todos los cambios realizados durante el desarrollo de un proyecto. Este documento incluye la información del cambio, el impacto que éste ocasionaría en el proyecto y los riesgos de llevarlo a cabo.

En el ANEXO N se muestra la solicitud de cambio del anterior proyecto, y a continuación se describe la solicitud de cambio necesaria para el desarrollo de la tesis.

SOLICITUD DE CAMBIOS DEL PROYECTO

1. INFORMACIÓN DEL CAMBIO			
Cambio afecta a:			
Alcance	SÍ	Cronograma	SÍ
Presupuesto	SÍ	Calidad	SÍ
¿Es el cambio un resultado de una acción de gestión de riesgos? NO			
Descripción del cambio propuesto y referencias			
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiará el equipo del proyecto, ahora estará conformado por las tesisistas Alessandra Caminati y Rocio Caqui. 2. El cálculo de la capacidad de la planta de tratamiento para todas las alternativas de distribución será modificado a un valor más real considerando el posible crecimiento de la población universitaria. 3. Cambiarán los antecedentes relacionados al abastecimiento de agua de mesa en bidón en la Universidad de Piura, ahora usando datos más reales (consumo de bidones de agua en la UDEP en el 2012). (Costa, 2013) 4. Cambiará el sistema del proceso para la potabilización de agua cuya distribución será mediante bebederos. 5. Se volverá a modelar la red de tuberías de distribución de agua potable, en base a los nuevos caudales de salida de cada bebedero indicados por los proveedores de los mismos. Así, se obtendrán nuevas longitudes y nuevos diámetros. 6. Se desarrollará la correcta disposición en planta para cada una de las alternativas de planta de tratamiento, así como los requerimientos de mano de obra. 7. Respecto a los cambios anteriores, se solicitarán nuevas cotizaciones a todos los proveedores, por lo tanto los criterios de selección, el análisis y el proveedor seleccionado cambiarán. 8. Se desarrollará un nuevo capítulo: "Producto", en el que se especificará a detalle los productos del proyecto. 9. Se realizará una nueva tabulación de las encuestas. 10. Se cambiará el marco teórico en base a nuevas y más confiables referencias. 11. Se modificará la viabilidad legal de cada una de las propuestas, agregando información que antes que no se había contemplado como parte del proyecto, a pesar de ser necesaria. 12. Las viabilidades técnicas de cada propuesta de abastecimiento de agua de consumo, cambiarán. 13. Se modificará el análisis y selección de la alternativa de distribución de agua potable en la universidad. 		

1. INFORMACIÓN DEL CAMBIO	
Cambio afecta a:	
	14. Se corregirá el formato, redacción y coherencia de todo el proyecto.
Justificación	<ol style="list-style-type: none"> 1. El proyecto modificado puede ser presentado como tesis como máximo por dos personas. Es por ello que el equipo del proyecto se reducirá a sólo las dos tesistas. 2. La nueva capacidad considera, además el número de créditos académicos y la probabilidad que un alumno permanezca en la universidad más o menos tiempo que las horas de clase. Asimismo, se considera el posible crecimiento de la universidad en cuanto a cantidad de alumnos. De esta manera, el valor de la capacidad es más verídico. 3. Este cambio se realizará debido a que se posee información más precisa acerca de la cantidad de bidones de agua comprados por la universidad, específicamente del año 2012. Con ello se podrá estimar un promedio más fiable sobre este valor. 4. Se cambiará el proceso de purificación para garantizar una mejor calidad del agua. Esto se ha modificado en base a juicio de expertos. 5. La nueva modelación de tuberías se hará debido a que se posee información más real acerca del caudal de salida necesario para los bebederos. Esta información se ha obtenido de los proveedores. 6. Anteriormente no se había desarrollado la disposición en planta en el proyecto. 7. Este cambio se justifica por la realización de los anteriores cambios. 8. Este nuevo capítulo es importante para facilitar la comprensión del proyecto y tener en claro los productos del mismo. 9. La anterior tabulación estaba mal realizada. 10. En el nuevo marco teórico sólo se tomará en cuenta aspectos relacionados directamente al tema de la tesis, eliminando toda información innecesaria para la comprensión del proyecto. Asimismo, se buscarán nuevas y más confiables referencias, y se realizarán las citas correspondientes. 11. El anterior no contemplaba las retribuciones económicas por uso de agua subterránea. 12. La anterior viabilidad técnica estaba mal desarrollada. 13. Este cambio se justifica por el desarrollo de los otros cambios. 14. Existen errores en el formato, redacción y coherencia, los cuales deben ser corregidos para la correcta presentación del proyecto.
Impacto de NO implementar cambio propuesto	Si no se desarrolla el cambio, el proyecto quedaría incompleto e incluso con datos e información imprecisa. Por lo que, no se podría presentar como tesis.
Alternativas	Implementar el cambio propuesto.

2. ANÁLISIS DEL IMPACTO	LEYENDA (1 - 5)				
	(1) Muy bajo	(2) Bajo	(3) Medio	(4) Alto	(5) Muy alto
Impacto en Costo	(4)		Impacto en Cronograma (1 – 5)		(5)
Impacto en Recursos (1 – 5)	(3)		Riesgo asociado con la Implementación del Cambio		(1)
Riesgo Asociado con la NO Implementación del Cambio	(5)		Resultados de Revisión Final		(5)
Impacto en el alcance	(5)				

3. RIESGOS QUE GENERAN EL CAMBIO			
Descripción del Riesgo	Impacto	Respuesta a Seguir	Responsable
No poder entregar la tesis en el periodo planificado.	Negativo	Planificar bien el trabajo para realizar en paralelo algunas actividades.	Tesistas

4. RECOMENDACIÓN FINAL
Se recomienda proceder con el cambio, pues éste otorgará un panorama más amplio que ayudará a una mejor evaluación y selección de la alternativa que mejor satisfaga las necesidades de los interesados. Asimismo, mejorará la calidad del proyecto como tesis.

Capítulo 7.

Planta de tratamiento de agua y sistema de distribución por medio de bidones

7.1. Estudio de viabilidad

7.1.1. Viabilidad técnica

La planta de tratamiento debe garantizar agua de calidad que cumpla como mínimo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en las normas del Decreto Supremo N° 031-2010-SA de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Asimismo, deberá presentar características similares a las del agua de mesa San Luis y Spring, las cuales se tomarán como referencia por ser las marcas preferidas por los usuarios, según el Estudio de mercado realizado (Capítulo 4.2.4). Sin embargo, es importante resaltar que la marca Spring al no cumplir con el LMP de bacterias heterotróficas, no se considera como referencia en este indicador.

En la Tabla 7.1 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

Tabla 7.1. Resumen de las características del agua de la fuente con las referencias para el tratamiento

Fuente: Elaboración propia a partir de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012)

Ensayo Físico Químico	Unidades	LMP	Pozo UDEP - Cisterna		San Luis sin gas		Spring	
		Valor	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación
pH	Unidades estándar	6.5 a 8.5	7.5	Cumple	7.4	Cumple	7.7	Cumple
Conductividad eléctrica	µS/cm	1500	2240	No cumple	63.9	Cumple	399	Cumple
Calcio	mg/L Ca	No indica	114	----	<0.8	----	37.6	----
Cloruros	mg/L (Cl ⁻)	250	596	No cumple	10.9	Cumple	27.2	Cumple
Dureza Total	mg/L (CaCO ₃)	500	362	Cumple	16	Cumple	139	Cumple
Magnesio	mg/L (Mg)	No indica	18.5	----	3.4	----	10.9	----
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	1600	No cumple	21	Cumple	259	Cumple
Sulfatos	mg/L (SO ₄ ²⁻)	250	119	Cumple	12.8	Cumple	57.5	Cumple
Turbidez	NTU	5	1.5	Cumple	0.9	Cumple	0.30	Cumple
Potasio	mg/L (k ⁺)	No indica	5.6	----	3.8	Cumple	1.9	Cumple
Sodio	mg/L (Na ⁺)	285	285	No cumple	5	Cumple	29.0	Cumple

Ensayo Microbiológico	Unidades	LMP	Pozo UDEP - Cisterna		San Luis sin gas		Spring	
		Valor	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación	Valor	Evaluación
Coliformes Totales	NMP/100mL	<1.1	<1.1	Cumple	<1.1	Cumple	<1.1	Cumple
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	<1.1	<1.1	Cumple	<1.1	Cumple	<1.1	Cumple
Bacterias Heterotróficas	ufc/mL	500	56	Cumple	0	Cumple	51000	No cumple

Nota: Para los coliformes totales y termotolerantes, el valor <1.1 como NMP/100 mL, por la técnica de tubos múltiples (10 tubos), indica ausencia.

Tal como se puede apreciar en la Tabla 7.1 el agua del pozo de la universidad cumple sólo con los LMP de algunos indicadores de calidad. Asimismo, se puede evidenciar una gran diferencia con respecto a los valores de los parámetros de calidad del agua San Luis.

Para cumplir con el D.S. N° 031-2010-SA establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) se necesita:

- Mecanismo que permita disminuir las sales del agua fuente, ya que en el estudio se determinó que la conductividad eléctrica, los sólidos totales disueltos y los cloruros sobrepasan los Límites Máximos Permisibles.
- Mecanismo que elimine coliformes totales, los coliformes termotolerantes y bacterias heterotróficas, ya que en la información histórica de la calidad del agua (Capítulo 3.2) se puede evidenciar la presencia de estos microorganismos en el agua del pozo.
- Mecanismo que disminuya la cantidad de sodio.

Asimismo, se puede determinar que para obtener resultados parecidos a los del agua de mesa San Luis y Spring, se necesita:

- Disminuir la dureza total, y por tanto el magnesio y calcio presentes en el agua.

- Disminuir la turbidez.
- Disminuir los sulfatos.
- Mecanismo que permita obtener agua de buen sabor y olor.

Por otro lado, se debe determinar si:

- La potencia de la bomba sumergible del pozo es suficiente para abastecer la cantidad de agua necesaria a la planta de tratamiento.

Por lo tanto, la viabilidad técnica consistirá en determinar si existen los mecanismos necesarios para tratar el agua y obtener los resultados esperados para cada indicador de calidad de la misma. Así como también, en verificar si la potencia requerida para la planta de tratamiento es posible de obtener con la bomba sumergible del pozo.

.1 Mecanismos para la purificación del agua

a. Mecanismo para disminuir las sales del agua.

El único mecanismo que permite disminuir las sales en el agua es la ósmosis inversa, por medio de membranas semipermeables que tienen el tamaño de los poros lo suficientemente pequeños como para retener la sal. Por lo tanto, sí existe en el mercado un mecanismo para ello. (Valdiviezo León, 2012) Para mayor detalle ver Capítulo 02.

b. Mecanismo para eliminar coliformes totales.

Para conseguir este propósito existen una serie de mecanismos en el mercado, siendo los más conocidos y eficientes: ozonificación, y radiación UV. El efecto que tiene cada uno de ellos sobre bacterias, virus, algas y hongos es diferente. El ozono mata por oxidación mediante una ruptura de la membrana celular a los pocos segundos de contacto; mientras que la radiación UV tiene un efecto germicida en los microorganismos que los desactiva (ya no se reproducen) o los destruye. Es muy recomendable tener los dos métodos de tratamiento en el mismo sistema para así garantizar que definitivamente se ha eliminado la contaminación microbiológica; principalmente cuando el agua tratada se va a almacenar probablemente por más de dos días, ya que es allí donde cabe la posibilidad de proliferación o reactivación de los microorganismos. Esto último es muy probable que ocurra, debido a que podrían existir bidones en stock en el almacén. (Valdiviezo León, 2012) Para mayor detalle ver Capítulo 02.

c. Mecanismo que disminuya la cantidad de sodio y de sulfato

La ósmosis inversa también sirve para disminuir la cantidad de sodio y sulfato en el agua. Reduce al sodio entre un 90% a 95% aproximadamente y los sulfatos también. (Aguapasión, 2011), (AVIVA, 2012)

d. Mecanismo para disminuir la dureza total.

Existe en el mercado sistemas ablandadores, los cuales eliminan los minerales que hacen que dicha agua sea dura, como el calcio y el magnesio, mediante un intercambio iónico. (Valdiviezo León, 2012) Para mayor detalle ver Capítulo 02.

e. Mecanismo para disminuir la turbidez del agua.

Existen en el mercado diversos mecanismos para disminuir la turbidez del agua, como la filtración por pantallas, filtración de flujo cruzado, filtración de cartucho, entre otros. Dependiendo del agua fuente, se elige alguno de estos métodos para el tratamiento respectivo. Para mayor detalle ver Capítulo 02.

f. Mecanismo que permita obtener agua de buen sabor y olor.

El mecanismo necesario para obtener agua de buen sabor y olor es el carbón activado, el cual está diseñado para poder remover el cloro y la materia orgánica que es la causante del mal olor, color y sabor en el agua. También remueve compuestos orgánicos como fenoles, muchos pesticidas y herbicidas del agua. (Valdiviezo León, 2012) Para mayor detalle ver Capítulo 02.

Por lo tanto, en el mercado existen los mecanismos necesarios para tratar el agua fuente del pozo de la universidad y poder conseguir el objetivo planteado, por lo que es técnicamente viable la planta de tratamiento con respecto a los mecanismos a usar.

.2 *Potencia de la bomba sumergible del pozo*

En base a data histórica y a mediciones recientemente realizadas, se determinó que la diferencia que existe entre el caudal de entrada (agua extraída del pozo) y el caudal de salida o de consumo (agua que la universidad consume actualmente) varía aproximadamente entre 0.16 m³/min y 0.19 m³/min, es decir, de 230 400 L/día a 272 640 L/día respectivamente. Si toda esta agua se utilizara para obtener bidones de agua, cuya capacidad es de 20L por bidón, se obtendrían entre 11 520 a 13 632 bidones por día. Actualmente se consume en la Universidad de Piura, un promedio de 265 bidones por mes. Por lo que claramente se puede deducir que la planta de tratamiento es técnicamente viable con respecto a la potencia de la bomba sumergible del pozo. Para mayor detalle ver ANEXO O.

Finalmente, comprobado que existen los mecanismos necesarios para tratar el agua fuente y que la potencia de la bomba sumergible del pozo es suficiente para la planta de tratamiento, se puede concluir que es técnicamente viable la construcción de una planta de tratamiento de agua con sistema de distribución por medio de bidones en la Universidad de Piura.

7.1.2. *Viabilidad ambiental*

En los últimos años el impacto ambiental que generan los proyectos ha adquirido suma importancia en los estudios de viabilidad, ya que en la actualidad la contaminación del planeta ha aumentado de manera acelerada debido a un fugaz desarrollo de la industria. Temas como el calentamiento global, deforestación de bosques, extinción de especies de flora y fauna, entre otros; son devastadores efectos atribuidos a las acciones del hombre cuando se tiene una industria inconsciente que no realiza un estudio ambiental adecuado.

Por lo tanto, para todo proyecto se debe confeccionar un checklist de los efectos ambientales, su grado de impacto y la necesidad de incluir medidas preventivas o mitigadoras. Para el presente trabajo se considerará la tesis de Lituna y Romero (2011) para explicar todos los factores involucrados en este proyecto.

.1 Elaboración de la matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un método simple que se utiliza para evaluar el impacto ambiental que puede producir un proyecto. En dicha matriz se muestran las acciones del proyecto y los factores o componentes ambientales.

Cuando una acción va a provocar un cambio en un factor ambiental se anota en el punto de intersección de la matriz, la magnitud de este cambio al lado izquierdo de la celda y su importancia al lado derecho de la misma.

En la Tabla 7.2 se presenta un cuadro explicativo de los valores que se deben tomar en cuenta para la magnitud y la importancia.

Tabla 7.2. Valores de magnitud e importancia (- Sí perjudica / + Sí beneficia)

Fuente: Elaboración propia.

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Valor	Duración	Influencia	Valor
Baja	Baja	+/- 1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	+/- 2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	+/- 3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	+/- 4	Temporal	Local	4
Media	Media	+/- 5	Media	Local	5
Media	Alta	+/- 6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	+/- 7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	+/- 8	Media	Regional	8
Alta	Alta	+/- 9	Permanente	Regional	9
Muy Alta	Alta	+/- 10	Permanente	Nacional	10

Una vez asignados los valores de magnitud e importancia para obtener el impacto de la acción sobre el factor ambiental, se multiplican estos valores.

Finalmente, sumando los impactos de cada acción sobre cada factor ambiental se obtiene el impacto del proyecto sobre el ambiente.

.2 Análisis del impacto ambiental de una planta de tratamiento de agua potable - PTAP UDEP

En primer lugar analizaremos la localización de la planta realizando la revisión general de las condiciones ambientales de la zona, como la fauna y flora existente para evitar posibles daños contra ella. En el campus de la Universidad de Piura se deberá seleccionar un espacio estratégico que evite la deforestación del bosque, eliminación de jardines o desplazamiento de animales.

La planta al no utilizar sustancias nocivas, ni generar gases tóxicos no presenta problemas de contaminación ambiental en ese sentido. Sin embargo, se debe aclarar que la eliminación de desechos líquidos, especialmente el agua utilizada para el lavado de los bidones, deberán ser evacuados hacia la red de desagüe municipal.

Los residuos orgánicos producidos por los trabajadores, el polvo acumulado en la planta, los restos de los envases plásticos de las oficinas,

papeles, y demás; deberán ser adecuadamente segregados y llevados a contenedores especiales dispuestos para tales fines; de esta forma, los camiones recolectores municipales podrán evacuarlos y disponerlos en el relleno sanitario municipal.

Los bidones, hechos de Policarbonato (PC), un plástico derivado del petróleo, también generan un importante impacto en el medio ambiente pues un bidón puede tardar hasta 1000 años en biodegradarse. Es por ello que se recomienda evitar guardar los bidones de manera prolongada y respetar su tiempo de vida útil de 50 usos.

El nivel de ruido es otro factor importante que se debe tener en consideración. A pesar de que la purificación de agua es un proceso de bajo ruido, se deberá analizar y controlar el nivel de decibeles que genera la planta a fin de que no afecten el normal desenvolvimiento de las actividades en la zona y garantice la salud del personal, ya que de no controlarse, podría ocasionar daños crónicos y permanentes. Sólo durante la etapa de ejecución de las obras civiles se producirán fuertes ruidos, generando molestias al entorno, con lo cual se recomienda que la construcción de la planta se realice en el periodo de vacaciones universitarias. Se debe tener en cuenta que durante las obras, debido a la remoción de tierras, se propagará polvo contaminando en el ambiente de manera momentánea.

Debe también tenerse en cuenta la contaminación del acuífero. Algunos factores antropogénicos que podrían ocasionarla son la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, pozos sépticos, entre otros. Es importante mencionar que según estudios realizados por el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la UDEP (2011), las lagunas de estabilización ubicadas dentro del campus no generan ningún impacto sobre el acuífero.

Finalmente, el impacto más importante a tener en cuenta es el ocasionado sobre el pozo de la Universidad de Piura, debido al ritmo de explotación. Los pozos se pueden secar si el nivel freático cae por debajo de su profundidad inicial, lo que ocurre ocasionalmente en años de sequía. Por otro lado, el régimen de recarga puede: aumentar gracias a la reforestación que favorece la infiltración frente a la escorrentía, o disminuir por la extensión de pavimentos impermeables como ocurre en zonas urbanas o industriales. Sin embargo, la posible sequía no es un riesgo significativo para el proyecto, pues los acuíferos piuranos poseen una buena tasa de recarga gracias al Fenómeno del Niño.

Una vez explicado todos los posibles factores que se deben considerar para la evaluación del impacto ambiental de la planta de tratamiento, se realiza una Tabla 7.3, en la que se especifica las acciones y causas de afectación para el medio ambiente. En la Tabla 7.4 se muestra la matriz de Leopold.

Tabla 7.3. Acciones y causas de afectación para el medio ambiente – Planta de tratamiento agua potable UDEP

Fuente: Elaboración propia

Causas	Acciones de la planta	Proceso de captación del agua	Proceso de embotellado del agua	Distribución o transporte
Deterioro del suelo	- 4 / 3	- 1 / 3	-	- 1 / 2
Uso del agua subterránea	-	- 2 / 3	-	-
Deterioro del aire	- 1 / 1	-	-	- 2 / 2
Deterioro de la flora	- 1 / 3	-	-	-
Deterioro de la fauna	- 1 / 1	-	-	-
Generación de residuos	- 2 / 1	- 1 / 3	- 5 / 3	-
Ruido	- 4 / 1	-	- 1 / 3	- 1 / 2
Empleo	+ 5 / 5	-	+ 2 / 5	+ 3 / 3
Salud y seguridad	-	-	+ 10 / 3	-

Tabla 7.4. Evaluación del impacto ambiental

Fuente: Elaboración propia

Causas	Acciones de la planta	Construcción de la planta	Proceso de captación del agua	Proceso de embotellado del agua	Distribución o transporte	(+)	(-)	Impacto
Deterioro del suelo	- 12	-	- 3	-	- 2	0	3	- 17
Uso del agua subterránea	-	-	- 6	-	-	0	1	- 6
Deterioro del aire	- 1	-	-	-	- 4	0	2	- 5
Deterioro de la flora	- 3	-	-	-	-	0	1	- 3
Deterioro de la fauna	- 1	-	-	-	-	0	1	- 1
Generación de residuos	- 2	-	- 3	- 15	-	0	3	- 20
Ruido	- 4	-	-	- 3	- 2	0	3	- 9
Empleo	+ 25	-	-	+ 10	+ 9	3	0	+ 44
Salud y seguridad	-	-	-	+ 30	0	1	0	+ 30
(+)	1	0	0	2	1			
(-)	6	3	3	2	3			
Impacto	+ 2	- 12	- 12	+ 22	+ 1			+ 13

.3 Declaración de impactos negativos y medidas de mitigación o prevención

Los resultados de la matriz son claros, el proyecto es factible, pues el impacto final generado es positivo. De igual manera, en la Tabla 7.5 se presentan medidas de mitigación o prevención para los impactos negativos.

Tabla 7.5. Impactos negativos y medidas de mitigación o prevención - Planta de tratamiento agua potable UDEP

Fuente: Elaboración propia

Impacto Ambiental	Medidas de mitigación o prevención
1. Deterioro del suelo	
Movimientos de tierra	La capa orgánica del suelo en donde se realicen movimientos de tierra se utilizará en los jardines de la empresa o se trasladarán a las áreas verdes comunales.
2. Deterioro del agua	
Agua residual doméstica	Todos los servicios sanitarios de la planta estarán conectados al sistema municipal de alcantarillado de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, se fomentará el uso de las lagunas facultativas del campus.
Agua residual industrial	Se utilizarán químicos aprobados para el uso industrial y los efluentes serán vertidos en el sistema municipal de alcantarillado. Asimismo, se fomentará el uso de las lagunas facultativas del campus.
3. Deterioro del aire	
Polvo en etapas de construcción	Los albañiles y ayudantes de la construcción utilizarán mascarillas y equipos de protección para evitar enfermedades respiratorias. Asimismo, se determinará un perímetro de influencia que será cercado durante las labores.
Combustible en vehículos	Se realizará el mantenimiento respectivo de las motos de la UDEP, responsables de la distribución de los bidones.
4. Deterioro de la flora	
Pérdida de posibles áreas verdes	Para evitar manipular futuras áreas verdes, se escogerá un terreno que no tenga planes a mediano plazo para dicho propósito. Además, se sembrarán jardines alrededor de la planta en terrenos aún no aprovechados.
5. Deterioro de la fauna	
Reducción de áreas de recreación	Con la siembra de jardines alrededor de la planta de tratamiento, se darán mejores ambientes para la fauna del campus evitando su desplazamiento.
6. Generación de residuos	
Ripio por la construcción de la planta	El ripio por la construcción de la planta se enviará al botadero municipal.
Bidones y tapas rotas	Los envases y tapas se reciclarán. Las tapas serán destinadas para la campaña "Recolección de tapas plásticas" de Campus Verde; y los bidones serán enviados a plantas procesadoras.
Cartón y papelería de oficinas	El cartón y papel se enviará para reciclar a las empresas cartoneras o papeleras (Águilas Emaús). Contribuyendo con el beneficio de la sociedad.
Otros desechos sólidos	Los desechos sólidos que su reciclado no es viable se enviarán a depositar a botadero municipal.
7. Ruido	
Ruido por la construcción de la planta	Se seleccionará un terreno idóneo para que el ruido de la construcción de la planta no afecte a las labores académicas o administrativas de la UDEP.
Ruido por operación de equipos	Protectores auditivos serán utilizados por los trabajadores de las áreas de mayor ruido. Ruido > 80 decibeles.

7.1.3. Viabilidad legal

El primer paso en el marco legal es la definición del tipo de sociedad mercantil que registrará el proyecto. Como el proyecto se llevará a cabo dentro de la Universidad de Piura no tendrá un tipo de sociedad mercantil diferente al del centro de estudios.

Para poder iniciar las operaciones para el tratamiento del agua, es necesario obtener una licencia sanitaria que certifique que se reúnen las condiciones necesarias para asegurar que la calidad del agua que se obtenga será la adecuada para el consumo humano. Dicha licencia debe ser dada por la Dirección Regional de Salud Ambiental. Los requisitos para obtener la licencia se describen en el Capítulo 2.2.

De igual manera, se deberá cumplir con las normas relacionadas a la explotación del acuífero y uso del recurso hídrico establecidas por El Ministerio de Agricultura en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2010), según el cual al realizar un uso poblacional del agua, es decir “*extracción del agua de una fuente a través de un sistema de captación, tratamiento y distribución, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas*” (pág. 20), se deberá pagar una retribución económica de 0.00222 nuevos soles por metro cúbico de agua extraída. (Autoridad Nacional del Agua-Ministerio de Agricultura, 2012).

Además, se deberá obtener la “Licencia de uso de aguas desalinizadas”, es decir, aguas obtenidas por el proceso en el cual se consigue la extracción de las sales que se encuentran disueltas en el agua subterránea. Asimismo, para otorgar esta licencia La Autoridad del Agua (2010) deberá aprobar:

- Los objetivos y beneficios concretos de la ejecución del proyecto.
- Ámbito de influencia del proyecto, con indicación de su incidencia en el desarrollo económico-social, regional y local.
- Impacto ambiental por las actividades a desarrollar durante la ejecución del proyecto, considerando las medidas preventivas para mitigar o evitar los impactos ambientales a niveles aceptables en el área de ejecución del proyecto.
- Período de ejecución del proyecto.
- Sostenibilidad del proyecto.
- Establecimiento de servidumbres;
- Otros que se consideren necesarios para la evaluación respectiva.(pág. 48)

Por otro lado, una vez que ya está operando la planta de tratamiento, es necesario cumplir con algunas normas estipuladas en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2010):

- Según el inciso 45.2 del Artículo 45 que pertenece al Capítulo VIII del Título II de dicho reglamento, la Autoridad Nacional del Agua y el Ministerio del Ambiente tiene la facultad de fiscalizar el proyecto con la finalidad de poder llevar un control estricto del uso que se le está dando al acuífero para asegurarse que se mantendrá activo en el tiempo.
- Según el Artículo 128 del Capítulo V que pertenece al Título V, el agua deberá ser usada de manera cuidadosa por lo que si el recurso se

extingue no se podrá desarrollar nuevos proyectos con este tipo de recurso, salvo casos excepcionales.

- El Artículo 230 del Título IX, explica que se debe tener un control exhaustivo para que el agua que se utiliza no se salinice, por ello se deben poner mecanismos que permitan controlar cada cierto tiempo este parámetro.
- El Artículo 239 del Título IX, explica que se debe tener un perímetro que impida que gente extraña o animales se acerquen al pozo y lo puedan contaminar.

El proyecto es viable legalmente, ya que todos los requerimientos podrían ser adquiridos sin mayor contratiempo por la universidad. Son trámites burocráticos que podrían demorar, pero que finalmente se obtendrían.

7.1.4. *Viabilidad financiera*

En el Capítulo 7.8 se recogerá la información financiera de esta propuesta y se analizarán los costos y beneficios de la misma. Es por esta razón que no se realiza la viabilidad financiera, ya que se repetiría el análisis e información.

7.2. **Diseño del sistema de tratamiento**

7.2.1. *Descripción del sistema de tratamiento*

Para el diseño del sistema de tratamiento del agua se va a tener en cuenta dos referencias. La primera es el Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA que establece la Dirección General de Salud Ambiental, la cual presenta los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los principales indicadores de la calidad del agua para consumo humano garantizando su inocuidad. La otra referencia consiste en los valores de los indicadores de la calidad de agua de la marca San Luis, por ser la marca preferida de los usuarios actuales del servicio de agua de consumo en la universidad.

De acuerdo a los resultados mostrados en la viabilidad técnica (Capítulo 7.1) se describirá a continuación el sistema que se debería implementar en la planta de agua de la Universidad de Piura para conseguir la calidad de agua deseada, cumpliendo como mínimo con lo establecido por la Dirección General de Salud Ambiental y teniendo como objetivo la calidad de agua San Luis. El equipo específico y la descripción técnica dependerán del proveedor elegido.

.1 *Sistema de pre-tratamiento*

a. Tratamiento con cloro

El cloro tiene como función eliminar todas las bacterias y coliformes presentes, y evita que se acumulen los microorganismos en el filtro multimedia y en el filtro de carbón activado.

Es por ello que el tratamiento con éste se realiza en el tanque desde donde se va alimentar a toda la planta de tratamiento, eliminando así la posibilidad de que se acumulen microorganismos en los mecanismos posteriores. Para aplicar el cloro se puede colocar un dosificador en la tubería de salida o en el interior del tanque (Valdiviezo, 2013).

b. Filtro multimedia

El proceso de filtros multimedia o multicapa es sumamente económico y tiene la función de remover material suspendido que causa la turbidez en el agua, la cual puede ser causada por múltiples factores, tales como: polvo, tierra, óxido, residuos de materia orgánica, entre otros. Es un sistema de filtración muy eficiente que remueve partículas de 5 a 15 micras de tamaño. (Valdiviezo León, 2012)

Para mayor información del filtro multimedia ver Capítulo 1.2.

c. Filtro de carbón activado granular

Estos equipos están especialmente diseñados para poder remover el cloro residual y la materia orgánica que es la causante del mal olor, color y sabor en el agua. También remueve compuestos orgánicos como fenoles, pesticidas y herbicidas del agua.

Este filtro es de suma importancia porque al eliminar el cloro, protege las membranas de la ósmosis inversa, ya que éstas son de poliamida (material sintético) y el cloro las destruye. (Valdiviezo León, 2012); (Valdiviezo, 2013)

Para mayor información del filtro de carbón activado ver Capítulo 1.2.

d. Sistema ablandador

La función del sistema ablandador es eliminar los minerales que hacen que el agua tratada sea dura mediante un intercambio iónico que sustituye los minerales duros (calcio, magnesio, sílice, etc.) por suaves (sodio) a través de su carga eléctrica.

A pesar que en los resultados del ensayo de laboratorio se cumple con el Límite Máximo Permisible de la dureza establecido por DIGESA, se tiene un valor muy alto con respecto al agua San Luis, por lo que es necesario disminuir el valor de dicho parámetro. Asimismo, al hacerlo, se disminuyen los carbonatos en el agua, eliminando así la posibilidad de que estos se incrusten en las membranas de la ósmosis inversa (mecanismo posterior) y la taponee, de tal manera que se paralice el proceso. (Valdiviezo León, 2012)

Para mayor información del sistema ablandador ver Capítulo 1.2.

.2 *Sistema de tratamiento de agua*

a. Ósmosis inversa

La disminución de las sales es uno de los principales objetivos para alcanzar la calidad del agua deseada, por ello es de suma importancia la presencia de un equipo de ósmosis inversa en el sistema, ya que es el único mecanismo capaz de eliminar hasta el 99% de las sales en el agua.

Asimismo, esta etapa de la planta de tratamiento es la que determina la capacidad de producción de la planta por tratarse del cuello de botella del proceso. (Valdiviezo León, 2012); (Valdiviezo, 2013)

Para mayor información de la ósmosis inversa ver Capítulo 1.2.

.3 Sistema de post-tratamiento del agua

a. Luz UV

La luz UV se encarga de destruir o desactivar las bacterias. Este método es automático, efectivo y no daña el medio ambiente.

Para mayor información del sistema de desinfección por radiación UV ver Capítulo 1.2.

b. Sistema Ozonificador

El sistema ozonificador cumple dos funciones fundamentales en el sistema: terminar de eliminar las bacterias que pueden haber sobrevivido al proceso previo y asegurar que el agua se mantenga inocua durante más tiempo cuando se envase. El procedimiento consiste en mantener el agua en un tanque donde se burbujea con ozono durante un tiempo determinado antes de ser colocada en los bidones. (Valdiviezo León, 2012)

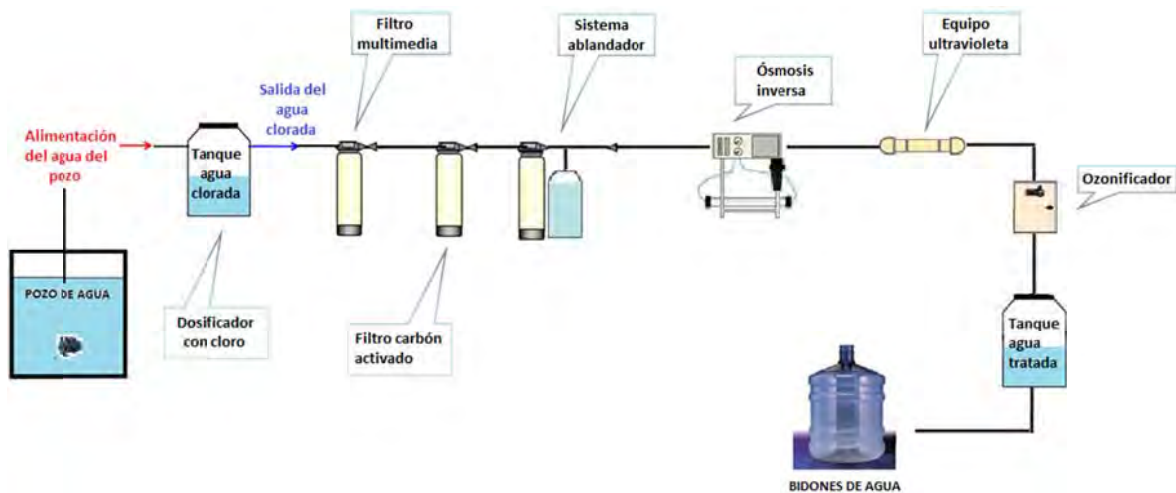
Tal como se mencionó en la Viabilidad técnica, es muy recomendable tener estos dos últimos métodos de tratamiento (Luz UV y Sistema Ozonificador) en el mismo sistema para así garantizar que definitivamente se ha eliminado la contaminación microbológica.

Para mayor información del equipo ozonificador ver Capítulo 1.2.

Por lo tanto, el sistema de tratamiento de agua debe estar conformado por los mecanismos explicados anteriormente y mostrados en la Ilustración 7.1.

Ilustración 7.1. Proceso de tratamiento

Fuente: Elaboración propia.



7.2.2. Capacidad de la planta de tratamiento

La capacidad de la planta deberá ser la cantidad de bidones de agua que la planta de tratamiento debe suministrar en determinado periodo de tiempo para asegurar que todos los consumidores de la universidad puedan disponer de un bidón con agua en su oficina en todo momento.

En primer lugar se debe identificar la población universitaria que tendrá acceso al agua en bidón. Esta población está conformada por dos grandes grupos de consumidores, las personas con asistencia regular: los docentes, el personal administrativo y el personal obrero, y por personas con asistencia periódica: alumnos de postgrado de la universidad.

Se debe resaltar que para los consumidores regulares no se utilizará la demanda histórica de agua debido a que durante el estudio de mercado (Capítulo 4.2) y las entrevistas con el personal de la universidad se detectó que muchas veces la universidad queda desabastecida de agua de mesa en bidón generando molestias a los consumidores del mismo, pues se quedan sin un servicio básico en la universidad. Por lo tanto, para realizar el cálculo de la capacidad de este colectivo se va a utilizar el consumo promedio teórico por persona.

Por otro lado, con respecto a los consumidores irregulares, que son los alumnos de post-grado, se ha considerado lo que actualmente se consume, ya que tal como indican los encargados de las maestrías y diplomados, no se consume mucha agua debido a que se les ofrece gaseosas y otras bebidas; es decir, nunca hay desabastecimiento de la misma. Para mayor detalle, ver ANEXO P. El consumo de estos es de manera mensual, de tal manera que solo se deberá producir en una semana de cada mes (de lunes a viernes) la cantidad de bidones necesarios para las maestrías y diplomados.

.1 Consumidores regulares

Para el cálculo de la cantidad de bidones de los consumidores regulares, se asume que cada persona debe consumir como mínimo 2 litros por día, considerando 16 horas, ya que son 8 horas las que cada persona debe dormir. Por lo tanto, el consumidor regular toma en promedio 1 litro de agua en la universidad, dado que se considera que trabaja 8 horas diarias en la UDEP.

Para determinar la cantidad de personal administrativo, docente y obrero se consultó a la Oficina de Grados y Títulos de la Universidad de Piura (2013). La información recolectada es la que se muestra en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6. Cantidad de personal de la Universidad de Piura

Fuente: Oficina de Grados y Títulos de la UDEP

	2008	2009	2010	2011	2012
Docente	303	291	317	320	282
Administrativo	205	221	230	224	236
Obrero	100	84	85	81	87
Total	608	596	632	625	605

Tal como se puede observar, la cantidad de profesores ha disminuido en los dos últimos años; sin embargo, la universidad tiene planeado abrir nuevas facultades, para las cuales se necesitaría nuevo personal docente. Para efectos

del cálculo de la capacidad de la planta, se considerará un crecimiento del personal de la universidad de 10%.

Asimismo, se tomará como referencia el año 2012, considerando así un total de 605 personas las que conforman el personal docente, administrativo y obrero de la Universidad de Piura.

.2 Consumidores irregulares

Con respecto al consumidor irregular, la información que se tiene sobre la cantidad de bidones de agua de mesa que consumen, está expresada de manera mensual y es de 400 litros o 20 bidones al mes.

Por lo general, se dan 1 a 2 bidones por cada diplomado o maestría para todo el mes; por lo que lo más conveniente será producir dicha cantidad mensual en una semana de cada mes, de tal manera que se almacene y cuando se necesite usarlos. Durante la semana, se llenarán de lunes a viernes los bidones necesarios para los 4 sábados correspondientes al mes. De esta manera, si se necesitan 20 bidones mensuales, se producirá 4 bidones u 80 litros cada día.

Para mayor detalle sobre la cantidad de bidones de agua de mesa que se consume en cada diplomado o maestría ver ANEXO P.

.3 Cálculo de la capacidad

En la Tabla 7.7 se resume la capacidad demandada y la capacidad requerida para la planta de tratamiento, considerando que la planta operará 8 horas al día.

Tabla 7.7. Cálculo de la capacidad de la planta de tratamiento

Fuente: Elaboración propia

Consumidores	Cantidad de personas	Consumo de agua en la universidad (L)	Consumo Total (L)
Personal UDEP	605	1	665.5
Alumnos de post-grado	261		80
Total (litros/día)			745.50
Total (litros/hora)			93.19
Total(litros/minuto)			1.55
Total (GPM)			0.41

Por lo tanto, al ser la producción necesaria de 746 litros/día y un bidón de 20 L, se necesita producir 38 bidones por día. Es importante mencionar que esta cantidad de bidones, solo es para los días de la semana en la que se deben producir los bidones de agua para los alumnos de post-grado; las otras semanas del mes será necesario producir 34 bidones al día.

Al momento de seleccionar los equipos, la capacidad estará determinada por el equipo de ósmosis inversa. Asimismo, se debe tener en cuenta que del flujo de agua que entra al equipo, aproximadamente el 50% es desechado y el otro 50% continúa el proceso de purificación. Por este motivo al momento de analizar las cotizaciones, se debe verificar que la capacidad de producción sea acorde con nuestros requerimientos para asegurar continuidad en la operación.

De acuerdo a las características de los equipos que ofrece el mercado y según nuestros requerimientos (como mínimo una capacidad de 0.41 GPM), la capacidad de producción de la planta de tratamiento será de **0.5 GPM**.

7.3. Procedimientos de la planta de tratamiento

7.3.1. Descripción del proceso

A continuación se especifica el personal necesario para la operación de la planta de tratamiento, describiendo las funciones que diariamente debe realizar.

.1 Responsables

a. Encargado de la planta de tratamiento

Responsable de la administración, manejo y control de la planta de tratamiento de agua potable. Deberá asegurar la producción requerida.

b. Distribuidor

Responsable de la distribución de los bidones en todo el campus universitario. Este rol actualmente ya es desempeñado por personal de la universidad.

.2 Descripción

a. Primera Etapa del Proceso: Operación de Planta

En la Tabla 7.8 se detalla el proceso de operación de la planta de tratamiento, indicando el responsable para cada función necesaria.

Tabla 7.8. Proceso de operación de la planta

Fuente: Elaboración propia

Responsable	Descripción de actividad a realizar
Encargado de planta de tratamiento	<i>(1)Revisar</i> , que todos los equipos se encuentren en buen estado antes de empezar con el uso de la planta de tratamiento, sobre todo los filtros, los cuales deben estar libres de cuerpos extraños para el correcto funcionamiento del proceso, en caso tenga un color demasiado oscuro se deberá cambiar el filtro correspondiente.
	<i>(2)Encender</i> , los equipos para empezar el proceso de tratamiento del agua.
	<i>(3)Controlar parámetros de calidad</i> , como el ph, conductividad eléctrica, dureza y cloro, tanto del agua de entrada como de salida del proceso.
	<i>(4)Llevar cuatro bidones con sus respectivas tapas a zona de lavado</i> , para iniciar su proceso de limpieza.
	<i>(5)Lavado</i> , se debe contar con una escobilla para el lavado de los bidones y un depósito de agua con una solución de detergente biodegradable especial a 40° C para el lavado del bidón. El bidón debe ser lavado tanto interior como exteriormente en dos etapas, la primera es una desinfección utilizando una solución de detergente biodegradable con alcalinidad menor al 1% y la segunda un enjuague final con agua ozonizada. En esta etapa se lavan también las tapas de los bidones. Una vez terminado el lavado, se colocan los bidones y las tapas en el área de almacenamiento temporal de bidones limpios. Es importante resaltar que para el proceso de lavado, el operador deberá hacer uso de guantes especiales. (*)
	<i>(6)Llenado</i> , esta operación consiste en introducir el agua tratada dentro del bidón en el nivel correcto de llenado (20 litros). El llenado del bidón se realiza por medio de una boquilla mediante el uso de gravedad. Una vez llenado el bidón cerrar la boquilla del tanque de almacenamiento de agua tratada.
	<i>(7)Tapado</i> , la operación se realiza en forma semi-automática; la tapa será depositado en el orificio del envase, la cual será presionada con un sellador manual para realizar el taponado del bidón. El sello de garantía se coloca en forma manual antes de ser sellado con la pistola térmica, de manera que éste se contrae y queda así el bidón con su sello de seguridad.
	<i>(8)Codificado</i> , utilizando una codificadora manual se le coloca al bidón un código de producción. Este código o número de lote debe identificar una producción específica del día o parte del día en que el agua fue envasada y el número de usos del bidón.
	<i>(9)Llevar el bidón al almacén de bidones llenos</i> , colocándolo de manera ordenada.
Las actividades 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se repiten hasta completar la producción diaria.	
Encargado de planta de tratamiento	<i>(10)Cerrar llaves</i> , tanto de alimentación y salida de agua, y de energía después de la utilización de los equipos.
	<i>(11)Verificar equipos</i> , para la futura utilización de éstos.

(*) El lavado de los bidones se realiza de manera manual y no automáticamente, debido a que la producción de bidones es tan pequeña que no justifica el costo de una máquina de lavado automático. Esto no significa que no se tendrá en cuenta las medidas de higiene necesarias para el proceso de lavado de bidones, pues el operador deberá ser capacitado para el correcto desempeño de sus funciones.

b. Segunda Etapa del Proceso: Distribución y control de bidones

En la Tabla 7.9 se detalla el proceso de distribución y control de bidones, indicando el responsable para cada función necesaria.

Tabla 7.9. Proceso de distribución y control de bidones

Fuente: Elaboración propia

Responsable	Descripción de actividad a realizar
Encargado de distribución	<i>Descargar los bidones vacíos en el almacenamiento de bidones sucios</i> , se deberá descargar los bidones vacíos y colocarlos de manera ordenada en el almacenamiento. Además, se deberá llenar el registro ubicado en el almacén colocando la cantidad de bidones descargados, fecha y la hora.
	<i>Cargar los bidones llenos para su posterior distribución en el campus</i> , de igual manera se deberá llenar el registro colocando la cantidad de bidones llenos que se retiran, fecha y la hora.
	<i>Distribuir los bidones en el campus universitario</i> , el distribuidor deberá llevar un control de cuántos bidones deja en cada punto de la universidad anotando en su registro la cantidad, fecha y hora en que realiza la actividad.
Encargado de planta de tratamiento	<i>Realizar inventario físico diario</i> , al finalizar el día se realizará el inventario del almacén de bidones llenos y de bidones sucios.
	<i>Controlar la mercancía</i> , al finalizar el día deberá comparar sus registros de inventarios y producción con los registros del distribuidor de tal manera que todo cuadre y no existan faltantes.

7.3.2. *Mano de obra*

En la Tabla 7.10 y en la Tabla 7.11 se describe el perfil de la mano de obra requerida.

Tabla 7.10. Perfil del puesto "Encargado de planta de tratamiento"

Fuente: Elaboración propia

Nombre del puesto: Encargado de planta		
Perfil del Puesto	<p>Nivel educativo: Técnico</p>	<p>Grado académico: Profesional Graduado</p>
	<p>Profesión / Educación: Técnico en Análisis Químico, Técnico en planta, o carreras a fines</p>	
	<p>Especialización: Ninguna</p>	<p>Conocimientos de informática:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de Software Aplicativos • Manejo de Office
	<p>Conocimientos de idiomas: Ninguna</p>	<p>Conocimientos especiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de herramientas • Lectura de medidores • Manejo básico de almacenes
	<p>Experiencia laboral en el sector: De preferencia 1 año de experiencia en manejo de plantas de tratamiento.</p>	<p>Experiencia laboral en otros sectores: Ninguna</p>
	<p>Actitudes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de información reservada • Compromiso • Lealtad y confiabilidad • Puntualidad 	<p>Habilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de toma de decisiones • Capacidad de organización • Habilidad y tacto para relacionarse con personal en todos los niveles.
Principales Funciones	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo de la planta de tratamiento. • Control de la planta de tratamiento. • Asegurarse que todos los equipos funcionen en óptimas condiciones. • Llenado de los bidones. • Sellado de los bidones. • Recepción de pedidos y producción de acuerdo a los requerimientos de los clientes. • Recepción de pedidos y producción de acuerdo a los requerimientos de los clientes. • Confirmación de pedidos. • Correcto almacenamiento de los bidones. • Control de inventarios. • Coordinación con proveedor de bidones. • Lavado de bidones para su futura reutilización. 	

Tabla 7.11. Perfil del puesto "Distribuidor"

Fuente: Elaboración propia

Nombre del puesto: Distribuidor		
Perfil del Puesto	Nivel educativo: Colegio	Grado académico: Secundaria completa
	Profesión / Educación: Ninguna	
	Especialización: Ninguna	Conocimientos de informática: Ninguna
	Conocimientos de idiomas: Ninguna	Conocimientos especiales: Manejo de vehículos motorizados
	Experiencia laboral en el sector: Ninguna	Experiencia laboral en otros sectores: Ninguna
	Actitudes: <ul style="list-style-type: none"> • Compromiso • Lealtad y confiabilidad • Puntualidad 	Habilidades: <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de trabajo en equipo • Capacidad de organización • Habilidad para relacionarse con personal en todos los niveles.
Principales Funciones	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de bidones de acuerdo a los requerimientos del cliente. • Recoger bidones ya usados de las facultades o centros de trabajo para el futuro reuso. • Control de bidones distribuidos en el campus universitario. 	

7.4. Ubicación de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento debe estar localizada en la misma Universidad de Piura, ya que en ella se ubica el pozo del cual se obtendrá el agua fuente para el proyecto. Ésta dispone de muchas áreas sobre las cuales se puede construir la planta de tratamiento. Es por ello necesario realizar una evaluación de las diferentes opciones de ubicación, considerando diversos factores que influirán en los resultados del proyecto y sus posibles impactos.

7.4.1. Elección de las alternativas de ubicación

La metodología de ubicación se basa sobre los siguientes 11 factores más utilizados según Díaz, Jarufe y Norieg (2007) a:

- Proximidad de las materias primas o insumos
- Cercanía al mercado
- Disponibilidad de mano de obra
- Abastecimiento de energía

- Abastecimiento de agua
- Servicios de transporte
- Terrenos
- Clima
- Eliminación de desechos
- Reglamentaciones fiscales y legales
- Condiciones de vida

Como la planta deberá ser instalada dentro del campus universitario se debe despreciar algunos factores pues muchas variables se resumen de acuerdo a las políticas internas de la Universidad de Piura, tales como la eliminación de desechos, las reglamentaciones fiscales y legales, y la disponibilidad de mano de obra. Asimismo, el factor de clima y condiciones de vida, no se considerarán pues todos los posibles lugares donde se instalará la planta se verán afectados por los mismos.

De esta manera, los factores que se considerarán para la evaluación son los siguientes:

- Proximidad al agua del pozo

Al ser el agua de pozo el agua fuente para el proyecto, es de suma importancia considerar este factor, ya que mientras más cerca esté es menos costosa la instalación de una red de tuberías para alimentar a la planta de tratamiento.

- Cercanía a las oficinas

Los bidones de agua se deben llevar a cada una de las oficinas de la universidad, según sea la demanda de los mismos. Dado que los bidones llenos se almacenarán en la misma planta de tratamiento, y estos deben ser luego distribuidos a las oficinas por medio de un vehículo responsable, mientras más cerca se encuentre de las oficinas será más conveniente para el proyecto por un tema de costos y ergonomía.

- Abastecimiento de energía

Los equipos que conforman la planta de tratamiento necesitan estar conectados a la red eléctrica. Además, es necesario que la planta esté iluminada para cuando se deba realizar el control de calidad o el mismo mantenimiento de la planta. Esto último para que se pueda realizar un mejor trabajo y por un tema ergonómico.

- Cercanía a una red de desagüe y red de agua

Es necesaria la cercanía a una red de agua y desagüe, debido a que en la misma planta de tratamiento habrá un baño para que los operarios se asean antes de trabajar en la misma. Además, es de suma importancia la red de desagüe, ya que la ósmosis inversa y otros filtros eliminan agua indeseada para el sistema.

- Facilidad de acceso

Este factor hace referencia a la facilidad de acceso a la planta de tratamiento, principalmente de los vehículos responsables de la distribución de los bidones vacíos y llenos, así como de otros insumos.

- Cercanía a los departamentos de Almacén y Mantenimiento

Este factor es importante, pues se debe considerar la proximidad del personal a la planta de tratamiento, ya sea para la distribución de los bidones, para la operación de la planta, para el mantenimiento de la misma o para su constante revisión. Además, en caso exista un problema en la planta de tratamiento, es necesario que el personal esté cerca para solucionar el inconveniente rápidamente.

- Terreno

A pesar que la universidad tiene muchas áreas sin construcción, muchas de ellas están destinadas para nuevas áreas verdes o nuevas construcciones. Es por ello, que para los lugares propuestos se debe considerar el Plan Director de la Universidad de Piura (planes de crecimiento). Asimismo, en este factor se considera las dimensiones del terreno disponible.

Considerando dichos criterios de selección, se presenta a continuación una lista de alternativas de ubicación:

- Al lado del pozo de agua (Alternativa A)
- Detrás del Edificio 80 (Alternativa B)
- Cerca del pabellón de Química (Alternativa C)

En la Ilustración 7.2 se muestra un dibujo de la Universidad de Piura, en el cual se aprecia la distribución de las posibles alternativas de ubicación.

Ilustración 7.2. Distribución de las posibles alternativas

Fuente: Programa de adecuación y manejo ambiental (PAMA) de las lagunas de estabilización ubicadas en la Universidad de Piura



Por otro lado, el abastecimiento de energía y cercanía a una red de agua y desagüe, no se considerarán en la evaluación de las tres alternativas antes mencionadas para la ubicación de la planta de tratamiento. Esto debido a que, éstas tres tienen el mismo acceso de energía y de agua y desagüe; de tal manera, que estos no son un factor diferencial entre ellas.

7.4.2. *Evaluación de las alternativas de ubicación*

Debido a las características del proyecto, se llevará a cabo el método semi-cuantitativo de evaluación, "Método de ranking de factores", para la selección de la ubicación óptima. Para ello se debe seguir los siguientes pasos:

- Primero se debe realizar una lista de los factores de ubicación que sean importantes para el proyecto.
- Luego se debe analizar la importancia relativa de cada uno de los factores y asignarles una ponderación relativa, para ello se utilizará una "matriz de enfrentamiento". Se establece como regla lo siguiente:
 - ✓ Se le asignará un valor de uno (1) a aquel factor "más importante" que el factor con el cual es comparado.
 - ✓ Se le asignará un valor de cero (0) si el factor analizado es "menos importante" que el factor con el cual es comparado.
 - ✓ En casos donde la "importancia es equivalente", ambos factores tendrán el valor de "1" en el casillero correspondiente.
 - ✓ En la columna del extremo derecho se contabilizarán los puntos para cada factor y se evaluará el porcentaje correspondiente, el cual representará la ponderación de dicho factor.
- Estudiar cada factor y evaluar su nivel de desarrollo en cada alternativa de ubicación y asignarle una calificación. Para la calificación se utilizará la siguiente escala:
 - ✓ Excelente = 10
 - ✓ Muy bueno = 8
 - ✓ Bueno = 6
 - ✓ Regular = 4
 - ✓ Deficiente = 2
- Luego se realiza el "Ranking de factores", para lo cual se debe evaluar el puntaje de cada factor en cada ubicación alternativa, multiplicando la ponderación por la calificación.
- Finalmente, para cada alternativa se debe realizar la sumatoria de todas las puntuaciones. Aquella con mayor puntaje será la ubicación seleccionada.

Considerando la lista de factores o criterios de evaluación mencionados anteriormente se procede a realizar el cuadro de enfrentamiento.

.1 *Matriz de enfrentamiento*

En la Tabla 7.12 se muestra la matriz de enfrentamiento antes explicada.

Tabla 7.12. Matriz de enfrentamiento de la planta de tratamiento de agua potable UDEP

Fuente: Elaboración propia

Factores	Agua Pozo	Oficinas	Acceso	Almacén y Mtto	Terreno	Conteo	Ponderación
Agua Pozo	-	1	1	1	1	4	29%
Oficinas	0	-	1	1	0	2	14%
Acceso	0	1	-	1	0	2	14%
Almacén y Mtto	0	1	1	-	0	2	14%
Terreno	1	1	1	1	-	4	29%
Total						14	100%

.2 *Tabla de ranking de factores*

En la Tabla 7.13 se muestra el ranking de factores antes explicado.

Tabla 7.13. Ranking de factores

Fuente: Elaboración propia

Factores	%	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Agua de Pozo	29	10	2.86	6	1.71	8	2.29
Oficinas	14	8	1.14	6	0.86	6	0.86
Acceso	14	8	1.14	6	0.86	8	1.14
Almacén y Mtto	14	10	1.43	4	0.57	8	1.14
Terreno	29	8	2.29	8	2.29	10	2.86
Total	100		8.86		6.29		8.29

.3 *Conclusión*

De acuerdo con el resultado se elegirá la alternativa A, correspondiente a la ubicación al lado del pozo de agua, como la más adecuada para la ubicación de la planta.

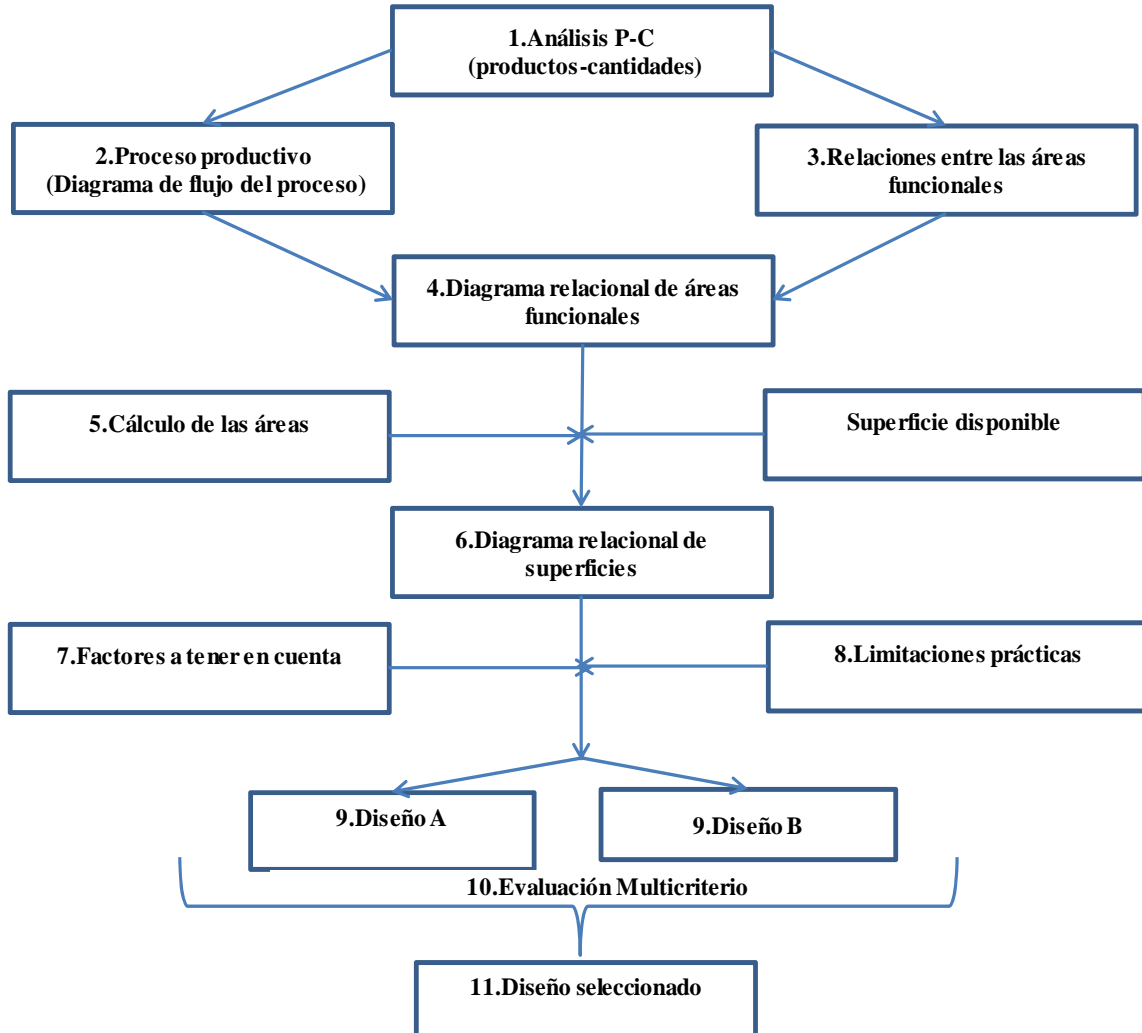
7.5. Distribución en planta

En base a De la Fuente (2005), la distribución en planta para este proyecto estará basada en el producto, debido a que para el proceso de producción los equipos principales y servicios auxiliares se disponen uno a continuación de otro, de tal manera que el agua sólo fluya directamente desde el tanque de recepción al tanque de almacenamiento del agua tratada, además los movimientos son sencillos y los operarios no requieren de una elevada cualificación debido a que las actividades que realizan son simples y repetitivas.

Para diseñar la disposición óptima de la planta de tratamiento de agua potable se seguirá el esquema mostrado en la Ilustración 7.3

Ilustración 7.3. Secuencia a seguir para la elaboración en planta

Fuente: Universidad de Castilla- La Mancha (2012)



7.5.1. Análisis producto-cantidad

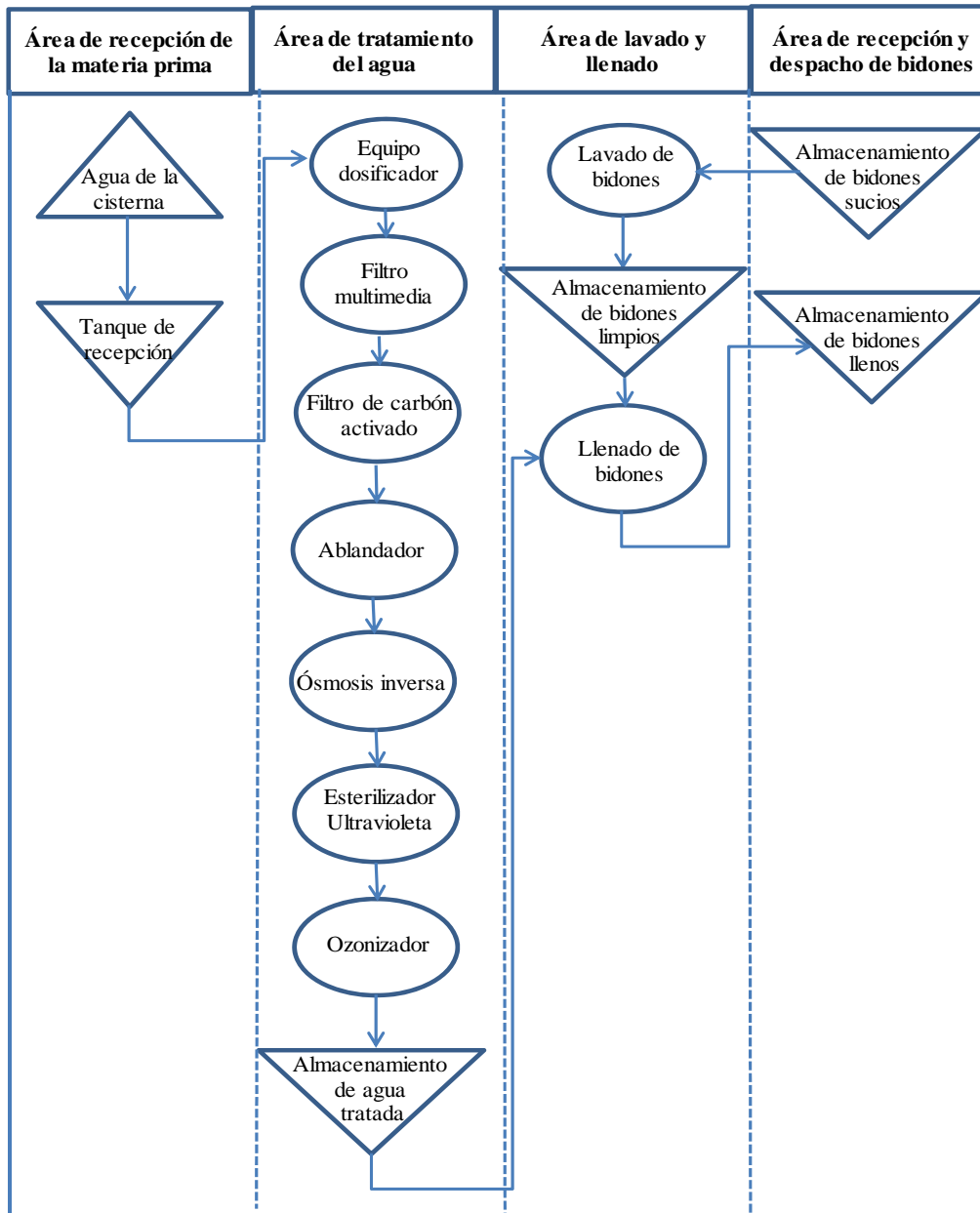
En la planta sólo se producirá un producto, que son los bidones de agua potable. La cantidad estimada de producción es de 34 bidones por día. El cálculo de la producción de bidones se detalla en el Capítulo 7.2.2.

7.5.2. *Proceso productivo*

En la Ilustración 7.4 se muestra el diagrama de flujo del proceso detallado por bloques.

Ilustración 7.4. Diagrama de flujo del proceso

Fuente: Elaboración propia



7.5.3. *Relaciones entre las áreas funcionales*

Mediante el método relacional de actividades se presenta las relaciones entre ellas y su nivel de importancia. Primero listaremos los procesos que se llevarán a cabo:







1. Almacenamiento de bidones vacíos
2. Lavado de bidones
3. Almacenamiento de bidones limpios

7.5.4. Diagrama relacional de áreas funcionales

Haciendo uso del método relacional de actividades (Ilustración 7.5) se representan los niveles de importancia o de proximidad de las actividades en el diagrama relacional. Para la selección de la disposición en planta más adecuada, se evaluaron dos alternativas; por lo que existen dos diagramas relacionales, los cuales son mostrados en la Ilustración 7.6 y en la Ilustración 7.7.

Para el desarrollo de los diagramas relacionales, se necesita representar cada actividad mediante la simbología mostrada en la Tabla 7.16.

Tabla 7.16. Simbología
Fuente: Disposición de Planta (2007)

Área	Símbolo
Operación	
Almacenamiento	
Estacionamiento	
Almacenamiento temporal	
Oficina	
Servicio	

Los símbolos mostrados en la Tabla 7.16 van unidos por líneas de diferentes colores (ver Tabla 7.17), según sea la letra que indique la relación entre ellos (tal como se indica en la Tabla 7.14).

Tabla 7.17. Leyenda de líneas
Fuente: Elaboración propia

Letra	Color
A	Azul
E	Marrón
I	Rojo
O	Verde
U	Rosado
X	Amarillo

En la Ilustración 7.6 e Ilustración 7.7 se puede observar el resultado del proceso mencionado. Las ilustraciones muestran las posibles distribuciones físicas de cada una de las actividades dentro del área destinada para la planta de tratamiento, de tal manera que se obtengan mayores beneficios.

Ilustración 7.6. Diagrama relacional - Alternativa A

Fuente: Elaboración propia

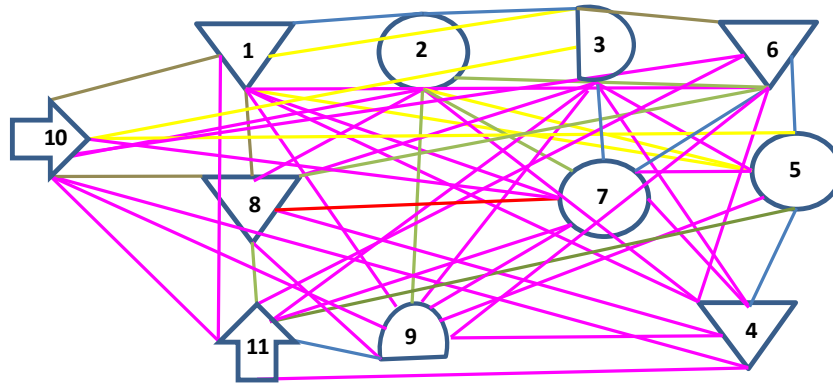
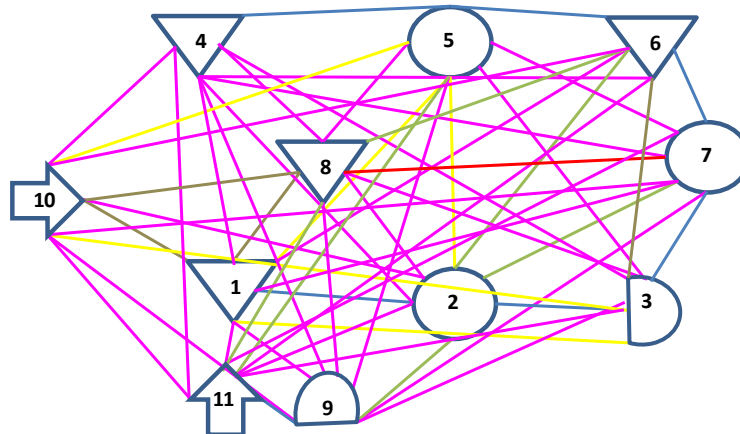


Ilustración 7.7. Diagrama relacional - Alternativa B

Fuente: Elaboración propia



7.5.5. Cálculo de áreas

A continuación, se calculan las áreas de cada una de las secciones que conformarán la planta potabilizadora de agua. La asignación de las áreas se realizó en base al juicio de expertos; para el caso del almacenamiento, considerando el espacio suficiente según sean las dimensiones de los bidones de agua y como mínimo la producción diaria estimada de los mismos.

Asimismo, para el caso del tanque de recepción y del tanque de almacenamiento de agua tratada se ha considerado la dimensión de los mismos. Para el caso del tanque de recepción, se ha considerado el doble de capacidad que el tanque de almacenamiento para agua tratada. Esto debido a que el equipo de ósmosis inversa rechaza el 50% del volumen de agua necesario. De esta manera, para el tanque de recepción se está considerando una capacidad de 1100 litros y para el tanque de agua tratada 600 litros.

Por último, para el estacionamiento se ha tomado en cuenta las dimensiones de las motos con que se realiza actualmente la distribución de los bidones de agua.

En la Tabla 7.18 se detallan las áreas en m².

Tabla 7.18. Cálculo de áreas

Fuente: Elaboración propia

Sección	Área (m ²)
1. Almacenamiento de bidones sucios	6
2. Lavado de bidones	2.25
3. Almacenamiento de bidones limpios	1
4. Tanque de recepción	1.56
5. Sistema de tratamiento	10
6. Almacenamiento de agua tratada	1.56
7. Llenado de bidones	2.25
8. Almacenamiento de bidones llenos	8
9. Baño	3
10. Estacionamiento	9
11. Oficina	12

7.5.6. Diagrama relacional de superficies

Una vez calculadas las áreas, se representan mediante cuadrados según sea el diagrama relacional correspondiente. Así pues la Ilustración 7.8 hace referencia al diagrama relacional mostrado en la Ilustración 7.6, y la Ilustración 7.9 al mostrado en la Ilustración 7.7.

Ilustración 7.8. Diagrama relacional de superficies-Alternativa A

Fuente: Elaboración propia

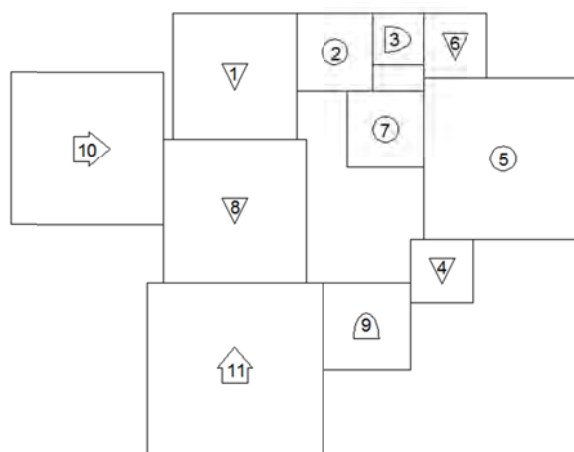
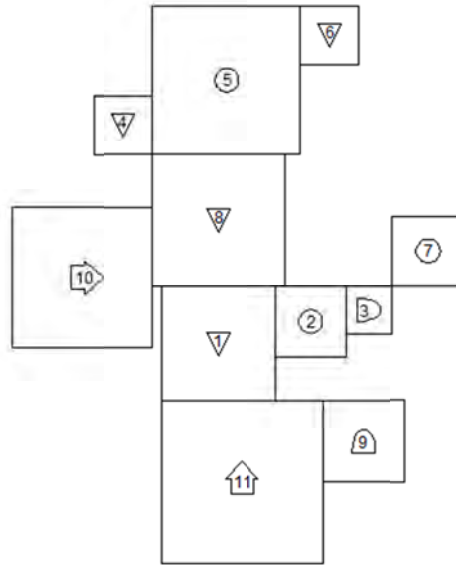


Ilustración 7.9. Diagrama relacional de superficies-Alternativa B

Fuente: Elaboración propia



7.5.7. Factores a tener en cuenta

El único factor que faltó considerar en el análisis anterior fue el ancho de las áreas de circulación para toda la planta.

7.5.8. Limitaciones prácticas

No existen mayores limitaciones para la distribución en planta debido a que se cuenta con terreno suficiente para la construcción de la planta y no existe un edificio previamente construido para la planta de tratamiento que pueda limitar sus dimensiones.

7.5.9. Alternativas de distribución

Los esquemas con las áreas definidas para cada una de las alternativas de distribución en planta, incluyendo los pasillos antes no considerados, se muestran en la Ilustración 7.10 y en la Ilustración 7.11.

Ilustración 7.10. Distribución en planta-Alternativa A

Fuente: Elaboración propia

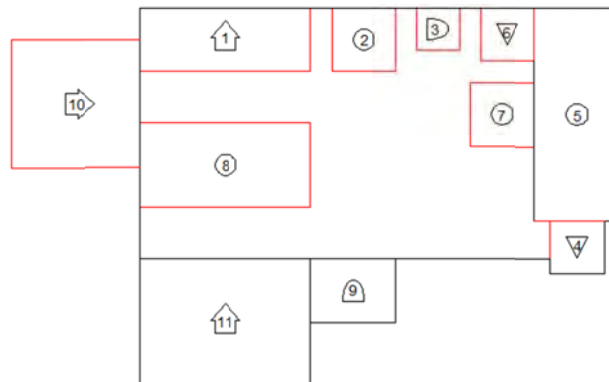
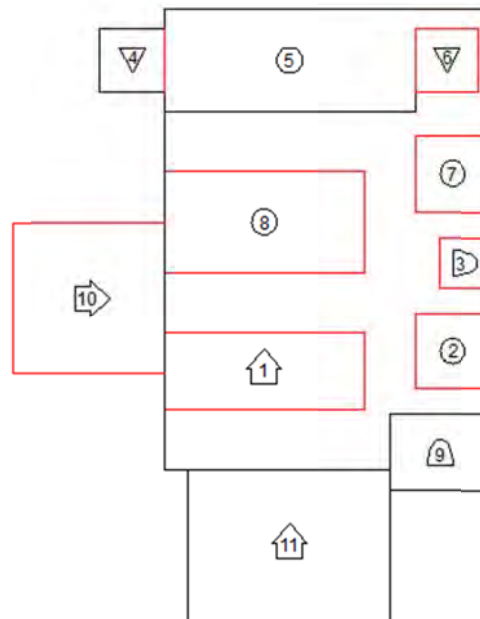


Ilustración 7.11. Distribución en planta-Alternativa B

Fuente: Elaboración propia



Las líneas de rojo en las ilustraciones indican que no existirán paredes para separar esa sección y las líneas de negro indican su presencia.

7.5.10. Evaluación de las alternativas

Se llevará a cabo el método semi-cuantitativo de evaluación, "Método de ranking de factores", para la selección de la distribución óptima. Para ello, se seguirán los siguientes pasos:

- Se considerarán como factores para la selección de la alternativa óptima, los principios básicos para la distribución en planta que más implicancia tengan con este proyecto, los cuales se mencionan a continuación:
 - ✓ Integración en conjunto
 - ✓ Mínima distancia
 - ✓ Flujo de materiales
 - ✓ Menor área
 - ✓ Flexibilidad
- Luego se deberá analizar la importancia relativa de cada uno de los factores y asignarles una ponderación relativa.
- Para cada factor se evaluará su nivel de desarrollo en cada alternativa de distribución en planta y se le asignará una calificación. Para ello se utilizará la siguiente escala:
 - ✓ Excelente = 10
 - ✓ Muy bueno = 8
 - ✓ Bueno = 6
 - ✓ Regular = 4
 - ✓ Deficiente = 2

- Luego se multiplica la ponderación de cada factor por la calificación correspondiente en cada alternativa.
- Finalmente, para cada alternativa se realizará la sumatoria de todas las puntuaciones y se determinará la mejor distribución en planta, la cual será la que tenga mayor puntaje.

En la Tabla 7.19 se muestra el ranking de factores antes explicado.

Tabla 7.19. Ranking de factores

Fuente: Elaboración propia

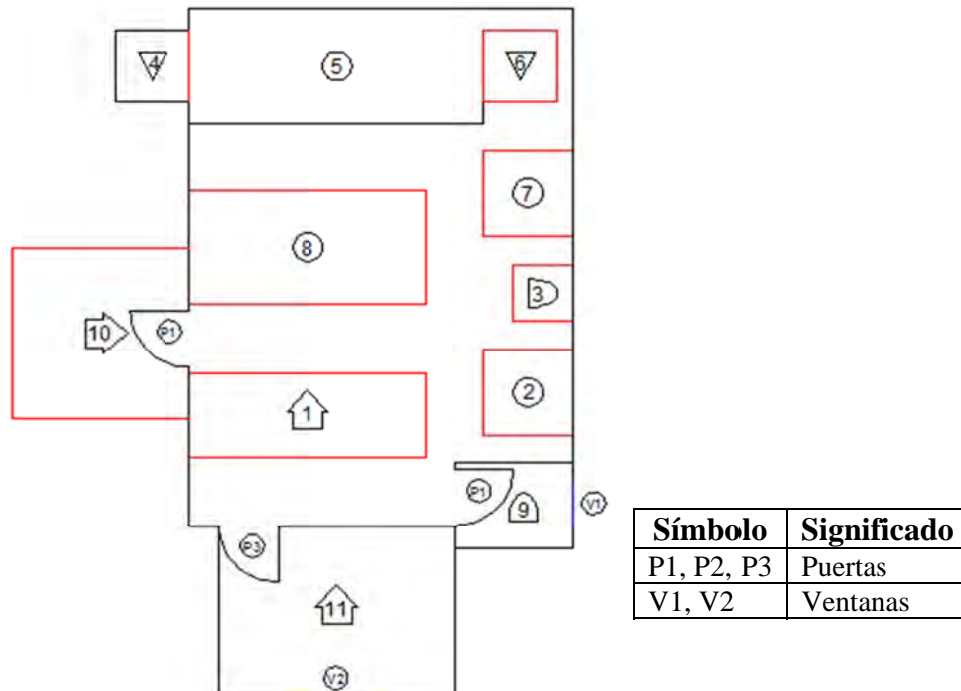
Factores	Ponderación %	Alternativa A		Alternativa B	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Integración en conjunto	20	6	120	8	160
Mínima distancia de	25	6	150	10	250
Flujo de materiales	25	8	200	10	250
Menor área	15	10	150	8	120
Flexibilidad	15	6	90	8	120
Total	100		710		900

7.5.11. Alternativa seleccionada

Según los resultados mostrados en la Tabla 7.19 la alternativa B es la más conveniente, cuya distribución se muestra en la Ilustración 7.12.

Ilustración 7.12. Distribución en planta

Fuente: Elaboración propia



Las líneas de rojo en la ilustración indican que no existirán paredes para separar esa sección y las líneas de negro indican su presencia.

7.6. Equipos comerciales

7.6.1. Cotizaciones de proveedores

Una vez que ya se han definido las operaciones unitarias que son necesarias para llevar a cabo el proceso de tratamiento que se requiere para obtener agua de calidad para el consumo humano, es necesario elegir los equipos y los proveedores con los que se trabajará. Para ello se han consultado diversos proveedores, los cuales en función de nuestros requerimientos presentan propuestas de posibles configuraciones de plantas y cotizaciones de los equipos necesarios para implementarlas (Ver ANEXO R).

7.6.2. Evaluación y selección de proveedores

Para la selección del proveedor de los equipos de la planta de tratamiento, se han considerado 5 criterios: proveedor, precio, necesidad, calidad y localización. A cada uno de estos criterios se les debe asignar una ponderación según su importancia relativa para el proyecto.

Se evalúa cada proveedor según cada criterio y se le asigna una calificación. El rango de valoración para la calificación de cada proveedor según cada criterio es de 1 a 5, donde 1 representa el menor puntaje y 5 el mayor. Por último, se multiplica dicha calificación con la ponderación establecida al criterio correspondiente. Aquel proveedor que obtenga el mayor puntaje, será el seleccionado.

.1 Criterios de selección

a. Proveedor

El criterio *Proveedor* hace referencia a qué tan confiable es el proveedor respecto a brindar un servicio de calidad considerando el tiempo que demoró en responder a nuestros requerimientos, si cumplió con la fecha establecida de entrega de la cotización, el nivel de detalle de la misma, el interés que mostró ante el proyecto y la dominación que tenía del tema. Esto último se conoce por las diversas conversaciones telefónicas o reuniones que se han tenido con cada uno de ellos. Asimismo, se considera las certificaciones que tiene, la cantidad de años en el mercado y las empresas a las que les ha realizado algún servicio en el pasado.

b. Precio

El criterio Precio hace referencia a qué tan caro es la planta que se nos ofrece, en comparación con el precio que brindan otros proveedores.

c. Necesidad

El criterio Necesidad indica si los equipos ofrecidos son necesarios o no en la planta de tratamiento considerando las especificaciones técnicas del proyecto; es decir, si realmente contribuye a obtener agua de calidad según el proceso diseñado para ello.

d. Calidad

El criterio Calidad evalúa la marca de cada equipo que el proveedor ofrece. Para ello se debe averiguar qué tan confiable es, según juicio de expertos y otras fuentes como internet.

e. Localización

El criterio Localización hace referencia a la ubicación del proveedor, es decir, el lugar donde realiza sus operaciones. Es importante considerarlo debido a que mientras más cerca se encuentre éste, con mayor facilidad se podrán obtener los servicios post-venta, como el mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

La ponderación asignada a cada criterio se muestra en la Tabla 7.20.

Tabla 7.20. Resumen de la evaluación de proveedores

Fuente: Elaboración propia

Criterios de evaluación							
	Proveedor	Precio	Necesidad	Calidad	Localización	Total	Ponderación
Proveedor	-	0	0	0	1	1	9.09%
Precio	1	-	0	0	1	2	18.18%
Necesidad	1	1	-	1	1	4	36.36%
Calidad	1	1	0	-	1	3	27.27%
Localización	1	0	0	0	-	1	9.09%

.2 *Resumen de la evaluación y selección del proveedor*

El proveedor Ingeniería del Agua SAC es el que ha obtenido mayor puntaje, por lo que es el proveedor seleccionado con 4.45 puntos de 5 (Ver Tabla 7.21).

Tabla 7.21. Resumen de la evaluación de proveedores

Fuente: Elaboración propia

Información sobre proveedores de la planta de tratamiento									
Proveedor	AQUAFIL SAC				AQUATROL PERU SAC		INGENIERÍA DEL AGUA SAC		
Proceso Recomendado	-	Pre-Filtro de sedimentos de 10u	-	Equipo dosificador de cloro	-	Equipo dosificador de cloro	-	Bomba dosificadora de cloro	
	-	Filtro de carbón activado	-	Filtro multimedia	-	Filtro multimedia	-	Filtro Multimedia	
	-	Filtro de sedimentos 5u	-	Filtro carbón activado	-	Filtro carbón activado	-	Filtro carbón activado	
	-	Equipo esterilizador UV	-	Equipo ablandador de agua	-	Equipo ablandador de agua	-	Filtro antisarro	
	-	Acondicionador de dureza	-	Ósmosis inversa	-	Ósmosis inversa	-	Ósmosis inversa	
	-	Ósmosis inversa	-	2 Pulidores 1 u	-	2 Pulidores 1 u	-	Sistema de ozonificación	
	-	Equipo generador de ozono	-	Equipo esterilizador UV 2GPM	-	Equipo esterilizador UV 2GPM	-	Radiación UV	
Incluye	-	Bomba de recirculación y abastecimiento	-	Equipo esterilizador UV 5GPM	-	Equipo esterilizador UV 5GPM	-	Ozonificación	
	-	Juego de conexiones y válvulas	-	Ozonificación	-	2 Sistemas hidroneumáticos	-	Accesorios BYPASS	
	-	Estructura metálica de soporte	-	2 Sistemas hidroneumáticos	-	Servicio de instalación en Piura	-	Accesorios flujómetros	
	-	Mesa llenadora manual	-	Servicio de instalación en Piura	-	Capacitación del manejo del sistema	-	Accesorios manómetro	
	-	Manuales de operación y mantenimiento	-	Capacitación del manejo del sistema	-	Accesorios para la instalación	-	Tanque hidroneumático	
	-	Asesoramiento técnico y permanente (no presencial)	-	Accesorios para la instalación	-	Servicio de transporte de los equipos	-	Accesorios válvula de muestreo	
	-		-	Servicio de transporte de los equipos	-	Tablero eléctrico de control			
Capacidad de la Planta		1 GPM		1 GPM		1 GPM		1.5 GPM	
Costo Total sin IGV		\$ 11,469.23		\$ 14,474.00		\$ 7,481.00			
Criterios evaluación	Rango	%	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	
Proveedor	1 / 5	9	5	0.45	4	0.36	3	0.27	
Precio	1 / 5	18	4	0.73	3	0.55	5	0.91	
Necesidad	1 / 5	36	3	1.09	4	1.45	4	1.45	
Calidad	1 / 5	27	4	1.09	4	1.09	5	1.36	
Localización	1 / 5	9	3	0.27	4	0.36	5	0.45	
Total		100		3.64		3.81		4.45	

.3 Detalle de la evaluación de cada proveedor y su respectiva cotización

a. AQUAFIL SAC

- Proveedor

Puntaje: 5

Se le asignó un puntaje de 5 puntos porque el proveedor cuenta con 25 años en el rubro del tratamiento de agua, además posee un certificado de calidad internacional (Water Quality). Atiende a más de 200 empresas del mercado local, teniendo como clientes a Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción, Tecnología de Alimentos (TASA), Minera Barrick Misquichilca, MINSUR S.A., QUIMPAC S.A., Corporación WONG, entre otros.

Con respecto a los plazos acordados, no cumplió con los mismos. Sin embargo, a diferencia de los demás proveedores fue el que más atención e interés puso en el proyecto, así como también el que menos tiempo demoró en presentar las cotizaciones. En cuanto a la presentación de las mismas, no se colocó el precio de cada equipo. La razón de ello es que Aquafil realiza las cotizaciones considerando toda la planta de tratamiento como todo un paquete y no por equipo individual. Por otro lado, colocan los repuestos para el mantenimiento de toda la planta y posibles equipos adicionales para la misma. Por lo que en general, la presentación de la cotización está bien detallada y completa.

- Precio

Puntaje: 4

Se le asignó 4 puntos debido a que no es la cotización de mayor ni de menor costo.

- Necesidad

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos debido a que el proceso de la planta de tratamiento que presenta, es decir, los equipos que ofrece como parte de la misma, no es del todo acorde con los requerimientos del proyecto necesarios para obtener la calidad de agua que se desea, ya que a pesar que se le indicó cotizar la bomba dosificadora de cloro, no lo hizo; siendo este equipo muy necesario para la planta de tratamiento.

Con respecto a la capacidad de la planta, lo que se necesita es de 0.5 GPM, sin embargo lo que ofrece es de 1GPM. Esto es debido a que no posee equipos de menor capacidad.

- Calidad

Puntaje: 4

En la Tabla 7.22 se muestran las marcas de los equipos que el proveedor AQUAFIL cotiza.

Tabla 7.22. Calidad AQUAFIL SAC

Fuente: Elaboración propia

Aquafil SAC	Pre-filtro de sedimento de 10u	PENTEK USA	Marca muy conocida de USA, especialista en filtración de agua. Fue adquirida por PENTAIR CORPORATION en el año 2002. Tiene más de 35 años en el mercado del tratamiento de agua. Muchos de sus productos tienen certificación NSF/ANSI. (Environmental Expert, 2013)
	Filtro Carbón Activado	AQUAFIL	Reconocida marca peruana especialista en Sistemas de Tratamiento de agua, efluentes domésticos y efluentes industriales para diversos sectores. Cuenta con más de 20 años de servicio y experiencia. Utiliza tecnología de Estados Unidos, además de subcomponentes de marca PENTAIR y STRUCTURAL. Posee certificación Water Quality. (Aquafil , 2013)
	Pre-Filtro de sedimento de 5u	PENTEK USA	Marca muy conocida de USA, especialista en filtración de agua. Fue adquirida por PENTAIR CORPORATION en el año 2002. Tiene más de 35 años en el mercado del tratamiento de agua. Muchos de sus productos tienen certificación NSF/ANSI. (Environmental Expert, 2013)
	Acondicionador de Dureza	AQUAFIL	Reconocida marca peruana especialista en Sistemas de Tratamiento de agua, efluentes domésticos y efluentes industriales para diversos sectores. Cuenta con más de 20 años de servicio y experiencia. Utiliza tecnología de Estados Unidos, además de subcomponentes de marca PENTAIR y STRUCTURAL. Posee certificación Water Quality. (Aquafil , 2013)
	Equipo esterilizador UV	STERILIGHT	Marca desarrollada por la empresa canadiense VIQUA. Esta empresa es muy reconocida a nivel mundial, con más de 40 años de experiencia, presente en más de 100 países (con 500 000 instalaciones en todo el mundo). Es especialista en tecnología de lámpara UV. Posee la certificación ISO 9001 desde el año 2008 y NSF. (Viqua, 2013), (NSF International, 2013)
	Ósmosis Inversa	AQUAFIL	Reconocida marca peruana especialista en Sistemas de Tratamiento de agua, efluentes domésticos y efluentes industriales para diversos sectores. Cuenta con más de 20 años de servicio y experiencia. Utiliza tecnología de Estados Unidos, además de subcomponentes de marca PENTAIR y STRUCTURAL. Posee certificación Water Quality. (Aquafil , 2013)
	Equipo generador de Ozono	OZOTECH	Empresa fundada en 1986. Marca de la empresa OZOTECH, la cual es de Estados Unidos. Ésta es reconocida como una empresa líder en la fabricación de equipos de generación de ozono. Es miembro de la Asociación internacional del Ozono, Water Quality Association y de American Water Works Association. Está además acreditada por National Water Quality Association y muchos de sus artículos sobre tecnología de ozono aparecen en publicaciones muy importantes. (Ozotech, 2012), (East County Economic Development Council, 2013)

El puntaje que se le asignó fue 4 porque tal como se puede apreciar en la Tabla 7.22, la calidad de los productos es muy buena y muy confiable. Esto se puede apreciar por las diversas certificaciones que aseguran y garantizan aquello.

- Localización

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Incluso no tiene sucursal en la ciudad de Piura y al estar la planta de tratamiento ubicada en esta ciudad, queda distante de la ubicación del proveedor, ya sea para el mantenimiento preventivo como para el correctivo.

b. AQUATROL PERÚ SAC

- Proveedor

Puntaje: 4

El proveedor cuenta con 13 años en el rubro del tratamiento de agua en el Perú. Posee el certificado de Water Quality. Tiene como clientes a la Compañía Minera Milpo, Laive S.A., QUIMIPAC PERU S.A., U.C.P. Backus y Johnson S.A.A., PeruRail, entre otros.

Se le asignó 4 puntos y no más, principalmente porque demoró en entregar la cotización según el plazo de entrega acordado. Sin embargo, la presentó de manera detallada, describiendo el proceso recomendado, los equipos necesarios para éste y los precios de cada uno de ellos. Asimismo, en la cotización presentó los costos de los repuestos de los equipos y posibles equipos adicionales para la planta de tratamiento. Por otro lado, la persona que nos atendió presentó un buen manejo del tema al pedirle explicación sobre el proceso de tratamiento que proponen.

- Precio

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos, debido a que ofrece la cotización de mayor costo. Es la cotización que más productos adicionales ofrece, pero aun así no justifica su alto costo, pues es el doble de caro en comparación a otro proveedor.

- Necesidad

Puntaje: 4

Ofrecen una planta de tratamiento con equipos innecesarios o redundantes para el proyecto, según los requerimientos que se le habían solicitado para obtener la calidad del agua deseada, tal como uno de los equipos esterilizadores UV o los dos pulidores de 1 micra, los cuales los colocan en paralelo al equipo de la ósmosis. Sin embargo, esto lo justifican indicando que el agua después de la ósmosis siempre queda por debajo de los parámetros necesarios de minerales para el consumo humano. Es por ello que esta agua la

mezclan con el producto obtenido del agua que sale del ablandador pasando por el filtro pulidor y la lámpara UV, la cual es una cantidad mínima, pero posee los minerales necesarios; con lo que se consigue regular la cantidad de minerales necesarios en el agua para su consumo. Por lo que no es del todo innecesario.

Con respecto a la capacidad de la planta, lo que se necesita es de 0.5 GPM, sin embargo lo que ofrece es de 1GPM. Esto es debido a que no posee equipos de menor capacidad.

- Calidad

Puntaje: 4

En la Tabla 7.23 se muestran las marcas de los equipos que el proveedor AQUATROL cotiza.

Tabla 7.23. Calidad AQUATROLPERU SAC

Fuente: Elaboración propia

AquatrolPeru SAC	Clorificación	PULSAFEEDER	Empresa que está en el mercado desde 1936. Es reconocido como líder en el manejo de fluidos. Es oriunda de Estados Unidos. Posee la certificación ISO 14001, ISO 9001. (Pulsafeeder, 2013), (Pulsafeeder, 2013)
	Filtro Multimedia	AQUATROL	Empresa peruana que está en el mercado desde 1990. Posee el certificado de Water Quality. Utiliza componentes de marcas conocidas, principalmente de las marcas PENTAIR, IONA (especialistas en resinas) de Estados Unidos, FLOWMATIC (especialista en membranas) y PROCOM (para las electrobombas); todas de Estados Unidos. (Aquatrol, 2013)
	Filtro Carbón Activado		
	Ablandador		
	Ósmosis Inversa		
	Filtro Pulidor	FLOW MAX	Empresa de Estados Unidos, especialistas en filtros de agua. (Flow-Max Filters, 2010)
	Equipo esterilizador UV 2GPM	VIQUA	Marca muy reconocida a nivel mundial, con más de 40 años de experiencia, presente en más de 100 países (con 500 000 instalaciones en todo el mundo). Es especialista en tecnología de lámpara UV. Posee la certificación ISO 9001 desde el año 2008 y NSF. (Viqua, 2013), (NSF International, 2013)
	Equipo esterilizador UV 5GPM	STERILIGHT	Marca desarrollada por la empresa canadiense VIQUA. Esta empresa es reconocida a nivel mundial, con más de 40 años de experiencia, presente en más de 100 países (con 500 000 instalaciones en todo el mundo). Es especialista en tecnología de lámpara UV. Posee la certificación ISO 9001 desde el año 2008 y NSF. (Viqua, 2013), (NSF International, 2013)
Sistema de Ozonificación	OZOTECH	Empresa fundada en 1986. Marca de la empresa OZOTECH, la cual es de Estados Unidos. Ésta es reconocida como una empresa líder en la fabricación de equipos de generación de ozono. Es miembro de la Asociación internacional del Ozono, Water Quality Association y de American Water Works Association. Está además acreditada por National Water Quality Association y muchos de sus artículos sobre tecnología de ozono aparecen en publicaciones muy importantes. (Ozotech, 2012), (East County Economic Development Council, 2013)	

El puntaje que se le asignó fue 4 porque tal como se puede apreciar en la Tabla 7.23, muchas de las marcas de los productos brindados cuentan con certificaciones de calidad. Por lo tanto, garantizan la calidad deseada.

- Localización

Puntaje: 4

Se le asignó 4 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Sin embargo, como parte del servicio post-venta ofrecen el ir hasta la ciudad de Piura, principalmente para realizar el mantenimiento preventivo.

c. INGENIERÍA DEL AGUA S.A.C.

- Proveedor

Puntaje: 3

Se le asignó un puntaje de 3 puntos porque el proveedor cuenta con una amplia experiencia en el tratamiento de agua, pero aún no obtiene ninguna certificación internacional, a excepción de ser representante oficial en Perú de General Electric.

La empresa Ingeniería del Agua, no cumplió con el plazo de entrega acordado de la cotización. Sin embargo, la presentaron de manera detallada, indicando los precios de cada equipo, las especificaciones técnicas de cada uno de ellos, y los repuestos necesarios para el mantenimiento de los mismos. Por otro lado, las personas que nos atendieron reflejan ser especialistas en el tema por el buen dominio que tienen sobre el mismo.

- Precio

Puntaje: 5

Se le asignó 5 puntos por ser la cotización de menor costo.

- Necesidad

Puntaje: 4

Se le asignó un puntaje de 4 puntos, debido a que ofrece todos los equipos que se necesita para la planta de tratamiento deseada, ajustándose perfectamente a las especificaciones técnicas. Sin embargo, la capacidad excede a la requerida, ya que se ofrece una planta de 1.5 GPM, mientras que se necesita una de 0.5 GPM.

- Calidad

Puntaje: 5

En la

Tabla 7.24 se muestran las marcas de los equipos que el proveedor INGENIERÍA DEL AGUA cotiza.

Tabla 7.24. Calidad INGENIERÍA DEL AGUA SAC

Fuente: Elaboración propia

Ingeniería del Agua SAC	Bomba dosificadora de cloro	SEKO	Empresa de Estados Unidos que tiene más de 40 años en el mercado de bombas de medición y sistemas de dosificación. Posee una serie de certificaciones que garantizan la calidad de sus productos, como ISO 9001, DNV (Det Norske Veritas), CE, UL. (SEKO, 2013)
	Filtro Multimedia	GE - PENTAIR WATER	PENTAIR WATER es una empresa y marca estadounidense con cerca de 150 años en la industria del agua, presente en más de 80 países. A ella le pertenecen marcas también conocidas como PENTEK, SHURflo, EVERPURE y CodeLine. Es el mayor proveedor de componentes y subsistemas para el manejo, tratamiento y almacenamiento del agua. (Pentair Water, 2008), (Pentair, 2013) GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES es también una empresa líder en agua y tratamientos de la misma. Posee la certificación NSF, Water Quality, ISO 9001. (GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES , 2013), (NSF INTERNATIONAL, 2013) Estas dos empresas se unieron en el año 2008 y ofrecen al mercado mejores productos. (Pentair Water, 2008), (Pentair, 2013)
	Filtro Carbón Activado		
	Filtro Antisarro		
	Ósmosis Inversa (membranas)	GE - DESAL	GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES es también una empresa líder en agua y tratamientos de la misma. Posee la certificación NSF, Water Quality, ISO 9001. (GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES , 2013), (NSF INTERNATIONAL, 2013)
	Ozonificación	OZOTECH	Empresa fundada en 1986. Marca de la empresa OZOTECH, la cual es de Estados Unidos. Ésta es reconocida como una empresa líder en la fabricación de equipos de generación de ozono. Es miembro de la Asociación internacional del Ozono, Water Quality Association y de American Water Works Association. Está además acreditada por National Water Quality Association y muchos de sus artículos sobre tecnología de ozono aparecen en publicaciones muy importantes. (Ozotech, 2012), (East County Economic Development Council, 2013)
	Radiación UV	STERILIGHT	Marca desarrollada por la empresa canadiense VIQUA. Esta empresa es muy reconocida a nivel mundial, con más de 40 años de experiencia, presente en más de 100 países (con 500 000 instalaciones en todo el mundo). Es especialista en tecnología de lámpara UV. Posee la certificación ISO 9001 desde el año 2008 y NSF. (Viqua, 2013), (NSF International, 2013)

El puntaje que se le asignó fue 5 porque la mayoría de los equipos provienen de una marca muy reconocida a nivel mundial que es General Electric. Asimismo, tal como se puede apreciar en la

Tabla 7.24, la calidad de los productos es buena y muy confiable. Esto se puede garantizar por las diversas certificaciones que poseen cada una de las marcas de los productos que ofrece.

- Localización

Puntaje: 5

Se le asignaron 5 puntos porque la empresa está ubicada en la ciudad de Piura y al estar la planta de tratamiento ubicada en esta ciudad, presenta una mayor ventaja por la rapidez con que podría brindar el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo.

7.7. Mantenimiento de la planta de tratamiento

El mantenimiento para la planta de tratamiento se realizará en base a las especificaciones del proveedor seleccionado en el análisis anterior como ganador, el cual es INGENIERÍA DEL AGUA S.A.C.

El proveedor ganador, ofrece el servicio técnico de instalación y puesta en marcha de la planta tratamiento, y como parte de su servicio postventa ofrece la capacitación y asesoría al operador para los posteriores mantenimientos.

La planta de tratamiento es un sistema cuya eficiencia depende de cada una de las partes, por eso es importante que se respeten las frecuencias de mantenimiento de los filtros y repuestos y sean reemplazados en el momento preciso para no afectar a los procesos continuos y la calidad del agua tratada. Cada equipo de la planta se adquiere con un manual que explica la periodicidad de los mantenimientos y el modo de realizarlos, el operador deberá conocer las indicaciones expuestas en ellos, revisar continuamente los indicadores o parámetros de funcionamiento, y en caso se observe alguna irregularidad prestar las acciones correctivas necesarias.

De acuerdo a la información brindada por la empresa Ingeniería del Agua SAC, en la Tabla 7.25 se indica la frecuencia de mantenimiento.

Tabla 7.25. Mantenimiento de cada equipo

Fuente: Ingeniería del Agua S.A.C

Partida	Periodicidad del cambio	Referencia
Multimedia	Cada 3 años	Ingeniería del Agua
Carbón activado	Cada 3 años	Ingeniería del Agua
Membranas	Cada 2 años	Ingeniería del Agua
Filtro sedimentos	Cada mes	Ingeniería del Agua
Cloro al 7.5%	Mensual	SODIMAC
UV	Cada año	Ingeniería del Agua
Ozonizador	Cada 6 meses	Ingeniería del Agua

7.8. Información financiera

7.8.1. Inversión

Para el cálculo de la inversión que requiere la planta de tratamiento para embotellar los bidones y distribuirlos en el campus se han considerado las partidas de la Tabla 7.26 obteniéndose como resultado que el monto total que requeriría invertir la universidad para esta propuesta es de 76, 120.96 nuevos soles aproximadamente.

Tabla 7.26. Inversión de la propuesta de bidones

Fuente: Elaboración propia

Partida	Monto	Referencia
Obras civiles	16450.00	Cotización IPC S.A. (\$ 350 / m ²)
Planta de tratamiento de agua	9127.58	Ingeniería del Agua
Instalación de la planta	708.00	Ingeniería del Agua (cotización N° 211 IA-SAC)
Red de tuberías e instalación (20 m)	126.82	Cotización PAVCO/Cotización IPC S.A.
Sistema hidroneumático de 1HP PEDROLLO	607.69	Hidráulica la molina (cotización N° 030-2012)
Tanque de agua 600 Lt - ROTOPLAS	126.54	SODIMAC
Tanque de agua 1100 Lt - ROTOPLAS	168.85	SODIMAC
Electrobomba centrífuga PEDROLLO de 0.5Hp	152.27	SODIMAC
Caja termomagnética	384.62	Ingeniería del Agua
Sellador manual	30.77	Entrevista a Francisco Meléndez
Total (\$)	27,883.14	
Total (S/.)	72,496.15	
Otros (5%)	3,624.81	T. cambio = 2.6
Total inversión (S/.)	76,120.96	

En la Tabla 7.26 se muestra la inversión, en la cual se ha considerado la instalación de una red de tuberías de 20 metros que une la cisterna de bombas auxiliares de la universidad al tanque de recepción de la planta de tratamiento. En este monto se considera los materiales necesarios para la red de tuberías (tubo PVC de 0.75'', 2 codos de 0.75'' y un pegamento PVC) cotizados por PAVCO. Asimismo, incluye el costo por excavación, relleno y compactación de zanjas, y el costo por tendido de tubería. Esto último fue cotizado por la empresa Ingeniería, Proyectos y Construcción S.A. (IPC).

Por otro lado, también se considera una electrobomba centrífuga de 0.5 Hp. Ésta es necesaria para impulsar el agua desde la cisterna de bombas auxiliares de la universidad al tanque de recepción de la planta de tratamiento. De igual manera, se incluye un sistema hidroneumático de 1 HP para el correcto funcionamiento de la planta, ya que los equipos necesitan que el agua ingrese a ellos con una determinada presión. Por esta razón, esta bomba se coloca después del tanque de recepción.

Por último, está incluido un sellador manual, el cual sirve para colocar el sello o cinta de seguridad a los bidones. La caja termomagnética indicada, hace referencia al tablero donde irán todas las conexiones eléctricas necesarias para el funcionamiento de la planta.

7.8.2. Gastos de operación

Tal como se mencionó en el Capítulo 7.2.2, la producción diaria no será la misma dentro de cada mes; esto debido a que a los alumnos de postgrado se les abastecerá con bidones de agua sólo 1 vez al mes por su bajo consumo. De esta manera, en una semana se producirá la cantidad necesaria para cubrir esta demanda mensual y además los bidones necesarios para los consumidores regulares (personal de la Universidad de Piura).

Por lo tanto, en una semana (de lunes a viernes) de cada mes se producirán 38 bidones diarios y el resto de semanas 34 bidones diarios. Considerando 48 semanas al año se obtiene una producción anual de 8,400 bidones. En base a este valor, se calculan los gastos operativos y de producción, los cuales se muestran en la Tabla 7.27.

Tabla 7.27. Gastos operativos y de producción de la propuesta de bidones

Fuente: Elaboración propia

Partida	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Energía eléctrica	Mes	12	S/. 92.25	S/. 1,107.03
Mano de obra (técnico)	Mes	12	S/. 1,635.00	S/. 19,620.00
Mano de obra (obrero)	Mes	12	S/. 1,294.38	S/. 15,532.50
Cápsulas para botellón	Unidad	8400	S/. 0.26	S/. 2,142.00
Bidones (50 usos)	Unidad	168	S/. 14.60	S/. 2,452.80
Mantenimiento	Total	1	S/. 1,830.29	S/. 1,830.29
Total				S/. 42,684.62
Otros gastos (10%)				S/. 4,268.46
Total gastos operativos				S/. 46,953.08

En la Tabla 7.27 se han determinado las principales partidas de gasto que se van a tener en la planta como son la energía, el mantenimiento, la mano de obra y los materiales de envasado. En total las partidas suman 46,953.08 nuevos soles, considerando un 10% para cubrir imprevisto.

.1 Gasto operativo - energía eléctrica

Para el cálculo del costo por consumo de energía, se consideró el plan tarifario de la Subestación 10 de la Universidad de Piura, debido a que la planta de tratamiento se encontrará dentro del área que le corresponde a dicha subestación.

Desde las 6am se llenará el tanque de almacenamiento de recepción de 1,100 litros aproximadamente en dos horas. Para ello se hará uso de la bomba centrífuga de 0.5 HP. Posteriormente, la planta de tratamiento iniciará su operación a las 8am. Dado que la capacidad de la planta de tratamiento es de 1.5 GPM (5.67 L/min), para cubrir la producción diaria de 34 bidones por día, se necesitarán 2 horas. Considerando los 20 bidones al mes que se requiere para cubrir la demanda de los alumnos de post-grado (Ver Capítulo 7.2.2), se trabajará adicionalmente durante una semana al mes 15 minutos más.

Para determinar el consumo de energía del sistema de tratamiento, se consultaron las potencias de los equipos. El proveedor de la planta de tratamiento, Ingeniería del Agua, indicó que la corriente necesaria para la planta es de 13 A y el voltaje de 220 V. Considerando un factor de potencia promedio de 0.8, se pudo determinar la potencia de la misma. Por otro lado, el resto de proveedores, para la bomba y la luminaria, indicaron directamente la potencia necesaria para los equipos.

En la Tabla 7.28 se muestra los valores de potencia de cada uno de los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

Tabla 7.28. Potencia activa de los equipos

Fuente: Ingeniería del Agua S.A.C

Equipos	Voltaje (V)	Potencia de 1 equipo (KW)	Cantidad	Potencia Activa (KW)
Planta de tratamiento	220	2.29	1	2.29
Luminaria	220	0.036	8	0.29
Bomba PEDROLLO 0.5HP	220	0.37	1	0.37
Total potencia (KW)				2.949

Tal como se mencionó anteriormente, la planta de tratamiento trabajará aproximadamente 2 horas al día, al igual que la bomba centrífuga. Asimismo, se asume que las luminarias estarán encendidas 4 horas al día. Con estos datos y considerando 22 días laborables por mes, se obtuvo la energía mensual consumida por todo el sistema de tratamiento. Los resultados se muestran en la Tabla 7.29.

Tabla 7.29. Consumo de energía mensual de los equipos

Fuente: Elaboración propia

Equipos	Horas diarias	Consumo Energía Mensual (KWH)
Planta de tratamiento	2 (*)	103.53
Luminaria	4	25.34
Bomba PEDROLLO 0.5 HP	2	16.41

(*) 5 días de los 22 días en el mes, se consideran 2.25 horas

Tomando como referencia un recibo por consumo de energía de la Subestación 10 (ver ANEXO T) se obtuvieron los factores de cálculo para el costo total por consumo de energía del sistema de tratamiento. En la Tabla 7.30 se muestra el costo total del consumo de energía de la planta.

Tabla 7.30. Costo por consumo de energía

Fuente: Elaboración propia en base a ANEXO T

Partida	Costo (S/.)
Energía activa FPKW	17.46
Uso Redes de distribución FPKW	25.33
Potencia activa de generación FPKW	35.39
Total (sin IGV)	78.18
Total mensual (con IGV)	92.26
Total anual (con IGV)	1107.08

.2 Gasto operativo – mano de obra

Para el cálculo de la mano de obra, se ha considerado un trabajador técnico y un obrero. El personal obrero se encargará de la distribución de los bidones en las diferentes oficinas del campus y colaborará al personal técnico en el manejo del almacén, el llenado y envasado de bidones. El personal técnico, además, se encargará del mantenimiento de los equipos de la planta de tratamiento así como de la medición y control de los principales parámetros que miden la calidad del agua.

Para el análisis financiero del proyecto, se considera el costo de la mano de obra requerida por la planta, es decir, de los dos trabajadores. Sin embargo, se debe resaltar que en realidad para la universidad no significaría un gasto el sueldo del personal obrero de la planta de tratamiento, debido a que éste sería el operario que actualmente desempeña el puesto de distribuidor del almacén y por lo tanto ya tiene un sueldo fijo.

El sueldo bruto que el personal obrero recibe es de S/. 950.00 y el del personal técnico sería de S/ 1,200.00 (Martínez, 2013). Por lo tanto, para obtener el gasto anual debido a la mano de obra, se consideran, para ambas remuneraciones, los 15 sueldos al año (12 sueldos, 2 gratificaciones y CTS) y el 9% por Contribución del empleador a ESSALUD.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, el gasto total anual por mano de obra sería de S/. 35,152.50 nuevo soles.

.3 *Mantenimiento*

El desembolso del dinero para cubrir los costos de mantenimiento dependerá de la frecuencia con que se realice. Sin embargo, para efectos de este análisis se ha considerado un costo anual, cuyo cálculo se ha realizado en función de la frecuencia y los costos de mantenimiento de cada equipo; obteniéndose así un costo promedio de 1,830.29 nuevos soles para el mantenimiento anual de la planta de tratamiento. En la Tabla 7.31 se puede observar el detalle de dicho costo.

Tabla 7.31. Gastos de mantenimiento de la propuesta de bidones

Fuente: Ingeniería del Agua S.A.C.

Partida	Periodicidad del cambio	Monto unitario (\$)	Monto Anual
Multimedia	Cada 3 años	80.00	26.67
Carbón activado	Cada 3 años	120.00	40.00
Membranas	Cada 2 años	400.00	200.00
Filtro sedimentos	Cada mes	16.00	192.00
Cloro al 7.5%	Mensual	1.86	22.29
UV	Cada año	107.62	107.62
Ozonizador	Cada 6 meses	57.69	115.38
Total (\$.)			703.96
Total (S/.)			S/. 1,830.29

7.8.3. *Flujo de caja del proyecto*

Si se realiza un buen mantenimiento preventivo y correctivo a todos los equipos de la planta de tratamiento, como cambios de repuestos y limpieza química en su debido momento, la vida útil se podría considerar perpetua. Incluso, tal como mencionaron muchos de los proveedores, los equipos no tendrían por qué ser renovados, salvo se quiera mejorar con una nueva tecnología o por una nueva capacidad. Sin embargo, por juicios de expertos en plantas de tratamiento, es recomendable hacer la evaluación financiera por un periodo de 10 años. (Valdiviezo G. , 2013)

En la Tabla 7.32 se puede observar el flujo de caja de la operación de la planta de tratamiento para un periodo de 10 años.

Tabla 7.32. Flujo de caja de la propuesta de bidones

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja (10 años)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (S/.)	76,121										
Gastos Operativos (S/.)		46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953
Gastos	76,121	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953
VAN	S/. 364,627										
Tasa de descuento	10%										

Tal como se puede apreciar en la Tabla 7.32, se obtiene un VAN de S/.364,627.00. La tasa de descuento que se ha utilizado es del 10%, la cual consideramos que es el rendimiento esperado en operaciones de riesgo bajo de la universidad.

Para estimar el ahorro que se obtendría con esta propuesta y el tiempo de recuperación de la inversión, se analiza el flujo de caja del gasto por el que la universidad incurre actualmente por el servicio de distribución de agua para consumo humano. Para ello se necesita calcular el gasto por la compra de bidones y por la mano de obra.

Actualmente, el gasto anual por la compra de los bidones es de aproximadamente S/. 21,954.00. Con respecto a la mano de obra, se considera que ésta ocupa la mitad de tiempo de trabajo del personal encargado de la distribución de almacén. El gasto anual de mano de obra abarca lo anterior más los 15 sueldos al año que debe recibir todo trabajador y el 9% por Contribución del empleador a ESSALUD. Resultando así un total de S/.7,766.25.

Por lo tanto, el gasto anual por el servicio actual es de S/. 29,720.25. En la Tabla 7.33 se puede observar el flujo de caja considerando dicho gasto.

Tabla 7.33. Flujo de caja del servicio actual

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja (10 años)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (S/.)	0										
Gastos Operativos (S/.)		29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720
Gastos	0	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720
VAN	S/. 182,618										
Tasa de descuento	10%										

Asimismo, se analizará el flujo de caja del servicio de distribución de bidones si se atendiera a todo el personal de la universidad. Actualmente se atiende tan sólo al 35% de éste. Por lo que extrapolando los datos para el costo de los bidones se obtiene el gasto anual por compra de los mismos que sería de S/. 63,565.21. El gasto anual por mano de obra considera el total del sueldo de un operario, ya que al ser mayor cantidad de bidones, se asume que la distribución de los mismos abarcará toda su jornada de trabajo. En la Tabla 7.34 se puede observar el flujo de caja considerando el total de dicho gasto que es igual a S/. 79,097.71.

Tabla 7.34. Flujo de caja del servicio mejorado

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja (10 años)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (S/.)	0										
Gastos Operativos (S/.)		79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097
Gastos	0	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097
VAN	S/. 486,017										
Tasa de descuento	10%										

Para calcular el ahorro se considera el VAN de la propuesta de bidones comparado con el VAN del servicio actual y con el VAN del servicio de mejorado, es decir, el de distribución de bidones si se atendiera a toda la demanda del personal de la universidad. Dicha comparación se puede observar en la Tabla 7.35.

Tabla 7.35. Comparación de VAN

Fuente: Elaboración propia

	Servicio mejorado	Servicio actual
VAN	S/. 486,017	S/. 182,618
VAN de la propuesta	S/. 364,627	S/. 364,627
Ahorro	S/. 121,389	S/. -182,009

Tal como se puede observar en la Tabla 7.35, al comparar la propuesta con el servicio actual no se genera un ahorro, esto se explica por la cantidad de la demanda que atienden cada una de ellas. Actualmente existe una molestia por parte del personal de la universidad debido al desabastecimiento del agua de mesa. Esto se ha podido comprobar por medio de encuestas y por el análisis que se ha realizado en el proyecto, concluyendo que sólo se abastece al 35% de lo que se debería atender; es por ello que estos dos sistemas no son comparativos. Sin embargo, la propuesta de bidones con el servicio mejorado sí, ya que ambos abarcan el 100% de la demanda de personal de la universidad. Es justamente en dicha comparación donde se muestra que se generaría un ahorro significativo de 121,389.00 nuevos soles.

Por otro lado, el tiempo de recuperación de la inversión se ha calculado en base a la inversión de la propuesta y al ahorro anual en gastos operativos, considerando los gastos del servicio actual mejorado. En la Tabla 7.36 se aprecia el flujo para hallar dicho tiempo de recuperación.

Tabla 7.36. Tiempo de recuperación de la inversión de la propuesta de bidones

Fuente: Elaboración propia

Flujo de ahorro											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gastos operativos servicio actual mejorado (S/.)	0	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097
Inversión de propuesta (S/.)	76,121										
Gastos operativos de propuesta (S/.)		46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953	46,953
Ahorro (S/.)	-76,121	32,144	32,144	32,144	32,144	32,144	32,144	32,144	32,144	32,144	32,144
Recuperación(S/.)	-76,121	-43,977	-11,833	20,311	52,455	84,599	116,743	148,886	181,030	213,174	245,318
TIR		41%									

Tal como se puede apreciar en la Tabla 7.36 la inversión se recupera al tercer año con una tasa interna de recuperación (TIR) del 41%, la cual representa una alta rentabilidad.

Capítulo 8.

Sistema de tratamiento de agua y sistema de distribución por medio de bebederos

8.1. Estudio de viabilidad

8.1.1. Viabilidad técnica

Al igual que la viabilidad técnica para el sistema de tratamiento de agua para bidones de agua de mesa, este tratamiento debe también garantizar agua de calidad que cumpla como mínimo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en las normas del Decreto Supremo N° 031-2010-SA de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y presentar características similares a las del agua de mesa San Luis y Spring. Como se trata de la misma agua fuente, los mecanismos necesarios para tratarla y obtener el agua deseada, son los mismos. Para mayor detalle, ver Capítulo 7.1.1. Por lo tanto, tal como se determinó en dicho capítulo, los mecanismos necesarios son los siguientes:

- Mecanismo que permita disminuir las sales del agua fuente.
- Mecanismo que elimine coliformes totales, los coliformes termotolerantes y las bacterias heterotróficas.
- Mecanismo que disminuya la dureza total, y por tanto el magnesio y calcio presentes en el agua.
- Mecanismo que disminuya la turbidez.
- Mecanismo que disminuya los sulfatos y el sodio.
- Mecanismo que permita obtener agua de buen sabor y olor.

Por otro lado, se debe determinar si:

- La potencia de la bomba sumergible del pozo es suficiente para el sistema de tratamiento de agua por medio de los bebederos.

Los mecanismos que diversos proveedores ofrecen como parte de los bebederos son:

- Filtros sedimentables
- Carbón activado
- Radiación UV

El problema que se ha encontrado ante ello es que no se ofrece como parte del sistema de purificación interno de los bebederos, ningún mecanismo para disminuir las sales del agua. Es por ello que para conseguir el objetivo se evaluará la viabilidad técnica sobre dos posibles alternativas:

- i. Cada bebedero poseerá en su interior los mecanismos necesarios para brindar agua de calidad, incluyendo aquel necesario para disminuir las sales. Para esta alternativa, se usará la tubería ya existente en la universidad la cual distribuye el agua para los baños; dicha tubería se desviarán hacia cada uno de los bebederos.
- ii. Construir una pequeña planta de tratamiento al inicio de todo el proceso, en la cual se tratará el agua extraída del pozo. Una vez tratada, deberá ser distribuida a cada uno de los bebederos de la universidad. Para ello se debe construir una tubería paralela a la actual para garantizar que el agua no se vuelva a contaminar en su distribución.

.1 Mecanismo para purificar el agua

a. Mecanismo para disminuir sales del agua fuente

El único mecanismo que permite disminuir las sales en el agua es la ósmosis inversa. Dicho mecanismo se puede colocar continuo al bebedero (Pisfil, 2012), (Lishner, 2012) lo que hace viable la *alternativa i*. Por otro lado, también es viable colocar dicho mecanismo en la pequeña planta de tratamiento al inicio de toda la distribución del agua extraída del pozo, lo que hace viable la *alternativa ii* (Valdiviezo G. , 2012), (Lishner, 2012), (Pisfil, 2012).

b. Mecanismo que elimine coliformes totales

Para conseguir este propósito existen una serie de mecanismos que se podrían colocar en cada uno de los bebederos, los más conocidos son: ozonificación y radiación UV. (Valdiviezo G. , 2012), (Pisfil, 2012), (Lishner, 2012).

Los dos mecanismos son técnicamente posibles de colocar dentro de cada bebedero, haciendo viable la *alternativa i*. El mecanismo más usado de los dos es la radiación UV, el cual elimina las bacterias al 99%. (Valdiviezo G. , 2012).

De igual manera estos mecanismos se pueden instalar en plantas de tratamiento de agua, haciendo técnicamente viable la *alternativa ii*. (Valdiviezo G. , 2012), (Lishner, 2012).

Es importante resaltar que para la planta de tratamiento con distribución mediante bebederos no es necesario colocar continuos el sistema de radiación UV y el sistema de ozonificación, ya que en este caso, el almacenamiento del agua será por menor tiempo, por lo que disminuye la

probabilidad de que los microorganismos se vuelvan activar y se proliferen. Es por ello que basta con colocar el sistema de radiación UV, distinto al caso de los bidones. (Valdiviezo G. , 2012)

c. Mecanismo que elimine la dureza total

Existen unos filtros ablandadores del agua, los cuales pueden colocarse dentro de cada bebedero. Asimismo, se pueden instalar en plantas de tratamiento de agua; haciéndose así viables la *alternativa i* y la *alternativa ii*. (Lishner, 2012).

d. Mecanismo que disminuya la turbidez

Los filtros sedimentables sirven para disminuir la turbidez del agua. Es técnicamente viable colocar dichos filtros dentro de cada bebedero, incluso lo ofrecen como parte del sistema purificador interno de los mismos. Asimismo, se pueden instalar en plantas de tratamiento de agua. Por lo tanto son viables las dos alternativas antes mencionadas, *alternativa i* y *alternativa ii*. (Lishner, 2012), (Valdiviezo G. , 2012), (Pisfil, 2012)

e. Mecanismo que permita disminuir los sulfatos y el sodio

La ósmosis inversa también sirve para disminuir la cantidad de sodio y sulfato en el agua. Tal como se mencionó anteriormente, es viable este mecanismo para ambas alternativas evaluadas, la *alternativa i* y la *alternativa ii*.

f. Mecanismo que permita obtener agua de buen sabor y olor

El mecanismo necesario para obtener agua de buen sabor y olor es el carbón activado. Este mecanismo actualmente es ofrecido como parte de los bebederos, por lo que hace técnicamente viable la *alternativa i*. Asimismo, se pueden instalar en plantas de tratamiento de agua, por lo que la *alternativa ii* es también viable. (Lishner, 2012), (Valdiviezo G. , 2012), (Pisfil, 2012).

Por lo tanto, en el mercado existen los mecanismos necesarios para tratar el agua fuente del pozo de la universidad y poder conseguir el objetivo planteado, esto tanto para el caso de la *alternativa i* como para el caso de la *alternativa ii*. Por lo que, es técnicamente viable para las dos alternativas evaluadas.

.2 **Potencia de la bomba sumergible**

En base a data histórica y a mediciones recientemente realizadas, la diferencia que existe entre el caudal de entrada (agua extraída del pozo) y el caudal de salida (agua que la universidad consume) varía aproximadamente entre $0.16 \text{ m}^3/\text{min}$ a $0.19 \text{ m}^3/\text{min}$ (230 400 L/día a 272 640 L/día). Considerando que cada persona debe beber como mínimo 2 litros de agua al día (Huerta, 2009), (Lifshitz, 2010), significa que 115 200 personas aproximadamente podrían consumir agua. Se conoce que la población universitaria es de 3830 alumnos y de 606 personas de personal administrativo, docente y obrero; es decir, un total de 4436 personas. Por lo que claramente se puede deducir que la potencia de la actual bomba sumergible, es suficiente para abastecer la demanda extra de agua que se necesitará durante la instalación de los bebederos en los edificios y/o campus universitario. Para mayor detalle ver ANEXO O.

8.1.2. Viabilidad Ambiental

La viabilidad ambiental se realizará en base a dos alternativas:

- i. Los bebederos serán alimentados por la red actual de tuberías y en la ubicación de cada bebedero se llevarán a cabo los procesos necesarios para que el agua sea potabilizada adecuadamente.
- ii. La red actual de tuberías alimentará a una planta de tratamiento general, la cual se encargará de realizar todo el proceso de tratamiento del agua de pozo. Esta planta alimentará directamente cada bebedero gracias a una nueva red de tuberías.

Para ambas alternativas se deberá analizar la distribución de los bebederos en el campus realizando la revisión general de las condiciones ambientales de la zona, al igual que la fauna y flora existente, para evitar posibles daños contra ella. Para ello, en el campus de la Universidad de Piura se deberán seleccionar espacios estratégicos que eviten la eliminación de jardines o incomodidad a los animales.

Por otro lado, uno de los impactos positivos de la instalación de bebederos en la universidad es la reducción del tránsito de los vehículos de los actuales proveedores de bidones dentro del campus universitario. Este tránsito perjudica el medio ambiente debido al deterioro de vías y veredas ocasionado por el paso frecuente de dichos vehículos, así como sus emisiones contaminantes de CO₂.

Otro impacto positivo es que ni la planta de tratamiento ni los bebederos requieren de sustancias nocivas para el tratamiento del agua ni generan gases tóxicos, con lo cual no presentan problemas de contaminación ambiental en ese sentido.

En cuanto a los posibles impactos negativos, también considerando las dos alternativas, están los residuos generados por el sistema de tratamiento de agua que son, en su mayoría, los repuestos o piezas cambiadas durante el mantenimiento. Entre ellos están los filtros de la planta de tratamiento y de los bebederos, los cuales serán eliminados y enviados al relleno sanitario municipal correspondiente.

El nivel de ruido es otro factor importante que se debe tener en consideración. Sin embargo, sólo durante la etapa de la posible implementación de la nueva red de tuberías para los bebederos y de la planta de tratamiento del agua se producirá cierto nivel de ruido generando molestias al entorno.

Para cada alternativa se realizará la Matriz de Leopold correspondiente, siguiendo la metodología explicada en el Capítulo 7.1.2. La Tabla 8.1 muestra los valores de magnitud e importancia para las actividades de implementación y funcionamiento de los bebederos correspondientes a la *alternativa i*, según sean sus causas. En la Tabla 8.2 se muestra su impacto al ambiente.

Tabla 8.1. Acciones y causas de afectación para el Medio Ambiente – Alternativa i

Fuente: Elaboración propia.

Causas	Acciones	Proceso de captación del agua	Implementación de bebederos	Funcionamiento de bebederos
Deterioro del suelo		-1 / 3	-2 / 1	-1 / 3
Uso del agua subterránea		-3 / 3	-	-4 / 3
Deterioro del aire		-	-1 / 1	-
Deterioro de la flora		-	-1 / 1	-1 / 3
Deterioro de la fauna		-	-	-
Generación de residuos		-1 / 3	-2 / 1	-1 / 3
Ruido		-	-2 / 1	-
Empleo		-	+3 / 10	+4 / 3
Salud y seguridad		-	-	+10 / 3

Tabla 8.2. Evaluación del impacto ambiental – Alternativa i

Fuente: Elaboración propia

Causas	Acciones	Proceso de captación del agua	Implementación de bebederos	Funcionamiento de bebederos	(+)	(-)	Impacto
Deterioro del suelo		-3	-2	-3	0	3	-8
Uso del agua subterránea		-9	-	-12	0	2	-21
Deterioro del aire		-	-1	-	0	1	-1
Deterioro de la flora		-	-1	-3	0	2	-4
Deterioro de la fauna		-	-	-	0	0	0
Generación de residuos		-3	-2	-3	0	3	-8
Ruido		-	-2	-	0	1	-2
Empleo		-	+30	+12	2	0	+42
Salud y seguridad		-	-	+30	1	0	+30
(+)		0	1	2			
(-)		3	5	4			
Impacto		-15	+22	+21			+28

.1 Declaración de impactos negativos y medidas de mitigación o prevención-Alternativa i

Los resultados de la matriz, mostrada en la Tabla 8.2, son claros, la *alternativa i* es viable, pues el impacto final generado es positivo. Sin embargo, en la Tabla 8.3 se presentan medidas de mitigación o prevención para los impactos negativos.

Tabla 8.3. Impactos negativos y medidas de mitigación o prevención - Alternativa i

Fuente: Elaboración propia

Impacto ambiental	Medidas de mitigación o prevención
1. Deterioro del suelo	
Movimientos de tierra	La capa orgánica del suelo en donde se realicen movimientos de tierra se utilizará en los jardines de la universidad.
2. Deterioro del agua	
Agua residual industrial	Se utilizarán químicos aprobados para los procedimientos de mantenimiento y los efluentes serán vertidos en el sistema municipal de alcantarillado. Asimismo, se fomentará el uso de las lagunas facultativas del campus.
Tasa de explotación del pozo	Se crearán mecanismos de control para la bomba de extracción del acuífero universitario para evitar su sobre-explotación.
3. Deterioro del aire	
Polvo en etapas de construcción	Los albañiles y ayudantes de la construcción utilizarán mascarillas y equipos de protección para evitar enfermedades respiratorias. Asimismo, se determinará un perímetro de influencia que será cercado durante las labores.
4. Deterioro de la flora	
Pérdida de posibles áreas verdes	Para evitar manipular futuras áreas verdes al situar los diversos bebederos, se escogerán terrenos que no tienen planes a mediano plazo para dicho propósito. Para ello se considerará el Plan Director de la Universidad de Piura.
5. Generación de residuos	
Ripio por la implementación de los bebederos	El ripio por la implementación de los bebederos se enviará al botadero municipal correspondiente.
Otros desechos sólidos	Los desechos sólidos que su reciclado no es viable se enviarán a depositar a botadero municipal correspondiente.
6. Ruido	
Ruido por la implementación de los bebederos	Se escogerán momentos idóneos para que el ruido de la implementación no afecte a las labores académicas o administrativas de la UDEP.
Ruido por operación de equipos	Protectores auditivos serán utilizados por los trabajadores de las áreas de mayor ruido. Ruido > 80 decibeles.

La Tabla 8.4 muestra los valores de magnitud e importancia para las actividades de construcción de la red de tuberías, implementación de la planta de tratamiento, y la implementación y funcionamiento de los bebederos correspondientes a la *alternativa ii* y en la Tabla 8.5 se muestra su impacto al ambiente.

Tabla 8.4. Acciones y causas de afectación para el Medio Ambiente - Alternativa ii

Fuente: Elaboración propia

Causas	Acciones de la planta de tratamiento	Construcción de la planta de tratamiento	Proceso de Captación del Agua	Implementación del sistema de bebederos	Funcionamiento de bebederos
Deterioro del suelo	-4 / 3	-1 / 3	-5 / 3	-1 / 3	-4 / 3
Uso del agua subterránea	-	-3 / 3	-	-	-
Deterioro del aire	-1 / 1	-	-1 / 1	-	-
Deterioro de la flora	-1 / 3	-	-1 / 1	-1 / 3	-
Deterioro de la fauna	-1 / 1	-	-	-	-
Generación de residuos	-2 / 1	-1 / 3	-2 / 1	-1 / 3	-
Ruido	-4 / 1	-	-3 / 1	-	-
Empleo	+5 / 5	-	+5 / 5	+4 / 3	+10 / 3
Salud y seguridad	-	-	-	-	-

Tabla 8.5. Evaluación del impacto ambiental - Alternativa ii

Fuente: Elaboración propia

Causas	Acciones de la planta de tratamiento	Construcción de la planta de tratamiento	Proceso de captación del agua	Implementación del sistema de bebederos	Funcionamiento de bebederos	(+)	(-)	Impacto
Deterioro del suelo	-12	-3	-15	-3	0	4	-33	
Uso del agua subterránea	-	-9	-	-12	0	2	-21	
Deterioro del aire	-1	-	-1	-	0	2	-2	
Deterioro de la flora	-3	-	-1	-3	0	3	-7	
Deterioro de la fauna	-1	-	-	-	0	1	-1	
Generación de residuos	-2	-3	-2	-3	0	4	-10	
Ruido	-4	-	-3	-	0	2	-7	
Empleo	+25	-	+25	+12	3	0	+62	
Salud y seguridad	-	-	-	+30	1	0	+30	
(+)	1	0	1	2				
(-)	6	3	5	4				
Impacto	+2	-15	+3	+21				+11

.2 Declaración de impactos negativos y medidas de mitigación o prevención-Alternativa ii

Los resultados de la matriz, mostrada en la Tabla 8.5, son claros, la alternativa ii es viable, pues el impacto final generado es positivo. Sin embargo, en la Tabla 8.6 se presentan medidas de mitigación o prevención para los impactos negativos.

Tabla 8.6. Impactos negativos y medidas de mitigación o prevención - Alternativa ii

Fuente: Elaboración propia

Impacto ambiental	Medidas de mitigación o prevención
1. Deterioro del suelo	
Movimientos de tierra	La capa orgánica del suelo en donde se realicen movimientos de tierra se utilizará en los jardines de la universidad.
2. Deterioro del agua	
Agua residual industrial	Se utilizarán químicos aprobados para los procedimientos de mantenimiento y los efluentes serán vertidos en el sistema municipal de alcantarillado. Asimismo, se fomentará el uso de las lagunas facultativas del campus.
Tasa de explotación del pozo	Se crearán mecanismos de control para la bomba de extracción del acuífero universitario para evitar su sobre-explotación.
3. Deterioro del aire	
Polvo en etapas de construcción	Los albañiles y ayudantes de la construcción utilizarán mascarillas y equipos de protección para evitar enfermedades respiratorias. Asimismo, se determinará un perímetro de influencia que será cercado durante las labores.
4. Deterioro de la flora	
Pérdida de posibles áreas verdes	Para evitar manipular futuras áreas verdes al situar los diversos bebederos, se escogerán terrenos que no tienen planes a mediano plazo para dicho propósito. Para ello se considerará el Plan Director de la Universidad de Piura.
5. Generación de residuos	
Ripio por la implementación de los bebederos, la planta de tratamiento y la red de tuberías	El ripio por la implementación de los bebederos, la planta de tratamiento y la construcción de la red de tuberías se enviará al botadero municipal correspondiente.
Otros desechos sólidos	Los desechos sólidos que su reciclado no es viable se enviarán a depositar a botadero municipal correspondiente.
6. Ruido	
Ruido por la construcción de la red de tuberías y la planta de tratamiento	Se escogerán momentos idóneos para que el ruido de la implementación no afecte a las labores académicas o administrativas de la UDEP.
Ruido por operación de equipos	Protectores auditivos serán utilizados por los trabajadores de las áreas de mayor ruido. Ruido > 80 decibeles.

8.1.3. Viabilidad Legal

Dado que la alternativa de bebederos utilizará la misma agua de origen que la alternativa de bidones, en lo que respecta a la normativa relacionada al agua del pozo y al tratamiento necesario para su consumo, es imprescindible acatar lo establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (2011) y por la Autoridad Nacional del Agua (2012), cuyos requerimientos se muestran en el Capítulo 7.1.3.

En esta alternativa se contempla la instalación de bebederos en la Universidad de Piura y la posible construcción de una red de tuberías para la distribución del agua potable, por lo que en lo que respecta a la infraestructura de las instalaciones y su ubicación en la universidad, la normativa del proyecto se basará en lo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) y por el Instituto Nacional de Defensa Civil (2006).

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006), existen 3 condiciones que hay que tener en cuenta al momento de diseñar una instalación sanitaria, las cuales son:

- La instalación sanitaria comprende las instalaciones de agua, agua contra incendio, aguas residuales y ventilación.
- El ingeniero sanitario debe elaborar y autorizar el diseño de estas instalaciones.
- El diseño de las instalaciones sanitarias debe ser elaborado en todo momento en coordinación con un proyectista en arquitectura, que considere las condiciones adecuadas de ubicación de los servicios sanitarios, ductos y todos los elementos que determinen el recorrido de las tuberías así como el dimensionamiento y ubicación de tanque de almacenamiento de agua entre otros; así como también con el responsable del diseño de estructuras, para que no se comprometan los elementos estructurales al momento del montaje y durante su vida útil; y con el responsable de las instalaciones electromecánicas para evitar interferencia. (pág. 1)

Adicional a lo anterior, con respecto al almacenamiento, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006), establece que:

- Cuando sólo exista tanque elevado, su capacidad será cuando menos igual al consumo diario, con un volumen no menor de 1000 L.
- En caso de utilizar sistemas hidroneumáticos, el volumen mínimo de la cisterna será igual al consumo diario con un volumen mínimo de 1000 L.
- Los depósitos de almacenamiento deberán ser construidos de material resistente e impermeable y estarán dotados de los dispositivos necesarios para su correcta operación y mantenimiento.
- La distancia vertical entre el techo del depósito y el eje del tubo de entrada de agua, dependerá del diámetro de éste y de los dispositivos de control, no pudiendo ser menor de 0.20 m. (pág. 6)

Finalmente, en lo que respecta a la documentación, según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006), es obligatoria la firma del ingeniero

sanitario colegiado, además para que el proyecto sea aprobado deberá contar con la siguiente documentación:

- Una memoria descriptiva que incluye la ubicación y la(s) soluciones adoptadas para la fuente de abastecimiento de agua y evacuación de desagüe y descripción de cada uno de los sistemas.
- Planos de sistemas de abastecimiento de agua potable, sistema de desagües, sistema de agua contra incendio, riego, evacuación pluvial, etc. (cuando la situación lo amerite). (pág. 1)

Con respecto a lo antes mencionado, el proyecto es viable legalmente, ya que todos los requerimientos podrían ser adquiridos sin mayor contratiempo por la universidad. Son trámites burocráticos que podrían demorar, pero que finalmente se obtendrían.

.1 Bebederos en cada piso de los edificios de la Universidad de Piura

Para realizar el análisis sobre si es viable colocar en cada piso de los edificios de la universidad un bebedero, se han tomado medidas de los pasillos de cada uno de ellos. En caso los pasillos sean de distintas medidas se considerará el de menor tamaño como base del análisis.

Las dimensiones se han obtenido de los planos de la universidad, haciendo uso del programa AUTOCAD. En la Tabla 8.7 se muestran las longitudes de los pasillos de los edificios de la Universidad de Piura.

Tabla 8.7. Longitud de los pasillos de los edificios de la UDEP

Fuente: Elaboración propia.

Edificio	Primer piso	Segundo piso	Tercer piso
Química	2.45m	2.45m	---
Ingeniería Civil	1.80m	1.80m	---
Hidráulica	1.65m	1.65m	---
Ingeniería	2.17m	1.80m	1.80m
Confucio	2.71m	2.71m	---
Comunicación	3.50m	3.50m	---
IME	4.25m	2.07m	---
Principal	2.27m	1.80m	1.80m
Educación	1.50m	1.75m	---
CMI	2.20m	2.20m	---
Gobierno	1.80m	1.80m	---

Por otro lado, las dimensiones de los bebederos son generalmente de 1m de altura y de base 40cm×40cm. (Lishner Bejar, 2012), (Valdiviezo G. , 2012).

Como se muestra en la Tabla 8.7, de todos los edificios el pasillo más angosto es el del Edificio de Educación con una medida de 1.5 m. Por lo que el análisis se hará considerando dicho valor, pues si cumple con éste, cumplirá con los demás.

Una persona ocupa aproximadamente 55 cm de espacio, por lo que si se coloca el bebedero, quedará de espacio 1.1 m, lo que significa que podrían entrar hasta 2 personas y el bebedero en ese espacio del pasillo.

Esto hace técnicamente posible el colocar los bebederos en cada piso de los edificios. Sin embargo, según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2006) el ancho mínimo necesario para el tránsito en un pasillo de un local educativo debe ser de 1.20m, con lo cual no se podría colocar bebederos en los pasillos de algunos edificios. Según esto, colocar bebederos en los pasillos sería legalmente inviable. Asimismo, corroborando a esto último, la Oficina de servicios técnicos (OST) de la Universidad de Piura, indicó que no se podría colocar bebederos en los pasillos de los edificios debido a las normas de evacuación del Instituto Nacional de Defensa Civil.

8.1.4. Viabilidad Financiera

En el Capítulo 8.8 se recogerá la información financiera de esta propuesta y se analizarán los costos y beneficios de la misma. Es por esta razón que no se realiza la viabilidad financiera, ya que se repetiría el análisis e información.

8.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE BEBEDEROS

8.2.1. Capacidad del sistema de tratamiento

La capacidad de la planta debe ser tal que asegure que todos los consumidores de la universidad puedan disponer de agua en todo momento de su estadía en ésta.

Para ello, primero se debe identificar la población universitaria que tendrá acceso al agua en bebederos. Esta población está conformada por el personal docente, administrativo y obrero, por alumnos de pregrado y postgrado de la universidad.

.1 Personal docente, administrativo y obrero

Para el cálculo del consumo de agua del personal docente, administrativo y obrero, al igual que en el caso de los bidones (Capítulo 7.2.2), se asume que cada persona debe consumir como mínimo 2 litros por día, considerando 16 horas, ya que son 8 horas las que cada persona debe dormir. Por lo tanto, el personal de la universidad toma en promedio 1 litro de agua en la universidad, dado que se considera que trabaja 8 horas diarias en la UDEP.

Asimismo, se considerará la información brindada por la Oficina de Grados y Títulos de la Universidad de Piura (2013), en la cual se indica que son 605 personas las que conforman el personal de la universidad, considerando también un crecimiento del mismo de 10%.

.2 Alumnos pregrado

Para el cálculo del consumo de agua de los alumnos de post-grado, se asumirá también que cada persona debe consumir como mínimo 2 litros en 16 horas del día. Así pues, se necesita determinar la cantidad de horas que estos pasan en la universidad. Este dato se ha hallado considerando el número de créditos promedio de los alumnos de la universidad, ya que este número significa las horas que en teoría un alumno pasa en la universidad.

Para determinar la cantidad de créditos promedio de un alumno en la universidad, se consultó a la Directora de Admisiones de la Universidad de Piura (2013). La información recolectada es la que se muestra en la Tabla 8.8.

Tabla 8.8. Número de créditos promedio de los alumnos de la UDEP

Fuente: Oficina de Admisiones UDEP

Año	Alumnos	Créditos promedio
2007-I	4,276	20.92
2007-II	3,982	20.40
2008-I	4,249	20.48
2008-II	4,002	20.56
2009-I	4,244	20.73
2009-II	4,032	21.33
2010-I	4,276	21.42
2010-II	3,982	20.99
2011-I	4,168	21.07
2011-II	3,937	20.81
2012-I	4,116	21.09
2012-II	3,906	21.08
Total	49,170	
Promedio	4,098	20.91

Según la Tabla 8.8 el número de alumnos de pregrado promedio en la Universidad de Piura por ciclo es de 4,098. De la tabla también se puede determinar que un alumno de la Universidad de Piura, tiene en promedio de 20.91 créditos por ciclo. Lo que significa que aproximadamente 21 horas de la semana está en la universidad. Asimismo, se ha determinado un 20% adicional a estas horas, que representa otros factores, como alumnos que se quedan la mayor parte de su día en la universidad sin importar la cantidad de créditos académicos.

Por lo tanto, considerando el 20% de otros factores y que la semana tiene 5 días, un alumno está en promedio 5.04 horas por día en la universidad.

.3 Alumnos postgrado

La cantidad de alumnos de postgrado del año 2013 es 382 (Ver ANEXO P). Considerando este valor, y que pasan aproximadamente 8 horas en la universidad tan solo los días sábados, se puede determinar que no son un factor limitante para el cálculo de la capacidad de la planta de tratamiento para bebederos; pues a diferencia de la cantidad de personas que pasan en la universidad de lunes a viernes, la cantidad de personas en la universidad el día sábado es mínimo.

.4 Cálculo de la capacidad

En la Tabla 8.9 se resume la capacidad demandada y por tanto la capacidad requerida para la planta de tratamiento.

Se debe considerar que la planta operará 12 horas al día, esto para evitar trabajar durante las horas punta del consumo de energía.

Tabla 8.9. Cálculo de la capacidad de la planta de tratamiento

Fuente: Elaboración propia

Consumidores	Cantidad de personas	Consumo de agua en la universidad (L)	Consumo Total (L)
Personal UDEP	606	1	666.6
Alumnos de pregrado	4,098	0.6272	2,570.09
Alumnos de postgrado	382		
Total (litros/día)			3,236.69
Total (litros/hora)			269.72
Total(litros/minuto)			4.50
Total (GPM)			1.19

De la Tabla 8.9 se puede determinar que la capacidad de la planta de tratamiento para el caso de bebederos es de **1.19 GPM**.

8.2.2. Selección de la mejor alternativa para el sistema de tratamiento

Para el diseño de los bebederos, se considerarán las alternativas planteadas en la evaluación de las viabilidades para el sistema de tratamiento de agua considerando bebederos (Capítulo 8.1). En resumen son las siguientes:

- Primera alternativa

Cada bebedero poseerá en su interior los mecanismos necesarios para brindar agua de calidad, usando la tubería actual.

- Segunda alternativa

Construir una pequeña planta de tratamiento al inicio de todo el proceso y una vez tratada el agua, deberá ser distribuida a cada uno de los bebederos de la universidad por medio de una nueva red de tuberías.

Por otro lado, considerando la demanda de agua que se requiere y los resultados de los estudios de laboratorio sobre la calidad del agua fuente y del agua que se quiere obtener, se ha recopilado información de cada alternativa planteada para el tratamiento del agua por medio de bebederos, considerando la opinión de posibles proveedores (Valdiviezo G. , 2012), (Lishner, 2012), (Pisfil, 2012).

.1 Factores de evaluación

A continuación se presentan los factores a considerar para la selección de la mejor alternativa.

- Inversión (I)

Este factor hace referencia al valor de la inversión. Cuando una de las alternativas requiera de una mayor inversión, será menos conveniente para el proyecto y por ende se calificará con un menor puntaje.

- Gastos Operativos (GO)

Este factor hace referencia al valor total de los gastos operativos, considerando el consumo del agua del pozo que se requeriría para cada una de las alternativas, el consumo de la energía

eléctrica, la mano de obra y los gastos de mantenimiento de cada una de ellas. Igual que el anterior factor, si el total es mayor, será menos conveniente para el proyecto y por tanto se calificará con un menor puntaje.

- Control de Calidad (CC)

Este factor hace referencia a la facilidad con que se realizará el control de calidad de cada uno de los equipos que conforman el sistema de purificación del agua, considerando también el tiempo que demandaría realizar este proceso para cada una de las alternativas.

- Falla (F)

Este factor hace referencia a la sencillez con que se corregiría una falla en algún equipo o la rapidez y facilidad con que se detectarían las fallas en el sistema de purificación de agua. Mientras la alternativa sea menos conveniente para el proyecto, menor calificación tendrá.

- Estética (E)

Este factor considera que el diseño de todo el sistema de bebederos esté conforme con el estilo de la universidad y tenga una buena fachada.

- Dependencia (D)

Este factor considera la dependencia de funcionamiento entre los equipos de purificación de agua y los bebederos para satisfacer la demanda de agua. Es decir, en caso falle un equipo cómo afecta a que se siga satisfaciendo a los usuarios con agua de calidad.

.2 *Evaluación de alternativas*

Para la evaluación de las alternativas se realizará el “Método de ranking de factores”, ya explicado anteriormente (Capítulo 7.4.2).

En la Tabla 8.10 se muestra la matriz de enfrentamiento para determinar la ponderación de cada factor durante la evaluación.

Tabla 8.10. Matriz de enfrentamiento

Fuentes: Elaboración propia

	I	GO	CC	F	E	D	Puntaje	Ponderado
I	-	1	1	1	1	1	6	24
GO	1	-	1	1	1	1	6	24
CC	0	0	-	1	1	1	3	12
F	0	0	1	-	1	1	3	12
E	0	0	1	1	-	0	2	8
D	1	0	1	1	1	-	5	20
Total							25	100

En la Tabla 8.11 se muestra la calificación que se ha realizado para cada una de las alternativas, considerando cada uno de los factores.

Tabla 8.11. Ranking de Factores

Fuente: Elaboración propia

Factores a evaluar	Ponderación	Primera alternativa (descentralizado)		Segunda alternativa (centralizado)	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
I	24	10	240	8	192
GO	24	6	144	10	240
CC	12	6	72	10	120
F	12	6	72	8	96
E	8	4	32	10	80
D	20	10	200	4	80
Total	100		760		808

A continuación se realiza el análisis de cada alternativa según cada factor.

a. Inversión

- Primera alternativa

Para este criterio de evaluación, esta alternativa ha tenido un mayor puntaje, debido a que para el caso de la planta centralizada se requiere de una mayor inversión por el tendido de una nueva red de tuberías. Sin embargo, como esta alternativa plantea que cada bebedero posea en su interior todos los equipos necesarios para la purificación del agua; se requiere por ende de una mayor cantidad de equipos y también una fuerte inversión por la compra de cada uno de ellos. Es por ello que la diferencia en la calificación entre una y otra alternativa no es muy notable.

- Segunda alternativa

Esta alternativa ha tenido un menor puntaje, debido a que se requiere de una mayor inversión por el tendido de una nueva red de tuberías.

b. Gastos operativos

- Primera alternativa

Mano de obra: tanto para la primera como para la segunda alternativa se va a requerir capacitar a un trabajador del área de mantenimiento de la universidad. Por lo tanto, con respecto a ello no hay diferencia entre una alternativa y otra.

Mantenimiento: cada equipo de purificación de agua necesita un mantenimiento determinado cada cierto tiempo: cambio de filtro, cambio de membrana, u otro tipo de mantenimiento según sea el

equipo. Esta alternativa plantea una mayor cantidad de equipos, por lo que este proceso se hace tedioso y más costoso.

Energía Eléctrica: Cada uno de los equipos de purificación de agua, consume una cantidad de energía determinada, por lo que ésta será mayor a medida que se requiera de una mayor cantidad de equipos. Por lo tanto, como esta alternativa plantea más equipos, mayor será su consumo y por tanto los gastos serán mayores. Esto es menos conveniente para el proyecto.

Considerando estos tres factores, se puede deducir que mayor será el gasto operativo en la primera alternativa. Por lo tanto, menor será su calificación en el Ranking de factores (Tabla 8.11).

- Segunda alternativa

Mano de obra: tanto para la primera como para la segunda alternativa se va a requerir capacitar a un trabajador del área de mantenimiento de la universidad. Por lo tanto, con respecto a ello no hay diferencia entre una alternativa y otra.

Mantenimiento: esta alternativa plantea una menor cantidad de equipos, por lo que el mantenimiento será de menor costo y más sencillo de realizarlo.

Energía Eléctrica: esta alternativa al plantear una menor cantidad de equipos de purificación de agua, requerirá de un menor consumo de energía eléctrica, por lo que será menos costoso.

Considerando estos tres factores, se puede deducir que para la segunda alternativa, el gasto operativo será menor. Por lo tanto, mayor será su calificación en el cuadro.

c. Control de Calidad

- Primera alternativa

Esta alternativa al plantear una mayor cantidad de equipos, el control de calidad diario que se debe realizar a cada uno de ellos se vuelve más tedioso. Además, demandaría una mayor cantidad de tiempo. Al ser menos conveniente le corresponde una menor calificación.

- Segunda alternativa

Esta alternativa al plantear una menor cantidad de equipos, el control de calidad diario que se debe realizar a cada uno de ellos se vuelve más fácil y más sencillo de hacerlo. Además se efectuaría en menos tiempo.

d. Falla

- Primera alternativa

Esta alternativa al plantear una mayor cantidad de equipos es más difícil y más tedioso reparar las fallas. Asimismo, en caso exista alguna falla, es más difícil detectarla. Por lo tanto, se califica con un menor puntaje.

- Segunda alternativa

Al requerir de una menor cantidad de equipos y al estar todos ellos en un solo lugar; es decir, al estar todo el sistema de purificación del agua centralizado, es más fácil reparar las fallas. Asimismo, en caso exista alguna, es más fácil detectarla.

e. Estética

- Primera alternativa

Como cada bebedero tendría todos los equipos necesarios para la purificación del agua, se necesita también que en su interior se coloque el equipo de ósmosis inversa. Para ello, éste se debe colocar continuo a cada bebedero. Estéticamente no es muy conveniente, por lo que se califica esta alternativa con un menor puntaje.

- Segunda alternativa

No presenta ningún inconveniente con respecto a este factor, por lo que se califica con el mayor puntaje.

f. Dependencia

- Primera alternativa

Si algún equipo de los bebederos se malogra, sólo afecta al bebedero del cual es parte; sin embargo, los demás bebederos pueden seguir en funcionamiento.

- Segunda alternativa

En caso se malogre un equipo de la planta de tratamiento, no se puede abastecer a ningún bebedero de toda la universidad.

.3 Selección de alternativas

Tal como se puede apreciar en la Tabla 8.11, la mejor alternativa es la segunda opción, es decir, aquella que plantea una planta de tratamiento centralizada donde se coloquen todos los equipos del sistema de purificación del agua.

De igual manera, por medio de la técnica de “Juicio de expertos” (Lishner, 2012), (Pisfil, 2012), (Valdiviezo G. , 2012), se pudo determinar que para dicha capacidad de agua y considerando un aproximado de la cantidad de bebederos que se requerirán colocar en toda la universidad, la mejor alternativa es la segunda.

8.2.3. Descripción del sistema de tratamiento

.1 Descripción de la planta de tratamiento

El sistema necesario para el tratamiento de agua considerando bebederos necesita de una planta de tratamiento previa a la distribución del agua. Muchos de los mecanismos necesarios en la planta son los mismos que se necesitan para

la alternativa de bidones. Por esta razón, en algunos casos se hará referencia a dicho capítulo.

a. Sistema de pre-tratamiento

- Tratamiento con cloro
Ver Capítulo 7.2.1.
- Filtro multimedia
Ver Capítulo 7.2.1.
- Filtro de carbón activado
Ver Capítulo 7.2.1.
- Sistema ablandador
Ver Capítulo 7.2.1.

b. Sistema de tratamiento de agua

- Ósmosis inversa
Ver Capítulo 7.2.1.

c. Almacenamiento

- Tratamiento con cloro

Después de que el agua ha sido tratada, ésta se debe almacenar en un tanque ROTOPLAS de 2 500 litros. En dicho tanque se deberá dosificar con cloro el agua almacenada para poderla distribuir por las tuberías con un cloro residual necesario para evitar su contaminación.

d. Sistema de post-tratamiento del agua

- Lámpara UV

Como se mencionó anteriormente, la lámpara UV se encarga de destruir o desactivar las bacterias. La razón por la que se coloca este equipo es eliminar todo tipo de bacterias que pudieron haber quedado del tratamiento anterior o surgido durante el periodo corto de almacenamiento en el tanque ROTOPLAS.

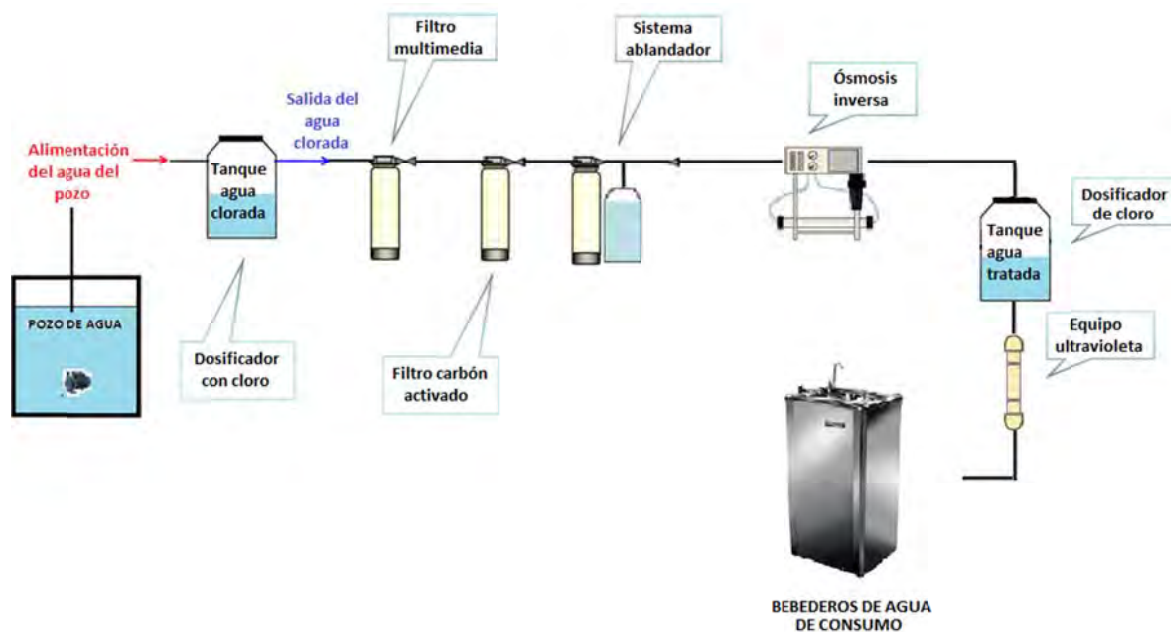
Esta lámpara UV se puede colocar después del tanque de almacenamiento de agua tratada o una en cada bebedero. Esto debido a que este mecanismo no tiene poder residual.

El sistema de ozonificación no es necesario colocarlo, ya que como no se va a almacenar agua y ésta va a pasar por una lámpara UV cuando se requiera su consumo, basta con este último equipo.

Por lo tanto, el sistema de tratamiento de agua debe estar conformado por los mecanismos explicados anteriormente y mostrados en la Ilustración 8.1.

Ilustración 8.1. Sistema de tratamiento de agua

Fuente: Elaboración propia



.2 Tipo de bebederos

Los bebederos que se usarán deben poseer un sistema de purificación interno, ya que a pesar que el agua será tratada previamente en una planta de tratamiento, ésta se distribuirá por medio de tuberías, en las que se podría volver a contaminar. Para evitar aquello, tal como se mencionó anteriormente, el agua durante su distribución debe tener un mínimo de cloro residual; sin embargo, este cloro debe eliminarse una vez que la persona quiera consumir el agua. Por esta razón son necesarios los filtros de carbón activado, quitándole así el mal sabor al agua.

De igual manera, para asegurar en un 100% agua de calidad, se colocan otros filtros de menor capacidad, como filtros de sedimentos que evitará el paso de toda partícula en suspensión y un post-filtro que terminará de eliminar todo tipo de bacteria. (Collantes, 2013), (Pisfil, 2013) Estos últimos filtros son de menor capacidad, pues el agua ya fue tratada previamente en la planta por lo que no necesita de un tratamiento tan riguroso.

Por otro lado, los bebederos deben colocarse solo en el primer nivel de la universidad, y estos pueden ser de dos tipos: bebederos en pedestal o bebederos empotrables.

a. Bebederos en pedestal

El beneficio de estos bebederos es que pueden instalarse en cualquier parte del campus, sin necesidad de una pared o un muro. (Pisfil, 2013) En la Ilustración 8.2 se muestra un ejemplo de este tipo de bebedero.

Ilustración 8.2. Bebederos de agua-Pedestal

Fuente: (Water Cooler, 2013), (Collantes, 2013)



b. Bebederos empotrables

El beneficio de este tipo de bebederos es que algunos modelos están diseñados para personas discapacitadas. En lugares donde concurren muchas personas, es importante considerar este tipo de bebederos.

Por otro lado, como los bebederos van a estar por el campus, no hay pared que sostenga este tipo de bebederos, por lo que se tendría que construir una columna de ladrillo para cada bebedero que sirva como soporte para colocarlo. (Collantes, 2013), (Pisfil, 2013).

En la Ilustración 8.3 se muestra un ejemplo de este tipo de bebedero.

Ilustración 8.3. Bebedero de agua-Empotrable

Fuente: (Water Cooler, 2013)



.3 Tipo de conexión

El tipo de conexión que se necesitaría es toda una nueva red de tuberías para la distribución del agua, ya que si se usa la antigua red el agua tratada se volvería a contaminar notablemente y al ser los filtros del sistema de purificación interno de los bebederos de pequeña capacidad, estos no bastarían para eliminar dicha contaminación.

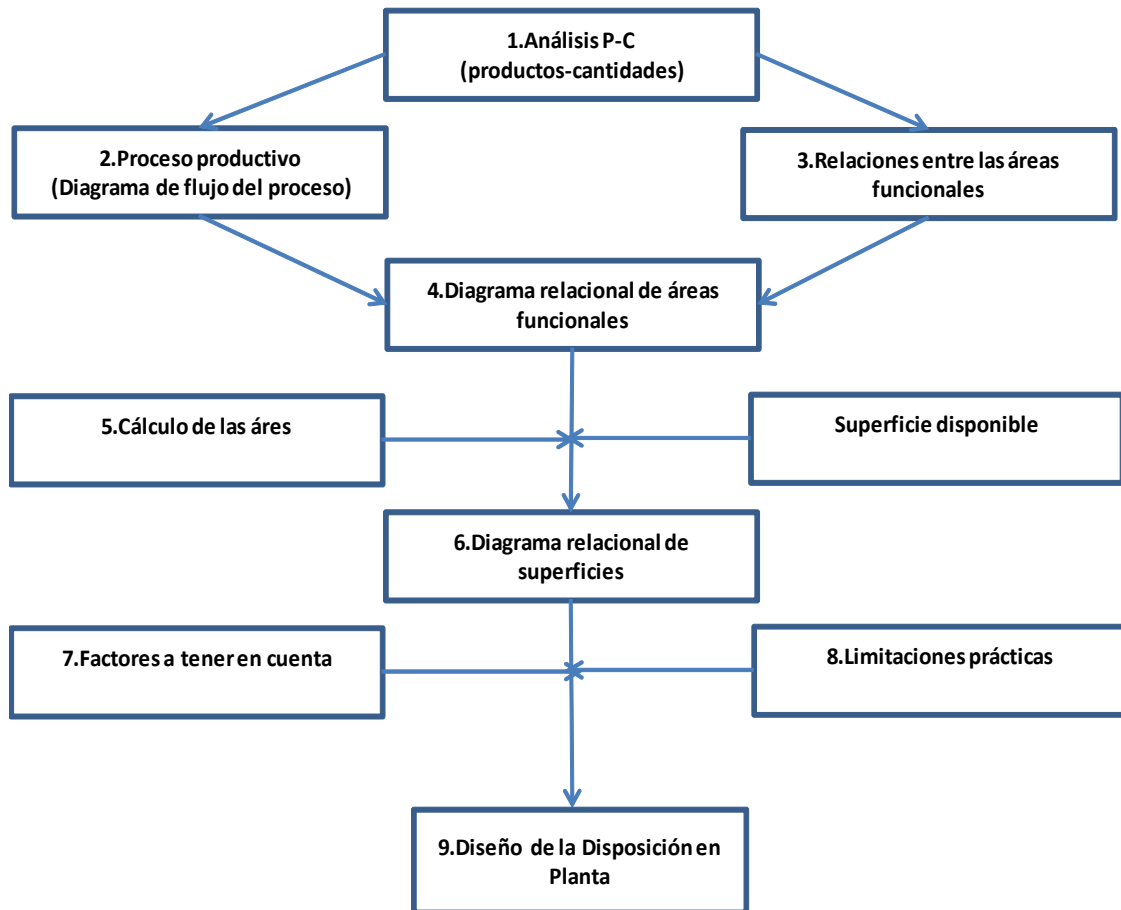
La contaminación de las tuberías se conoce por los resultados de los ensayos de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (Ver ANEXO H.1) sobre la calidad del agua, pues el agua de pozo indicaba no tener coliformes; sin embargo, el agua de un grifo del edificio principal sí presentaba estos últimos. De esta manera, la contaminación del agua con respecto a coliformes, se puede explicar por el mal estado de las tuberías.

8.3. Distribución en planta

En base a De la Fuente (2005), la distribución en planta para este proyecto estará también basada en el producto, debido a que para el proceso de producción los equipos principales se disponen uno a continuación de otro, de modo que el flujo de agua sólo fluya directamente desde el tanque de recepción, pasando por los equipos de tratamiento al tanque de almacenamiento del agua tratada, de acuerdo a la secuencia del diagrama de flujo del proceso. Además, los movimientos son sencillos y el operario no requiere de una elevada cualificación debido a que las actividades que realizará son simples y repetitivas.

Para diseñar la disposición óptima de la planta de tratamiento de agua potable se seguirá el esquema mostrado en la Ilustración 8.4.

Ilustración 8.4. Secuencia a seguir para la elaboración de la distribución en planta
Fuente: Distribución en planta (2012)



8.3.1. Análisis producto-cantidad

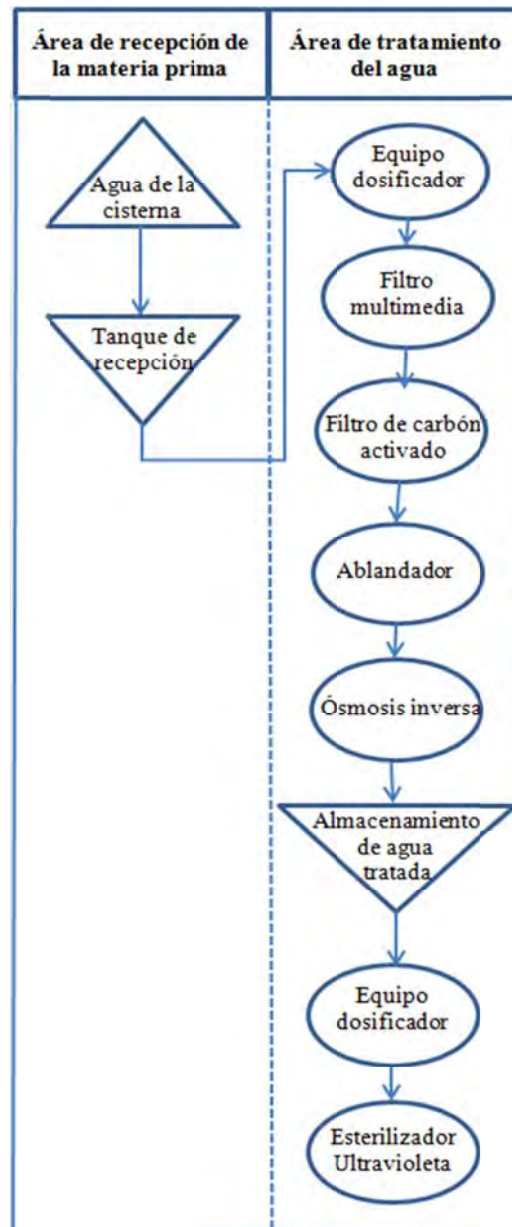
En la planta de tratamiento se purificará el agua del pozo la cual posteriormente será almacenada en un tanque para su posterior distribución mediante tuberías hacia los bebederos ubicados en el campus universitario. La cantidad estimada de producción diaria será de 3,236.7 litros/día.

8.3.2. *Proceso productivo*

En la Ilustración 8.5 se muestra el diagrama de flujo del proceso detallado por bloques.

Ilustración 8.5. Diagrama de flujo del proceso

Fuente: Elaboración propia.



8.3.3. *Relaciones entre las áreas funcionales*

Mediante el método relacional de actividades se presenta las relaciones entre ellas y su nivel de importancia. Primero se listarán las áreas de los procesos que se llevarán a cabo:

1. Tanque de recepción
2. Sistema de tratamiento
3. Almacenamiento de agua tratada

Es importante mencionar que no se consideran áreas designadas a servicios higiénicos ni oficina porque el operador sólo estará en las instalaciones de la planta como máximo dos horas continuas al día. Esto debido a que el proceso al ser semi-automático, sólo necesita que el operario encienda los equipos, realice el retrolavado de los que lo requieran y apague los mismos.

Se utilizará la leyenda de la Tabla 8.12 que indica las relaciones que pueden existir entre cada actividad. Cada una de estas relaciones será representada por una letra. Asimismo, la Tabla 8.13 muestra las razones de la relación, las cuales también serán codificadas por medio de un número.

Tabla 8.12. Relaciones entre actividades

Fuente: Elaboración propia.

Letra	Descripción
A	Es absolutamente esencial que las 2 áreas se coloquen juntas
E	Es esencial que las 2 áreas se coloquen juntas
I	Es importante que las 2 áreas se coloquen juntas
O	Si es posible se colocan esas 2 áreas juntas
U	No es importante que se coloquen juntas
X	No es deseable que se coloquen juntas

Tabla 8.13. Razones de las relaciones entre actividades

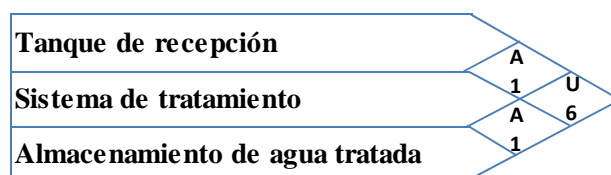
Fuente: Elaboración propia.

Código	Razón
1	Flujo de materiales
2	Conveniente
3	Fácil manejo
4	Contacto necesario
5	Ahorro de tiempo en el traslado del producto
6	No es necesario que estén cerca

Haciendo uso de lo mostrado en la Tabla 8.12 y en la Tabla 8.13, se procede a realizar la tabla relacional de actividades que se muestra en la Ilustración 8.6.

Ilustración 8.6. Tabla relacional de actividades

Fuente: Elaboración propia


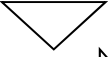
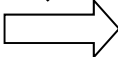





8.3.4. Diagrama relacional de áreas funcionales

Haciendo uso del método relacional de actividades (Ilustración 8.6) se representan los niveles de importancia o de proximidad de las actividades en el diagrama relacional, mostrado en la Ilustración 8.7. Para el desarrollo de éste, se necesita representar cada actividad mediante la simbología mostrada en la Tabla 8.14.

Tabla 8.14. Simbología

Fuente: Elaboración propia a partir de Disposición en Planta (2007)

Área	Símbolo
Operación	
Almacenamiento	
Estacionamiento	
Almacenamiento temporal	
Oficina	
Servicio	

Estos símbolos van unidos por líneas de diferentes colores (ver Tabla 8.15), según sea la letra que indique la relación entre ellos (tal como se indica en la Tabla 8.12).

Tabla 8.15. Leyenda de color de líneas

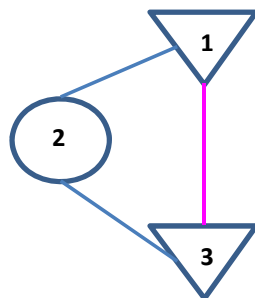
Fuente: Elaboración propia.

Letra	Color
A	Azul
E	Marrón
I	Rojo
O	Verde
U	Rosado
X	Amarillo

En la Ilustración 8.7 se puede observar el resultado del proceso mencionado. En ésta se muestra la distribución física de cada una de las actividades dentro del área destinada para la planta de tal manera que se obtengan mayores beneficios.

Ilustración 8.7. Diagrama relacional

Fuente: Elaboración propia.



Es importante mencionar que dado a que esta planta de tratamiento sólo contempla tres áreas funcionales, para el diseño final de ésta no será necesario comparar alternativas de disposición, dado que cualquier combinación de estas tres áreas ofrecerá los mismos beneficios.

8.3.5. Cálculo de áreas

A continuación, se calculan las áreas de cada una de las secciones que conformarán la planta potabilizadora de agua. La asignación de las áreas se realizó en base al juicio de expertos, mientras que para los tanques de recepción y almacenamiento de agua tratada se ha considerado la dimensión de los mismos. Para el caso del tanque de recepción, se ha considerado el doble de capacidad que el tanque de almacenamiento para agua tratada. Esto debido a que el equipo de ósmosis inversa rechaza el 50% del volumen de agua entrante. De esta manera, para el tanque de recepción se está considerando una capacidad de 5000 litros y para el tanque de agua tratada 2500 litros.

En la Tabla 8.16 se detallan dichas áreas en m^2 .

Tabla 8.16. Cálculo de áreas

Fuente: Elaboración propia

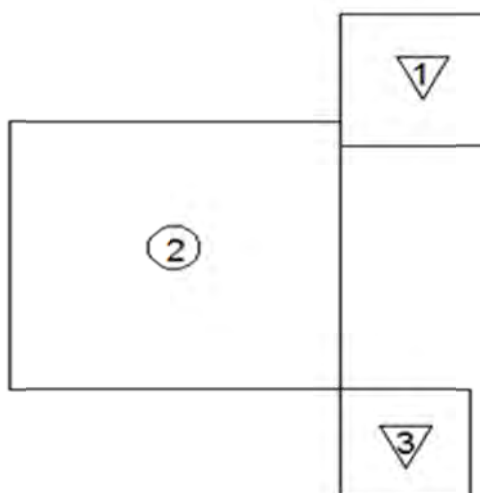
Sección	Área (m^2)
1. Tanque de recepción	4.84
2. Sistema de tratamiento	10
3. Almacenamiento de agua tratada	1.56

8.3.6. Diagrama relacional de superficies

Una vez calculadas las áreas, se representan mediante cuadrados según la distribución del diagrama relacional (Ilustración 8.7). La Ilustración 8.8 muestra el diagrama relacional de superficies.

Ilustración 8.8. Diagrama relacional de superficies

Fuente: Elaboración propia.



8.3.7. Factores a tener en cuenta

El único factor que faltó considerar en el análisis anterior fue los pasillos para toda la planta.

8.3.8. Limitaciones prácticas

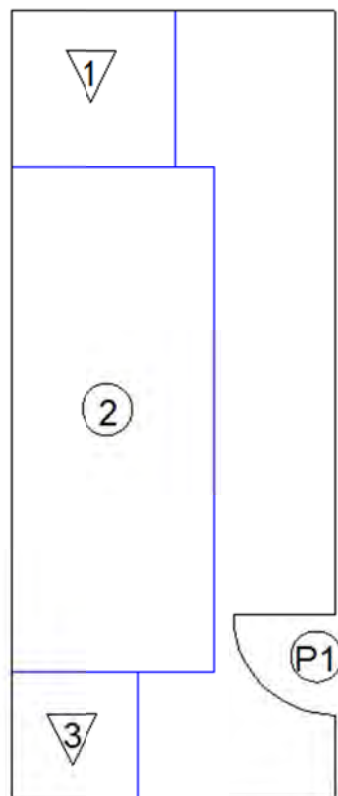
No existen mayores limitaciones para la distribución en planta debido a que se cuenta con el terreno suficiente para la construcción de la planta y no existe un edificio previamente construido para la planta de tratamiento que pueda limitar sus dimensiones.

8.3.9. Diseño final

Considerando las dimensiones de los pasillos, y los accesos y ventilación, como son las puertas y ventanas, en la Ilustración 8.9 se muestra el diseño final de la disposición en planta.

Ilustración 8.9. Distribución en planta final

Fuente: Elaboración propia



Símbolo	Significado
P1	Puertas

8.4. Distribución de los bebederos en el campus

8.4.1. Localización de los bebederos

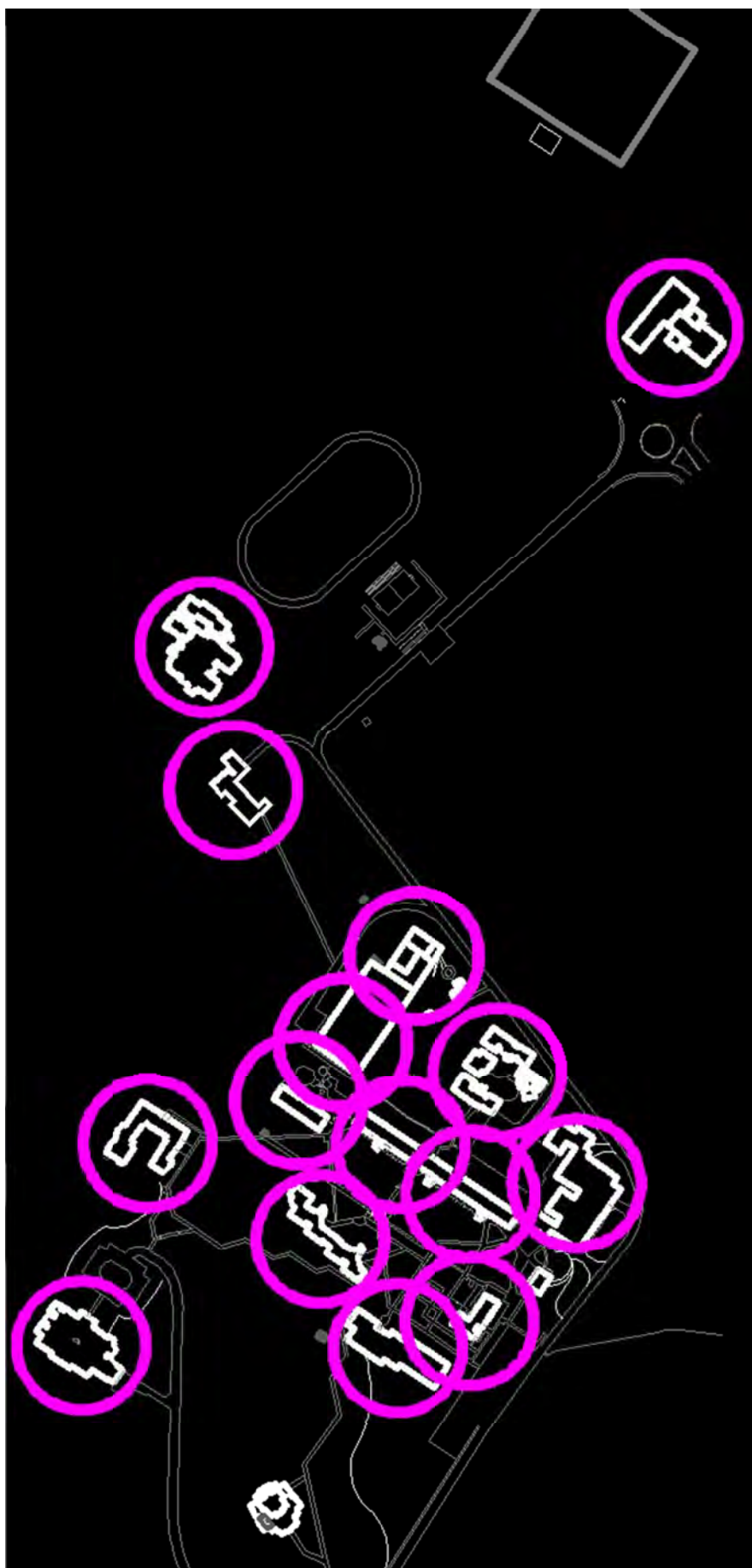
.1 Determinación de la cantidad de bebederos

Para la ubicación de los bebederos se han considerado tres factores:

- a. Al ser el agua un bien básico para las personas, el abastecimiento de la misma no puede estar a grandes distancias.

Para ello, se ha establecido una circunferencia de radio de 50 metros que tiene como centro el centro de cada edificio del campus universitario. Se ha supuesto que dicha distancia es la más conveniente entre la persona y el abastecimiento del agua a través de los bebederos (Ver Ilustración 8.10).

Ilustración 8.10. Plano UDEP con círculos de diseño
Fuente: Elaboración propia en base al plano en AUTOCAD de la UDEP



- b. Se ubicarán en áreas de uso común del campus que permitan tanto accesibilidad permanente como visibilidad a los usuarios. Para ello se deberá considerar la afluencia de personas en cada área.

Para este factor se ha tomado en cuenta el aforo de las oficinas y aulas en cada edificio de la universidad. El aforo de cada una de ellas se muestra en el ANEXO U. Por otro lado, solo se toma en cuenta una ocupabilidad del 80% de la capacidad total en cada edificio, debido a que la capacidad máxima en las aulas no se alcanza siempre. Considerando lo establecido anteriormente se ha elaborado la Tabla 8.17.

Tabla 8.17. Cantidad de alumnos y profesores en cada edificio de la UDEP

Fuente: Elaboración propia en base al plano en AUTOCAD de la UDEP

Instalaciones	Capacidad Máxima	Capacidad al 80%
Edificio 80	1122	898
Edificio Principal	1630	1304
Edificio Civil	174	139
Edificio de Derecho	622	498
Edificio Servicios Operativos	110	88
Edificio de Química	246	197
Edificio de Hidráulica	27	22
Biblioteca	310	248
ETS – FCOM	552	442
IME	590	472
Edificio de Gobierno	160	128
Edificio Confucio	111	89
CMI	100	80
Educación	589	471

- c. Normas publicadas en INIFED, las cuales indican que para el nivel superior de educación, como son los institutos y universidades, se consideran 2 bebederos por cada 1000 alumnos. (INIFED - Infraestructura Educativa, 2011)

Tomando en cuenta dicha norma se ha establecido los rangos mostrados en la Tabla 8.18 de la cantidad de personas por bebederos.

Tabla 8.18. Rango de cantidad de personas por bebedero

Fuente: (INIFED -Infraestructura Educativa, 2011)

Rangos	Nº Bebederos
De 01 - 500 personas	1
De 501 - 1000 personas	2
De 1001 - 1500 personas	3

En base al análisis de los tres rangos de cantidad de personas por bebedero de la Tabla 8.18, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 8.19 sobre el número de bebederos por edificio en la universidad.

Tabla 8.19. Número de bebederos por edificio de la UDEP

Fuente: Elaboración propia

Regiones	Capacidad	Nº Bebederos
Edificio 80	898	2
Edificio Principal	1304	3
Edificio Civil y Edificio de Hidráulica	161	1
Edificio Servicios Operativos	88	1
Biblioteca y Edificio Confucio	337	1
ETS - FCOM	442	1
IME	472	1
Edificio de Gobierno	128	1
Educación	471	1
Edificio de Derecho	498	1
CMI	80	1
Edificio de Química	197	1
Total		15

.2 *Ubicación de los bebederos en cada edificio*

Para la ubicación específica de cada bebedero en cada región se considera los siguientes 4 factores según INIFED (2011) e INDECI (2006).

- **Accesibilidad:** No existirán elementos que obstaculicen el acceso a los bebederos o interfieran en su uso.
- **Sanidad:** Para mantener la sanidad del servicio, se evitará que se ubiquen cerca de cualquier fuente de contaminación, como sanitarios o talleres.
- **Piso:** Los pisos sobre los que se instalen estas unidades deben ser lavables y no debe haber encharcamientos.
- **Evacuación:** Evacuación en cada edificio para cumplir con las normas establecidas por INDECI.

Para que se cumpla con el último factor, el de evacuación, los bebederos no pueden estar instalados en el segundo o tercer piso de los edificios, debido a que los pasillos son muy angostos y en caso se coloquen los bebederos en ellos ya no se cumpliría con lo establecido por INDECI. Por lo tanto, todos los bebederos deben estar localizados en el primer nivel de la universidad, tal como se indicó en la viabilidad legal del capítulo (Capítulo 8.1.3).

Para determinar la ubicación de cada uno de los bebederos en cada una de las zonas se van a seleccionar ubicaciones que cumplan con los 4 criterios antes mencionados. Éstas se mostrarán a continuación, siendo los bebederos representados mediante puntos rojos.

Ilustración 8.11. Ubicación de bebederos en el edificio Principal

Fuente: Elaboración propia

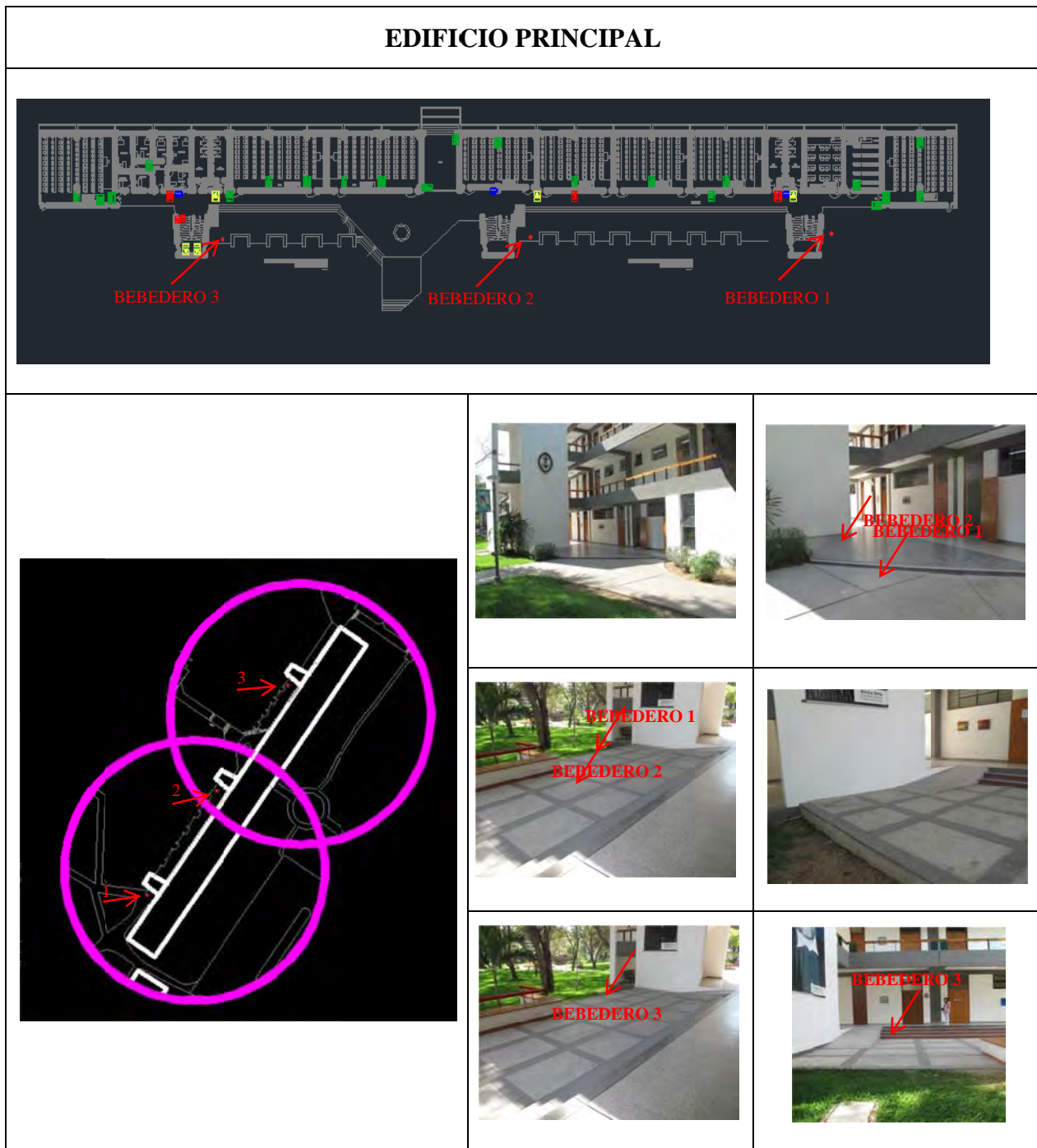


Ilustración 8.12. Ubicación de bebederos en el Edificio 80

Fuente: Elaboración propia

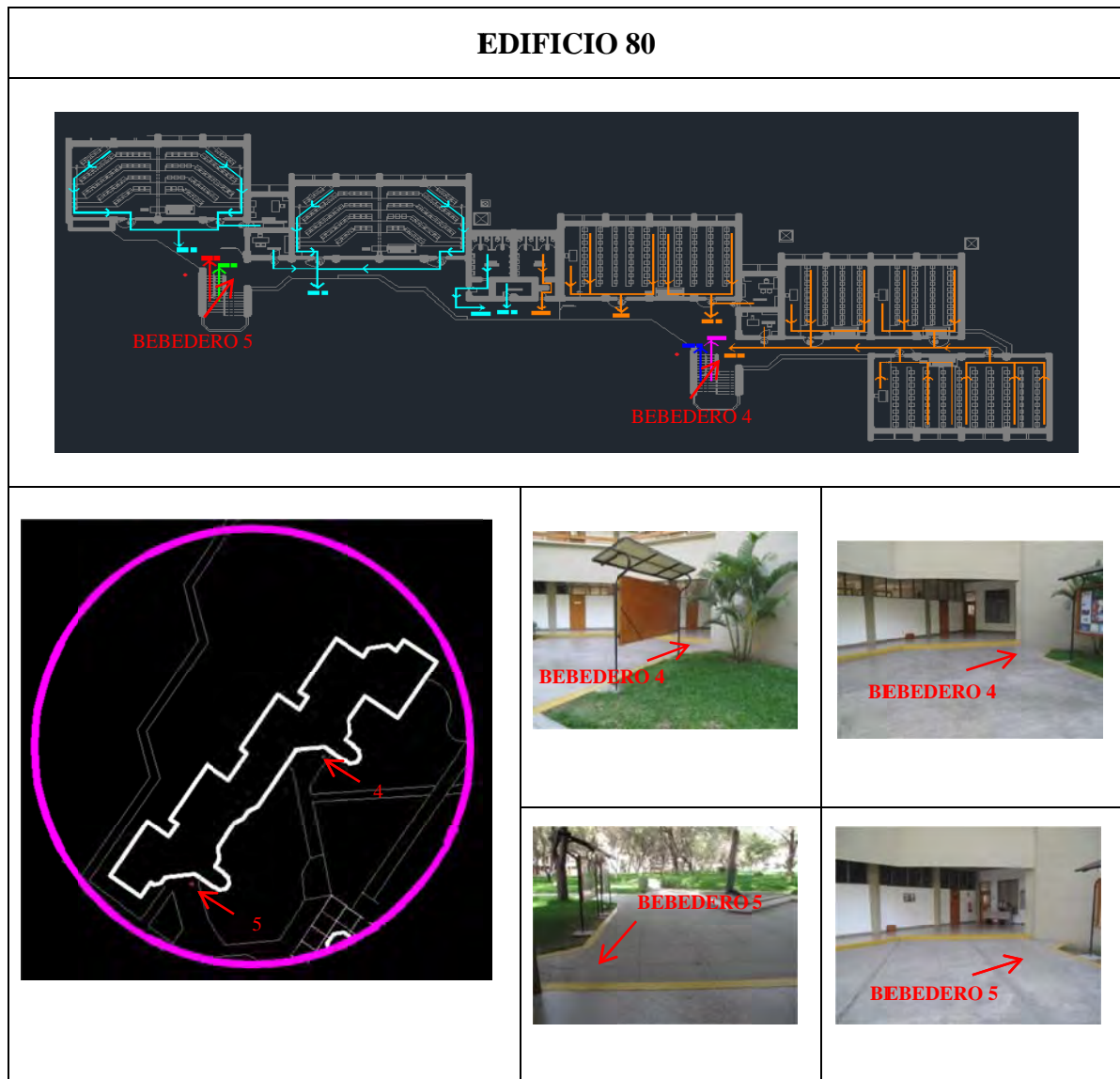


Ilustración 8.13. Ubicación de bebederos en la Biblioteca y edificio Confucio

Fuente: Elaboración propia

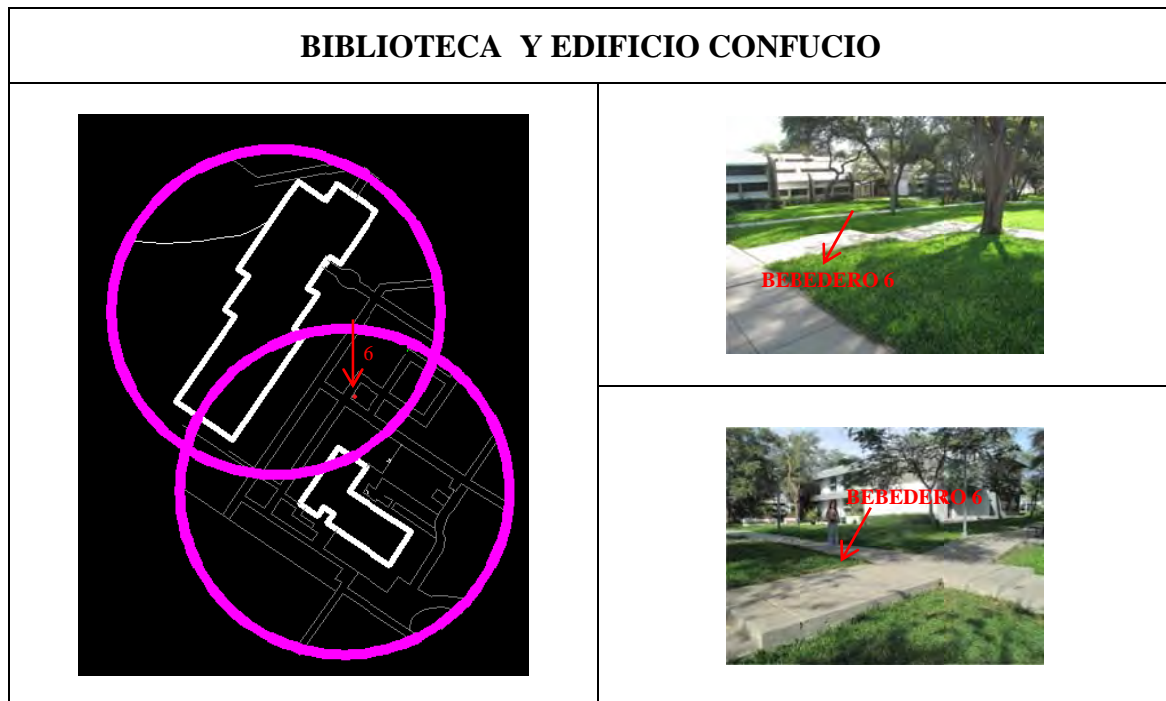


Ilustración 8.14. Ubicación de bebederos en los edificios de Hidráulica e Ing. Civil

Fuente: Elaboración propia

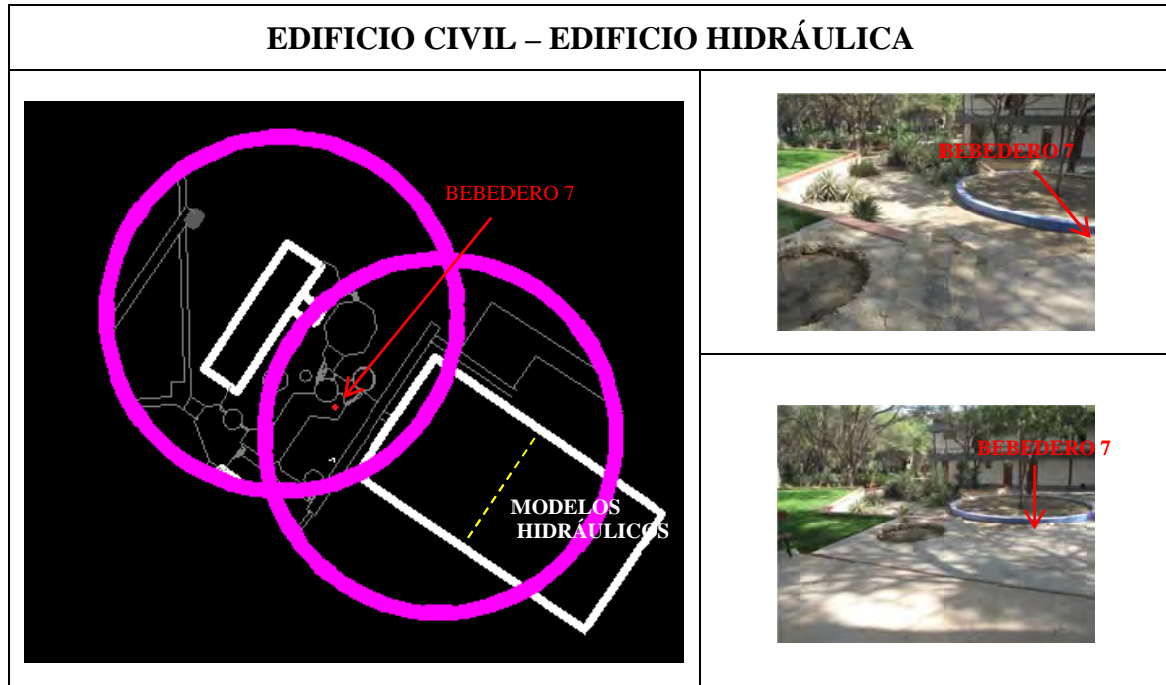


Ilustración 8.15. Ubicación de bebederos en el edificio IME

Fuente: Elaboración propia

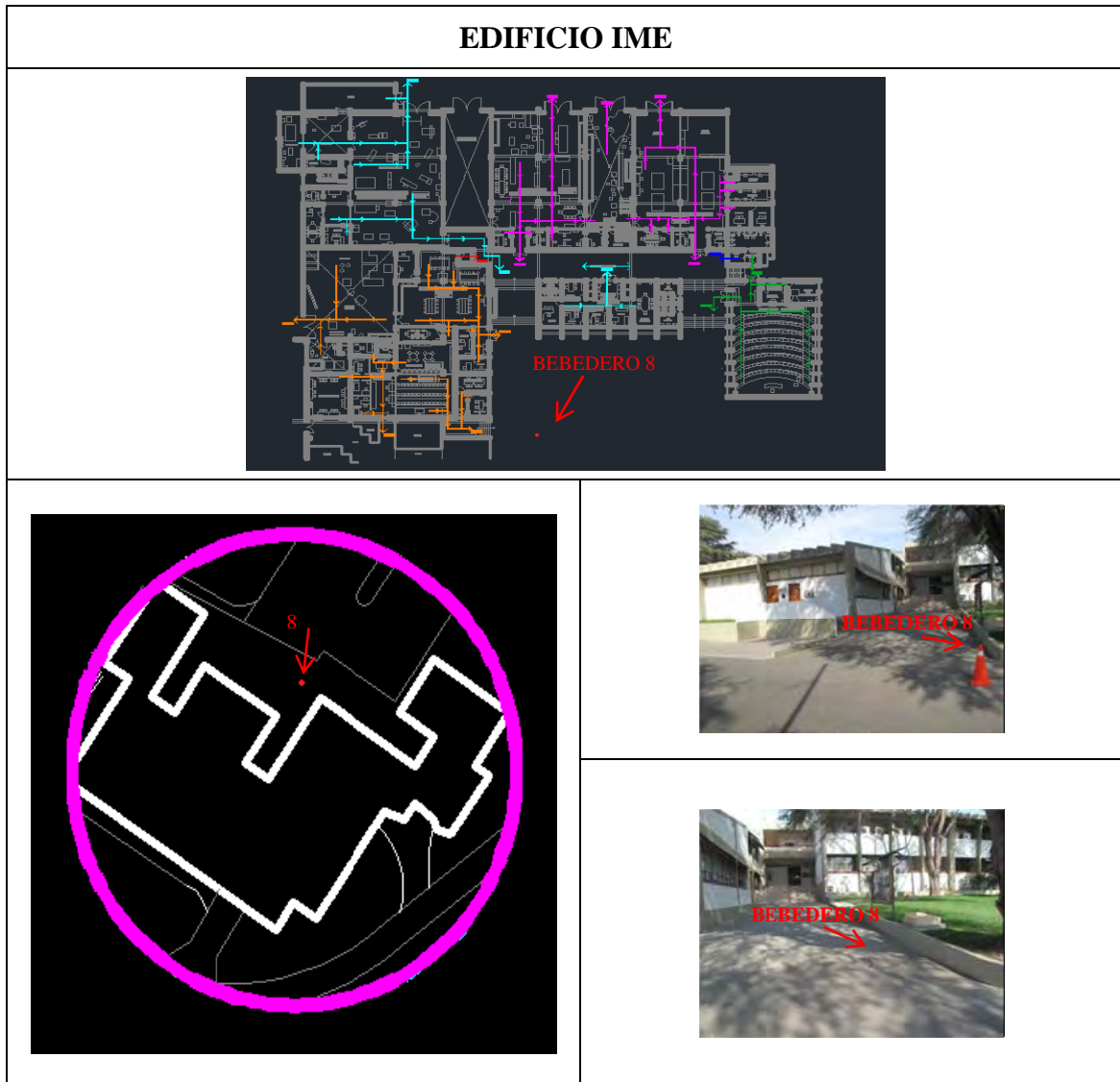


Ilustración 8.16. Ubicación de bebederos en el edificio de Educación

Fuente: Elaboración propia

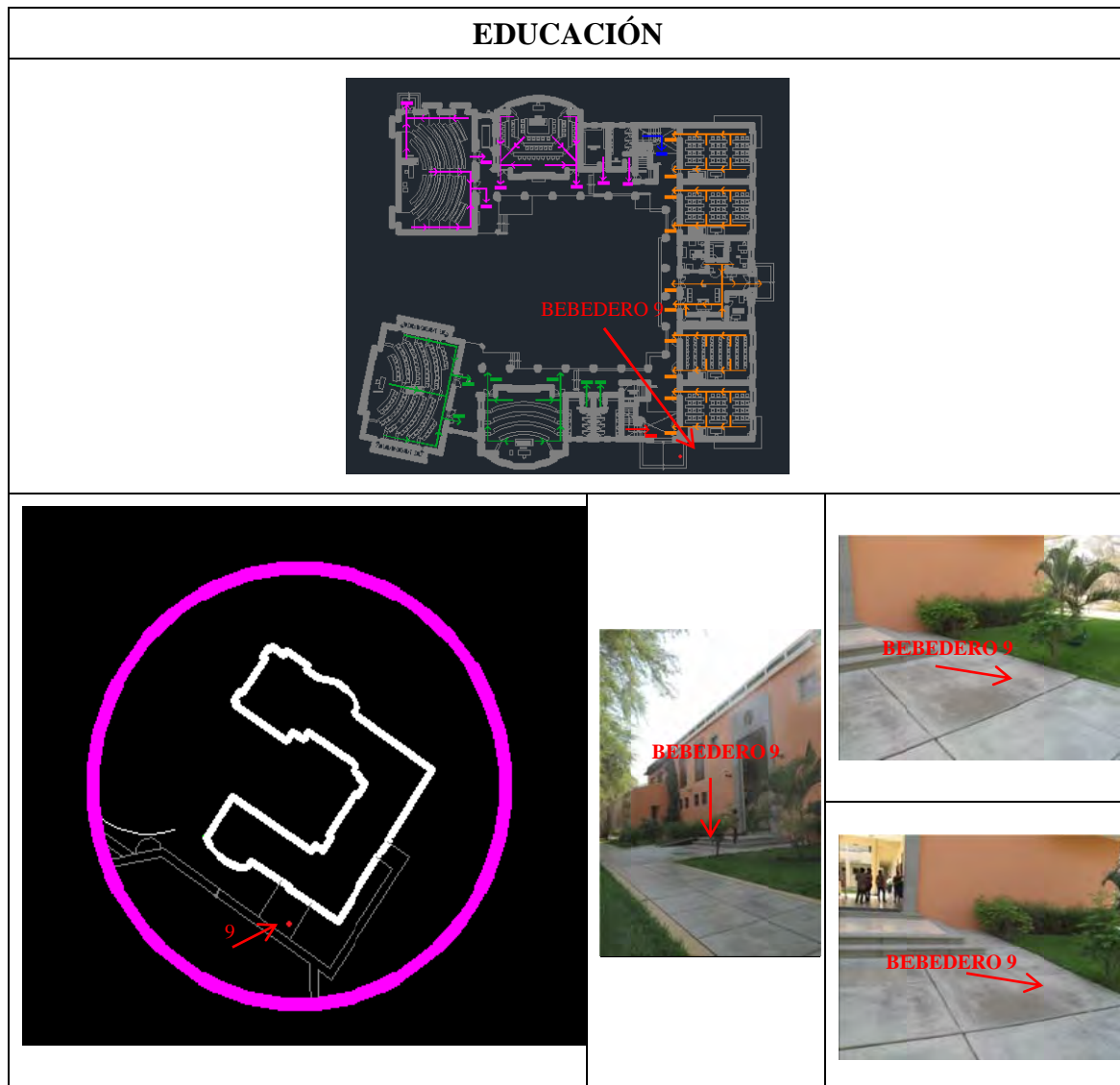


Ilustración 8.17. Ubicación de bebederos en los edificios de ETS y FCOM

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 8.18. Ubicación de bebederos en el edificio de Química
Fuente: Elaboración propia

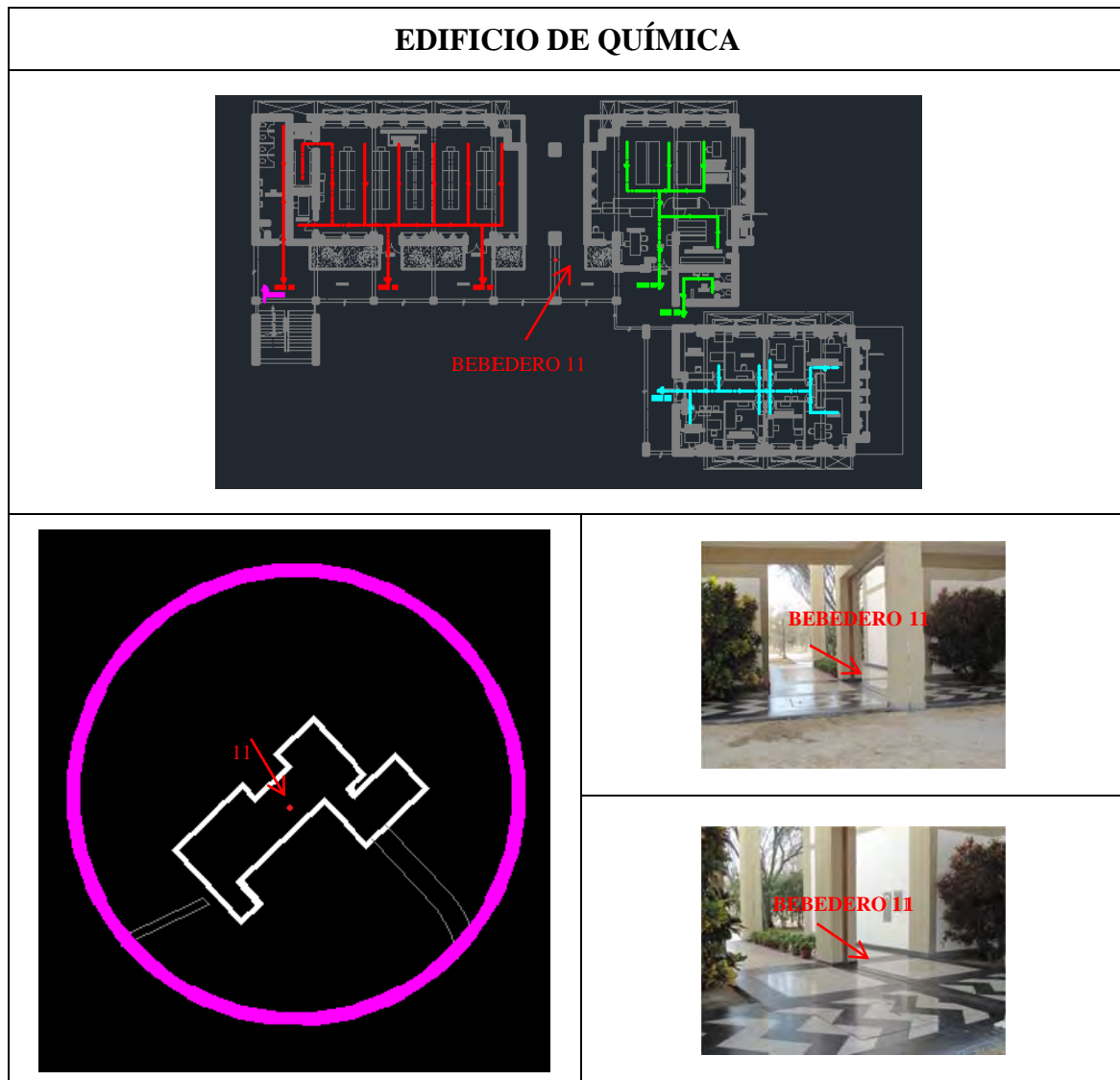


Ilustración 8.19. Ubicación de bebederos en el edificio de Gobierno

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 8.20. Ubicación de bebederos en el edificio de Servicios Operativos
Fuente: Elaboración propia

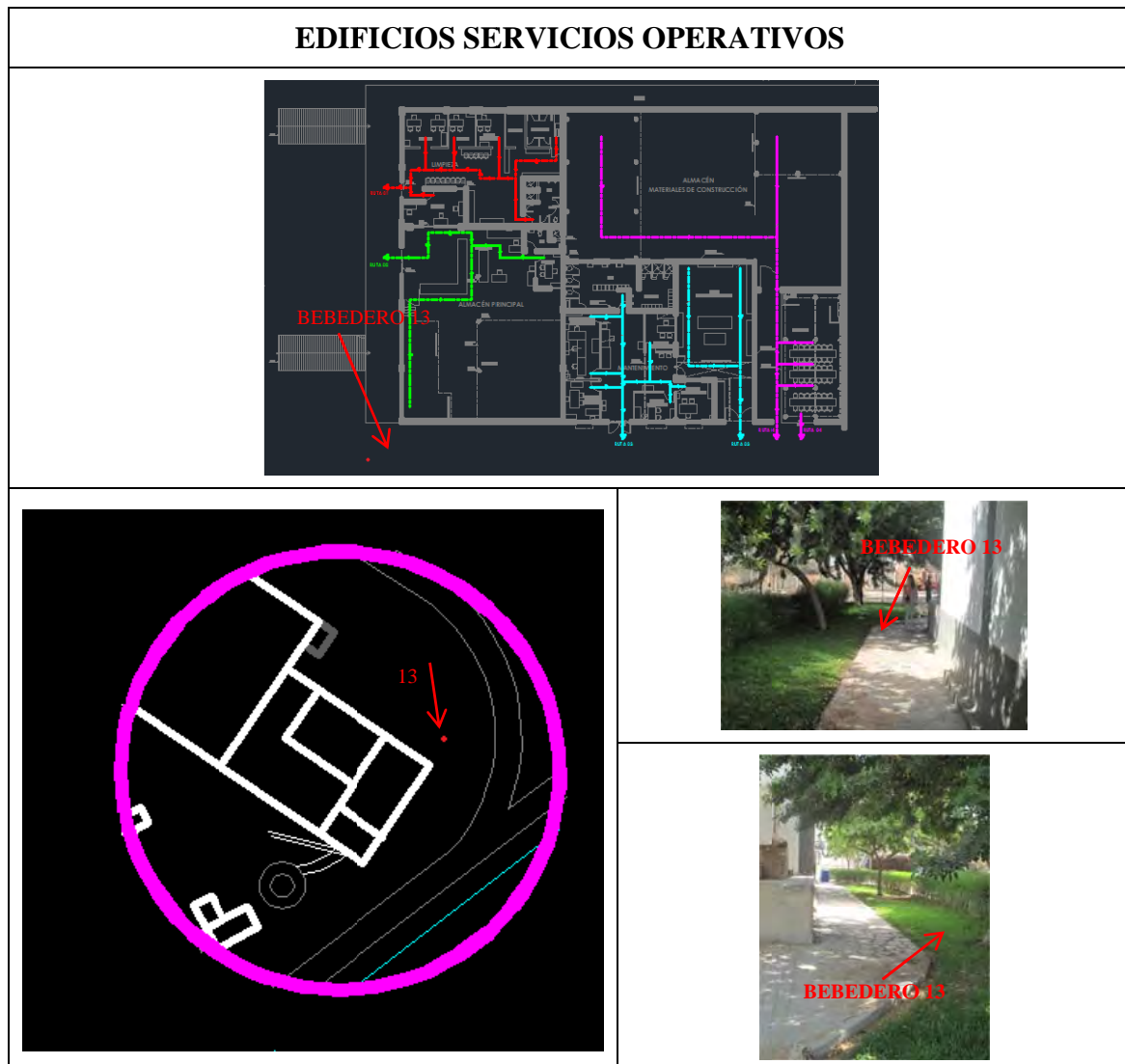


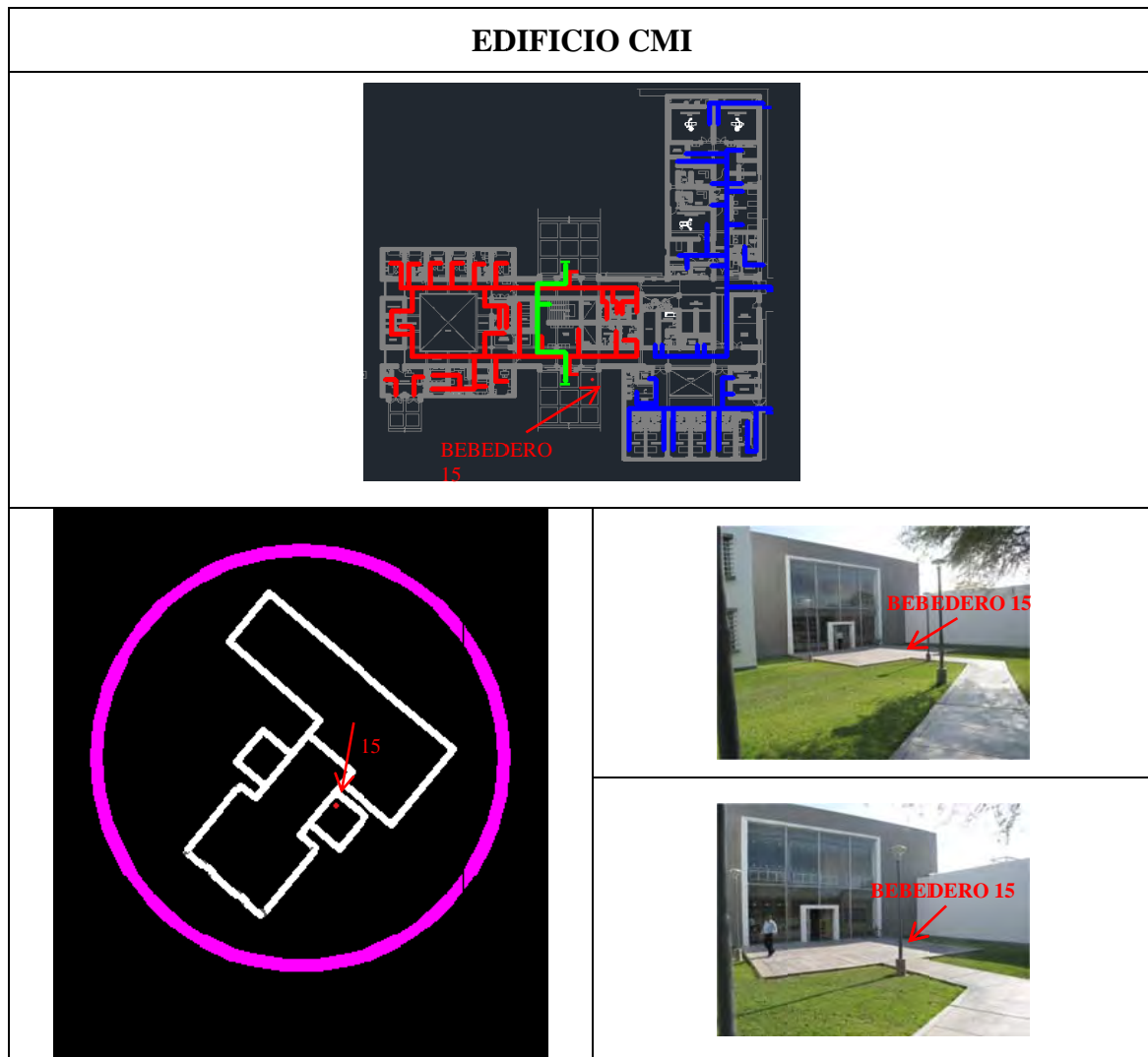
Ilustración 8.21. Ubicación de bebederos en el edificio de Derecho

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 8.22. Ubicación de bebederos en el edificio CMI

Fuente: Elaboración propia



8.4.2. Mapeo de las tuberías

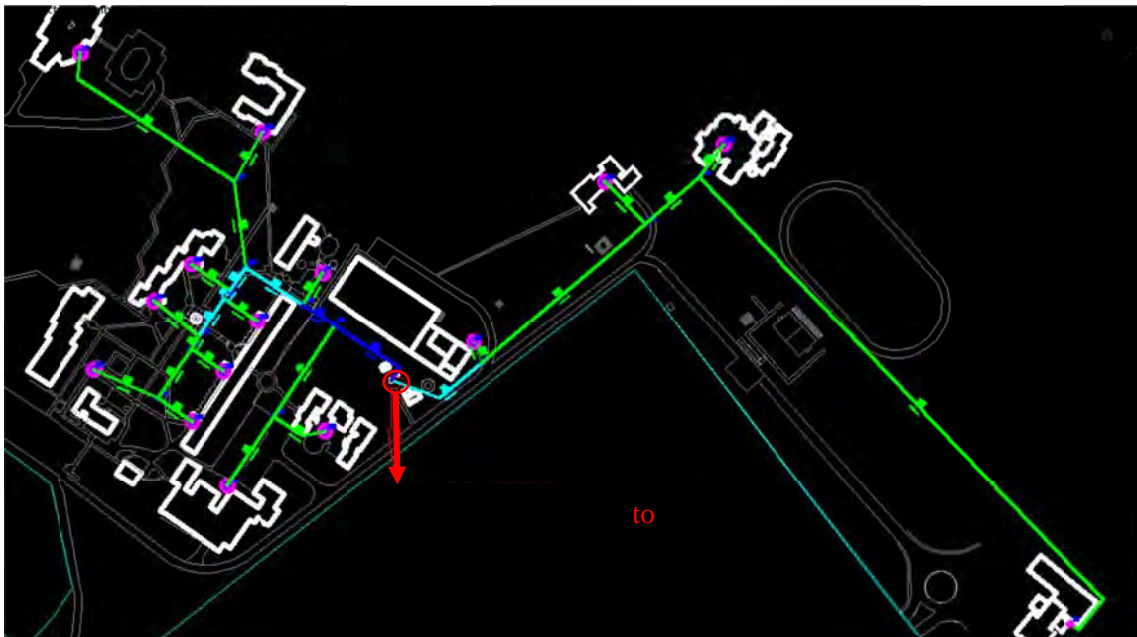
Para el diseño de la nueva red de tuberías, se deben considerar los siguientes factores:

- Ubicación de cada bebedero en la universidad.
- Longitud total mínima de la conexión para optimizar el precio de la nueva red de distribución de agua.

Haciendo uso de AUTOCAD y considerando los factores antes mencionados, se graficó sobre el plano de la universidad la nueva red de tuberías necesaria para los bebederos, mostrada en la Ilustración 8.23 (para mejor visualización ver ANEXO ZZ).

Ilustración 8.23. Red de tuberías para la distribución de agua para los bebederos

Fuente: Elaboración propia sobre el plano en de la UDEP



Para calcular el diámetro y la clase de tubería necesaria para la red se consideraron los siguientes criterios:

- Presión requerida en cada bebedero: En el caño de cada bebedero debe salir un chorro de agua con la presión y altura necesaria para que el usuario del bebedero pueda tomar cómodamente de éste; para ello se necesita una presión máxima de 60 psi y una mínima de 30 psi. (Pisfil, 2012).
- Mínimo costo de tubería: a menor tamaño de diámetro de tubería, menor precio.

Para satisfacer el primer criterio, es necesario el uso de una bomba que presurice el sistema adecuadamente, la bomba debe ser una “bomba hidroneumática” para que mantenga la presión constante en todo el sistema. Para dimensionar la bomba se debe considerar la presión máxima y mínima de cada bebedero, las pérdidas de carga en toda la nueva red de distribución y el caudal total de salida.

Con respecto al segundo criterio se hará uso del programa WaterGEMS. Éste último determina el diámetro conveniente de las tuberías considerando la longitud de las

mismas para obtener el mínimo costo. Además, este programa, calcula la presión en cada punto de salida de agua teniendo en cuenta la presión de la bomba, que para este caso será asumida, y las pérdidas de carga. Al estar asumiendo un valor de la capacidad de la bomba necesaria, se verifica que sea la adecuada para obtener las presiones requeridas en cada bebedero.

Para la modelación en este programa, se ha supuesto que el terreno de la universidad es plano y que se encuentra a 30msnm (altura geográfica de Piura); y los principales datos de entrada fueron los parámetros mostrados en la Tabla 8.20 y el plano de distribución de las tuberías en AUTOCAD.

Tabla 8.20. Parámetros de entrada a WaterGEMS

Fuente: Elaboración propia

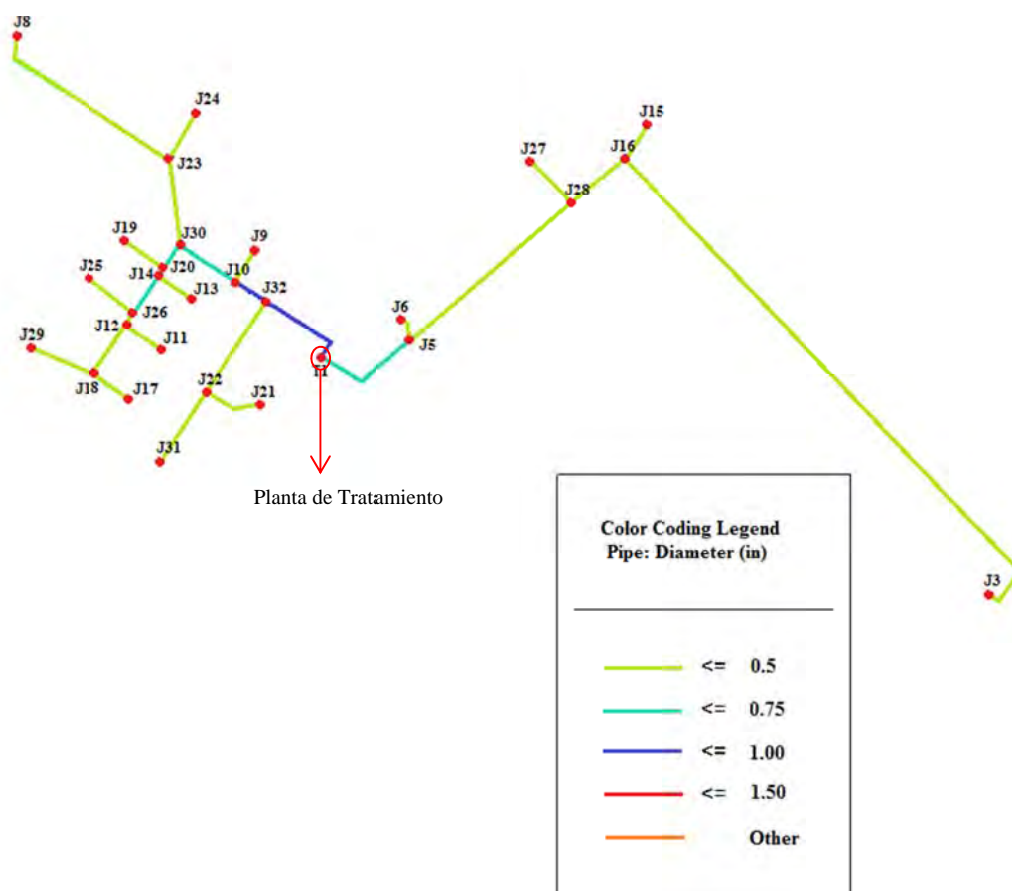
Parámetros	Valores
Presión de la bomba	31.68 mH ₂ O (45 psi)
Caudal total de salida	7.5 litros/minuto
Cota de referencia	30msnm

Nota: para detalle de los cálculos ver Anexo V.

En la Ilustración 8.24 se puede observar la red de distribución de agua y los diámetros de cada tubería. Tal como se puede apreciar está compuesta por tres diámetros diferentes.

Ilustración 8.24. Red de distribución de agua y pérdida de carga en cada nodo

Fuente: WaterGEMS



Las especificaciones de cada tramo de la red de tuberías se especifican en la Tabla 8.21. Para el cálculo de la pérdida de carga se utilizó la ecuación de Darcy-Weisbach.

Tabla 8.21. Especificaciones de las tuberías para la nueva red de distribución del agua

Fuente: WaterGEMS

Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/min)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/km)
P-16	54.48	J-10	J-30	0.75	PVC	150	4	0.23	5.757
P-11	174.12	J-5	J-28	0.5	PVC	150	1.5	0.2	4.554
P-3	11.81	J-26	J-12	0.5	PVC	150	1.5	0.2	4.554
P-17	22.42	J-30	J-20	0.75	PVC	150	3	0.18	3.039
P-29	70.14	J-30	J-23	0.5	PVC	150	1	0.13	2.67
P-6	88.23	J-22	J-32	0.5	PVC	150	-1	0.13	2.669
P-13	57.46	J-28	J-16	0.5	PVC	150	1	0.13	2.669
P-4	47.61	J-12	J-18	0.5	PVC	150	1	0.13	2.669
P-18	76.11	T-1	J-32	1	PVC	150	5.5	0.18	2.557
P-19	30.7	J-32	J-10	1	PVC	150	4.5	0.15	1.775
P-1	7.88	J-20	J-14	0.75	PVC	150	2.5	0.15	1.762
P-27	18.71	J-5	J-6	0.5	PVC	150	0.5	0.07	1.335
P-25	30.19	J-9	J-10	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-22	33.2	J-17	J-18	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-14	33.19	J-15	J-16	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-23	31.69	J-11	J-12	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-28	47.5	J-27	J-28	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-24	32.06	J-13	J-14	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-20	46.32	J-25	J-26	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-21	37.82	J-19	J-20	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-15	508.93	J-16	J-3	0.5	PVC	150	0.5	0.07	1.335
P-30	171.42	J-23	J-8	0.5	PVC	150	0.5	0.07	1.335
P-12	56.15	J-18	J-29	0.5	PVC	150	0.5	0.07	1.335
P-5	66.85	J-31	J-22	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-8	45.73	J-23	J-24	0.5	PVC	150	0.5	0.07	1.335
P-26	46.72	J-21	J-22	0.5	PVC	150	-0.5	0.07	1.335
P-2	37.27	J-14	J-26	0.75	PVC	150	2	0.12	1.082
P-9	89.96	T-1	J-5	0.75	PVC	150	2	0.12	1.082

En la Tabla 8.22 se muestran los resultados de la presión que se obtendría en cada bebedero, con una bomba de 45 psi.

Tabla 8.22. Presión en cada bebedero

Fuente: WaterGEMS

Label (Bebederos)	Demand (L/min)	Pressure (lbs/in ²)
J-3	0.5	42.5
J-6	0.5	44.8
J-8	0.5	43.6
J-9	0.5	44.6
J-11	0.5	43.9
J-13	0.5	44
J-15	0.5	43.4
J-17	0.5	43.7
J-19	0.5	44
J-21	0.5	44.3
J-24	0.5	43.8
J-25	0.5	43.9
J-27	0.5	43.6
J-29	0.5	43.6
J-31	0.5	44.2

Tal como se puede observar las presiones en cada bebedero son las adecuadas para su funcionamiento, ya que se encuentran en el rango establecido de 30-60 psi. Por lo tanto, la bomba de 45 psi es la adecuada para el sistema de tratamiento.

En la Tabla 8.23 se muestran las clases de tuberías PVC y las máximas presiones de trabajo.

Tabla 8.23. Clases de Tuberías PVC y máximas presiones de trabajo

Fuente: Elaboración propia

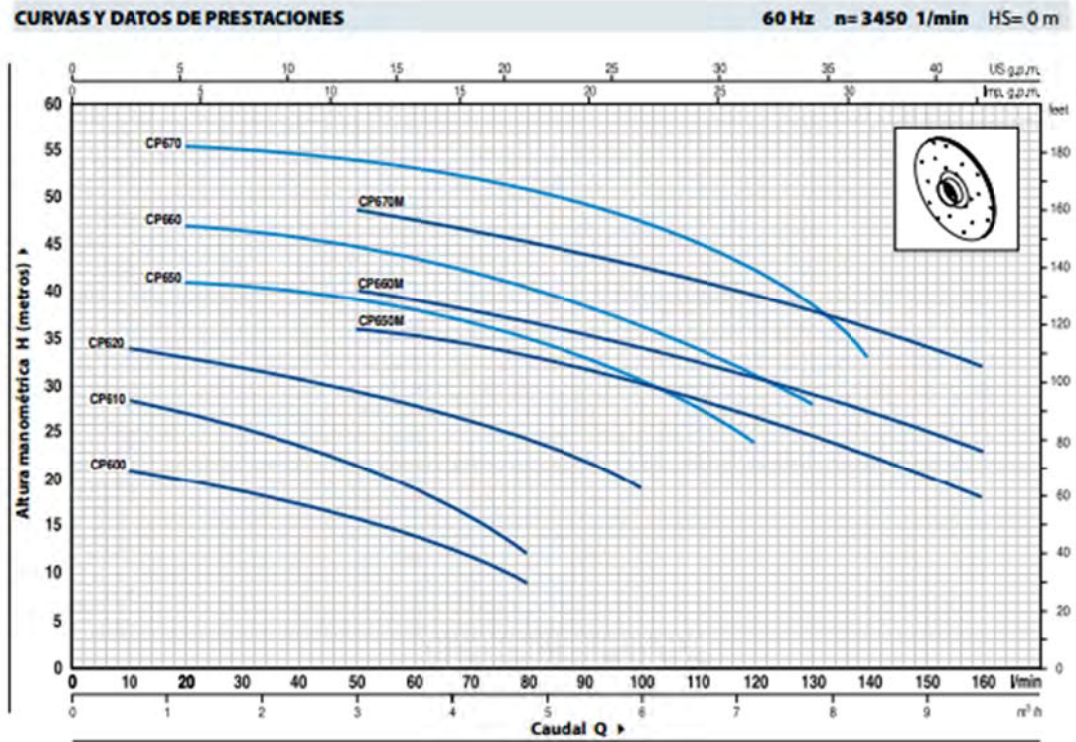
Clase	Presión máxima de prueba (m)	Presión máxima de prueba (psi)	Presión máxima de Trabajo (m)	Presión máxima de Trabajo (psi)
5	50	71	35	50
7.5	75	107	50	71
10	105	150	70	100
15	150	213	100	142

Según lo mostrado en la Tabla 8.23 y según los requerimientos de presión necesarios para la nueva red de tuberías, se puede usar una tubería de clase 7.5. Sin embargo, para esta clase de tubería no existen diámetros tan pequeños; por lo que la clase a usar será de 10.

Tal como se mencionó anteriormente, la bomba de 45 psi es la adecuada para el sistema de tratamiento. Según la recomendación de expertos, la marca de bomba a usar será PEDROLLO, cuyo ábaco utilizado para determinar la potencia de la misma se muestra en la Ilustración 8.25.

Ilustración 8.25. Ábaco bombas PEDROLLO

Fuente: PEDROLLO (2013)



MODELO		POTENCIA		Q																	
Monofásica	Trifásica	kW	HP	m³/h	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6
				l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
CPm 600	CP 600	0.37	0.50		22	21	20	18.5	17	15.5	14	12	9								
CPm 610	CP 610	0.60	0.85		30	28.5	27	25.5	23.5	21.5	19	16	12								
CPm 620	CP 620	0.75	1		35	34	33	31.5	30.5	29.5	28	26.5	24.5	22	19						
CPm 650	CP 650	1.1	1.5		42	41.5	41	40.5	39.5	39	38	36.5	35	33	30	27	24				
CPm 660	CP 660	1.5	2		48	47.5	47	46.5	46	45	43.5	42	40.5	38.5	36	33.5	31	28			
CPm 670	CP 670	2.2	3		57	56.5	55.5	55	54	53.5	53	52	50.5	49.5	47	45	42.5	38	33		
CPm 650M	CP 650M	1.1	1.5	H metros	39	38.5	38	37	36.5	36	35	34	33	32	30	28.5	26.5	24.5	22.5	20	18
CPm 660M	CP 660M	1.5	2		43	42.5	42	41	40.5	40	39	37.5	36.5	35	34	32.5	31	29	27	25	23
CPm 670M	CP 670M	2.2	3		51	50.5	50.5	50	49.5	48.5	47.5	46.5	45	44	42.5	41	39.5	37.5	36	34	32

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 App. A.

Tal como se puede apreciar en la Ilustración 8.25, la bomba necesaria para el sistema hidroneumático para alimentar la red de tuberías debe ser de una potencia de 1 Hp.

8.5. Mano de obra del proceso

Se capacitará a un trabajador de área de mantenimiento de la Universidad de Piura que cumpla con los requerimientos mostrados en la Tabla 8.24.

Tabla 8.24. Perfil del puesto de personal de mantenimiento de bebederos

Fuente: Elaboración propia.

Nombre del puesto: Personal de mantenimiento de bebederos		
Perfil del puesto	Nivel educativo: Técnico	Grado académico: Secundaria completa
	Profesión / educación: Ninguna	
	Especialización: Ninguna	Conocimientos de informática: Ninguna
	Conocimientos de idiomas: Ninguna	Conocimientos especiales: <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de herramientas • Lectura de medidores • Manejo básico de almacenes
	Experiencia laboral en el sector: De preferencia 1 año de experiencia	Experiencia laboral en otros sectores: Servicio de limpieza y mantenimiento
	Actitudes: <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de información reservada • Compromiso • Lealtad y confiabilidad • Puntualidad 	Habilidades: <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de organización • Habilidad y tacto para relacionarse con personal en todos los niveles
Principales funciones	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza y mantenimiento de bebederos • Cambio de filtros 	

8.6. Equipos comerciales

8.6.1. Cotizaciones de proveedores

Una vez definido el sistema de bebederos, el cual será abastecido por una planta de tratamiento centralizada, se procedió a pedir cotizaciones a proveedores para los equipos necesarios para la planta en sí, y cotizaciones para los bebederos. El detalle de las cotizaciones para los equipos de la planta de tratamiento se puede observar en el ANEXO W, y para el caso de las cotizaciones de los bebederos se puede observar el ANEXO X.

8.6.2. Evaluación y selección de proveedores

Para la selección del proveedor de los equipos de la planta de tratamiento y para la selección del proveedor de bebederos, se han considerado 5 criterios: proveedor, precio, necesidad, calidad y localización. A cada uno de estos se les debe asignar una ponderación según su importancia relativa para el proyecto.

Se evalúa cada proveedor según cada criterio y se le asigna una calificación. El rango de valoración para la calificación de cada proveedor según cada criterio es de 1 a 5, donde 1 representa el menor puntaje y 5 el mayor. Por último, se multiplica dicha calificación con la ponderación establecida al criterio correspondiente. Aquel proveedor que obtenga el mayor puntaje, será el seleccionado.

.1 Criterios de selección

a. Proveedor

El criterio *Proveedor* hace referencia a qué tan confiable es el proveedor respecto a brindar un servicio de calidad considerando el tiempo que demoró en responder a nuestros requerimientos, si cumplió con la fecha establecida de entrega de la cotización, el nivel de detalle de la misma, el interés que mostró ante el proyecto y la dominación que tenía del tema. Esto último se conoce por las diversas conversaciones telefónicas o reuniones que se han tenido con cada uno de ellos. Asimismo, se considera las certificaciones que tiene, la cantidad de años en el mercado y las empresas a las que les ha realizado algún servicio en el pasado.

b. Precio

El criterio Precio hace referencia a qué tan caro es el producto que se nos ofrece, en comparación con el precio que brindan otros proveedores.

c. Necesidad

El criterio Necesidad indica si los equipos ofrecidos son necesarios o no en la planta de tratamiento considerando las especificaciones técnicas o requerimientos del proyecto.

d. Calidad

El criterio Calidad evalúa la marca de cada equipo que el proveedor ofrece. Para ello se debe averiguar qué tan confiable es, según juicio de expertos y otras fuentes como internet.

e. Localización

El criterio Localización hace referencia a la ubicación del proveedor, es decir, el lugar donde realiza sus operaciones. Es importante considerarlo debido a que mientras más cerca se encuentre éste, con mayor facilidad se podrán obtener los servicios post-venta, como el mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

La ponderación asignada a cada criterio se muestra en la Tabla 8.25.

Tabla 8.25. Matriz de enfrentamiento para la evaluación de proveedores

Fuente: Elaboración propia

Criterios de evaluación							
	Proveedor	Precio	Necesidad	Calidad	Localización	Total	Ponderación
Proveedor	-	0	0	0	1	1	9.09%
Precio	1	-	0	0	1	2	18.18%
Necesidad	1	1	-	1	1	4	36.36%
Calidad	1	1	0	-	1	3	27.27%
Localización	1	0	0	0	-	1	9.09%
Total						11	100%

.2 Resumen de la evaluación y selección del proveedor

a. Planta de Tratamiento

A continuación en la Tabla 8.26 se muestra el resumen de la evaluación de los proveedores de la planta de tratamiento para bebederos.

b. Bebederos

A continuación en la Tabla 8.27 se muestra el resumen de la evaluación de los proveedores de bebederos.

Tabla 8.27. Resumen de la evaluación de proveedores de bebederos

Fuente: Elaboración propia

Información proveedores de bebederos											
Proveedor	BONAVISTA				BONAVISTA		WATER COOLER		WATER COOLER		
Marca	IBBL				ELKAY		ELKAY		WATER COOLER		
Modelo	BAG80				EZS8		EZS8		YLR-600B		
Procedencia y tecnología	Brasil				Estados Unidos		Estados Unidos		China		
Precio de venta (sin IGV)	\$ 810.00 (con UV) \$ 701.00 (sin UV)				\$ 1,110.00		\$ 1,050.00		\$ 900.00		
Criterios de evaluación	Rango	%	P	Ponderado	P	Ponderado	P	Ponderado	P	Ponderado	
Proveedor	1 / 5	9	4	0.36	4	0.36	4	0.36	4	0.36	
Precio	1 / 5	18	5	0.91	2	0.36	3	0.55	4	0.73	
Necesidad	1 / 5	36	5	1.82	4	1.45	4	1.45	5	1.82	
Calidad	1 / 5	27	4	1.09	5	1.36	5	1.36	5	1.36	
Localización	1 / 5	9	3	0.27	3	0.27	4	0.36	4	0.36	
Total		100		4.45		3.82		4.09		4.64	

P= puntaje

c. Planta de tratamiento y bebederos en conjunto

Para poder elegir la mejor alternativa se debe evaluar todo el sistema en conjunto. Es decir, considerando la planta de tratamiento especialmente diseñada para un sistema de distribución por medio de bebederos, y los bebederos correspondientes para cada uno de ellos. Dicha evaluación se muestra en la Tabla 8.28.

Tabla 8.28. Resumen de la evaluación del sistema de tratamiento de agua

Fuente: Elaboración propia

Alternativas	Equipos	Marca	Puntaje	Total
Alternativa 1	Planta de tratamiento	AQUAFIL	3.91	8.36
	Bebedero	BAG80 (con UV)	4.45	
Alternativa 2	Planta de tratamiento	AQUATROL	4.36	8.81
	Bebedero	BAG80 (con UV)	4.45	
Alternativa 3	Planta de tratamiento	WATER COOLER	3.55	8.19
	Bebedero	YLR-600B	4.64	
Alternativa 4	Planta de tratamiento	ING DEL AGUA	4.09	8.73
	Bebedero	YLT-600B	4.64	
Alternativa 5	Planta de tratamiento	ING DEL AGUA	4.09	8.54
	Bebedero	BAG80 (con UV)	4.45	

Tal como se puede apreciar en la Tabla 8.28 la mejor alternativa es la planta de tratamiento de AQUATROL y el bebedero ofrecido por BONAVISTA, modelo BAG80.

.3 Detalle de la evaluación de cada proveedor y su respectiva cotización

a. Planta de Tratamiento

- **AQUAFIL SAC**

- ✓ **Proveedor**

Puntaje: 4

Se le asignó un puntaje de 4 puntos porque el proveedor cuenta con 25 años en el rubro del tratamiento de agua, además posee 1 certificado de calidad internacional (Water Quality). Atiende a más de 200 empresas del mercado local, teniendo como clientes a Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción, Tecnología de Alimentos (TASA), Minera Barrick Misquichilca, MINSUR S.A., QUIMPAC S.A., Corporación WONG, entre otros.

Con respecto a los plazos acordados, no cumplió con los mismos. En comparación con los demás proveedores de plantas de tratamiento para el sistema de beberos, demoró igual en presentar las cotizaciones. En cuanto a la presentación de las mismas, no se colocó el precio de cada equipo. La razón de ello es que Aquafil realiza las cotizaciones considerando toda la planta de tratamiento como todo un paquete y no por equipo individual. Por otro lado, colocan los repuestos para el mantenimiento de toda la planta y posibles equipos adicionales para la misma. Por lo que en general, la presentación de la cotización está bien detallada y completa. Por último, las personas que nos atendieron presentaron buen manejo del tema.

- ✓ **Precio**

Puntaje: 4

Se le ha colocado 4 puntos debido a que presenta la cotización que no es ni la de menor costo, ni la de mayor costo.

- ✓ **Necesidad**

Puntaje: 4

El proceso de la planta de tratamiento que presenta, es decir, los equipos que ofrece como parte de la misma, es acorde con los requerimientos del proyecto necesarios para obtener la calidad de agua que se desea.

Con respecto a la capacidad de la planta, lo que se necesita es de 1.19 GPM; sin embargo, lo que ofrece es de 2GPM. Esto es debido a que no posee equipos de la capacidad requerida. Es por esta razón que se le ha asignado un puntaje de 4 puntos.

✓ Calidad

Puntaje: 4

El puntaje que se le asignó fue 4 porque tal como se puede apreciar en la Tabla 8.29, la calidad de los productos es muy buena y muy confiable. Esto se puede apreciar por las diversas certificaciones que aseguran y garantizan aquello.

Tabla 8.29. Calidad AQUAFIL SAC

Fuente: Elaboración propia

Aquafil SAC	Filtro Multimedia	AQUAFIL	Reconocida marca peruana especialista en Sistemas de Tratamiento de agua, efluentes domésticos y efluentes industriales para diversos sectores. Cuenta con más de 20 años de servicio y experiencia. Utiliza tecnología de Estados Unidos, además de subcomponentes de marca PENTAIR y STRUCTURAL. Posee certificación Water Quality. (Aquafil, 2013)
	Filtro Carbón Activado		
	Filtro de sedimentos 5u	PENTEK - USA	Marca muy conocida de USA, especialista en filtración de agua. Fue adquirida por PENTAIR CORPORATION en el año 2002. Tiene más de 35 años en el mercado del tratamiento de agua. Muchos de sus productos tienen certificación NSF/ANSI. (Environmental Expert, 2013)
	Acondicionador de dureza	AQUAFIL	Reconocida marca peruana especialista en Sistemas de Tratamiento de agua, efluentes domésticos y efluentes industriales para diversos sectores. Cuenta con más de 20 años de servicio y experiencia. Utiliza tecnología de Estados Unidos, además de subcomponentes de marca PENTAIR y STRUCTURAL. Posee certificación Water Quality. (Aquafil, 2013)
	Ósmosis Inversa		
	Dosificador de cloro	BLUE WHITE	Empresa de Estados Unidos que labora en el mercado desde 1957. Especialista en bombas de medición, medidores de flujo y accesorios para el tratamiento del agua. Todo es completamente automatizado. (Blue-White, 2012) Esta empresa posee certificación NSF. (NSF, 2013)

✓ Localización

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Incluso no tiene sucursal en la ciudad de Piura y al estar la planta de tratamiento ubicada en esta ciudad, queda distante de la ubicación del proveedor, ya sea para el mantenimiento preventivo como para el correctivo. Asimismo, el flete en que se incurriría aumentaría los costos de mantenimiento.

• AQUATROL PERÚ SAC

✓ Proveedor

Puntaje: 4

El proveedor cuenta con 13 años en el rubro del tratamiento de agua en el Perú. Posee el certificado de Water Quality. Asimismo, tiene como clientes a la Compañía Minera Milpo, Laive S.A., QUIMIPAC PERU S.A., U.C.P. Backus y Johnson S.A.A., PeruRail, entre otros.

Demoró en entregar la cotización según el plazo de entrega acordado. Sin embargo, la presentó de manera detallada, describiendo el proceso recomendado, los equipos necesarios para éste y los precios de cada uno de ellos. A pesar que en la cotización no presenta los costos de los repuestos de los equipos, vía telefónica se obtuvieron estos datos. Por otro lado, la persona que nos atendió puso mucho interés en el proyecto, reflejando un buen dominio del tema.

✓ Precio

Puntaje: 4

En primera instancia esta cotización no es ni la de mayor ni la de menor costo. Sin embargo, ésta incluye una serie de servicios y equipos que los otros proveedores no ofrecen e igual se deberán cotizar de manera independiente, ya que son necesarios para la planta. Por ejemplo, los dos sistemas hidroneumáticos, el servicio de transporte de los equipos, la capacitación del personal de la universidad para el manejo del sistema, la instalación y puesta en marcha de la planta, e incluso los pasajes de las personas de la misma empresa encargadas de realizar todos estos servicios. Por lo tanto, justifica su costo.

✓ Necesidad

Puntaje: 5

Los equipos que ofrece como parte de la planta de tratamiento no son del todo acordes con los requerimientos del proyecto necesarios para obtener la calidad de agua que se desea. Esto es debido al equipo esterilizador UV y al filtro pulidor de 1u.

En cuanto al equipo esterilizador UV y el filtro pulidor de 1u, lo colocan en paralelo al equipo de la ósmosis. Esto lo justifican indicando que el agua después de la ósmosis siempre queda por debajo de los parámetros necesarios de minerales para el consumo humano. Es por ello que esta agua la mezclan con el producto obtenido del agua que sale del ablandador pasando por el filtro pulidor y la lámpara UV, la cual es una cantidad mínima, pero posee los minerales necesarios; con lo que se consigue regular la cantidad de minerales necesarios en el agua para su consumo. Por esta razón, no es del todo innecesario.

Con respecto a la capacidad de la planta, lo que se necesita es de 1.19 GPM. AQUATROL ofrece una planta de 1.25 GPM, por lo que cumple con la capacidad requerida.

✓ Calidad

Puntaje: 4

El puntaje que se le asignó fue 4 porque tal como se puede observar en la Tabla 8.30 muchas de las marcas de los productos brindados cuentan con certificaciones de calidad. Por lo tanto, garantizan la calidad deseada.

Tabla 8.30. Calidad AQUATROLPERU SAC

Fuente: Elaboración propia

AquatrolPeru SAC	Clorificación	PULSAFEEDER	Empresa que está en el mercado desde 1936. Es reconocido como líder en el manejo de fluidos. Es oriunda de Estados Unidos. Posee la certificación ISO 14001, ISO 9001. (Pulsafeeder, 2013), (Pulsafeeder, 2013)
	Filtro Multimedia	AQUATROL	Empresa peruana que está en el mercado desde 1990. Posee el certificado de Water Quality. Utiliza componentes de marcas conocidas, principalmente de la marca PENTAIR de Estados Unidos. (Aquatrol, 2013)
	Filtro Carbón Activado	AQUATROL	Empresa peruana que está en el mercado desde 1990. Posee el certificado de Water Quality. Utiliza componentes de marcas conocidas, principalmente de la marca PENTAIR de Estados Unidos. (Aquatrol, 2013)
	Ablandador	AQUATROL	Empresa peruana que está en el mercado desde 1990. Posee el certificado de Water Quality. Utiliza componentes de marcas conocidas, principalmente de las marcas PENTAIR e IONA (especialistas en resinas) de Estados Unidos. (Aquatrol, 2013)
	Ósmosis Inversa	AQUATROL	Empresa peruana que está en el mercado desde 1990. Posee el certificado de Water Quality. Utiliza componentes de marcas conocidas, principalmente de las marcas PENTAIR, FLOWMATIC (especialista en membranas) y PROCOM (para las electrobombas), las tres de Estados Unidos. (Aquatrol, 2013)
	Filtro Pulidor	FLOW MAX	Empresa de Estados Unidos, especialistas en filtros de agua. (Flow-Max Filters, 2010)
	Equipo Esterilizador UV	VIQUA	Marca muy reconocida a nivel mundial, con más de 40 años de experiencia, presente en más de 100 países (con 500 000 instalaciones en todo el mundo. Es especialista en tecnología de lámpara UV. Posee la certificación ISO 9001 desde el año 2008 y NSF. (Viqua, 2013), (NSF International, 2013)

✓ Localización

Puntaje: 4

Se le asignó 4 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Sin embargo, como parte del servicio post-venta ofrecen el ir hasta la ciudad de Piura por ser allí donde se ubica la planta, principalmente para realizar el mantenimiento preventivo.

• WATER SYSTEM SAC

✓ Proveedor

Puntaje: 4

El proveedor cuenta con más de 30 años en el rubro del tratamiento de agua, además posee varios certificados de calidad internacional como el NSF, Water Quality, KFDA

(Korea Food & Drug Administration), CE (para comercializar en la Unión Europea), UL (Underwriters Laboratories), ISO 9001, ISO 14000. Asimismo, los clientes que tiene son el Banco Continental, el Banco de Crédito, la Clínica Ricardo Palma, Minera Yanacocha, Minera Milpo, el Banco Interbank, Colegio Markham, entre otros.

Con respecto a los plazos acordados, no cumplió con los mismos. Sin embargo, fue el que menos tiempo demoró en presentar las cotizaciones. En cuanto a estas últimas, las presentó de manera detallada, indicando el precio de cada equipo y el diagrama de proceso recomendado. Asimismo, envió la ficha técnica de cada equipo ofrecido. Por lo que en general, la presentación de la cotización está bien detallada y completa. A pesar de todo ello, después de presentar las cotizaciones requeridas y pedirle correcciones presentó una serie de molestias sin querer realizarlas. Es por ello que no se le colocó el máximo puntaje, sino 4.

✓ Precio

Puntaje: 2

Se le ha colocado 2 puntos, debido a que presenta la cotización de mayor costo.

✓ Necesidad

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos debido a que el proceso de la planta de tratamiento que presenta, es decir, los equipos que ofrece como parte de la misma, no es acorde con los requerimientos del proyecto necesarios para obtener la calidad de agua que se desea. Esto debido a que no ofrece el filtro de carbón activado como parte de su propuesta e incluso coloca una lámpara UV adicional, innecesaria para nuestro proyecto.

Por otro lado, se necesita una planta de 1.19 GPM, pero ofrece una capacidad de la planta de tratamiento de 1.5 GPM, debido a que no posee equipos con la capacidad requerida.

✓ Calidad

Puntaje: 5

Tal como se puede apreciar en la Tabla 8.31, no se encontró información sobre la marca de uno de los equipos cotizados. Sin embargo, la calidad de los otros productos es muy buena y muy confiable. Esto se puede deducir porque todas las marcas que ofrece poseen diversas certificaciones que aseguran y garantizan aquello; incluso los desarrollados por la misma empresa, ya que ésta posee 7 certificaciones internacionales. Es por esta razón que se le ha calificado con 5 puntos.

Tabla 8.31. Calidad WATER SYSTEM SAC

Fuente: Elaboración propia

Water System SAC	Filtro Multimedia	GE – PENTAIR WATER	PENTAIR WATER es una empresa y marca estadounidense con cerca de 150 años en la industria del agua, presente en más de 80 países. A ella le pertenecen marcas también conocidas como PENTEK, SHURflo, EVERPURE y CodeLine. Es el mayor proveedor de componentes y subsistemas para el manejo, tratamiento y almacenamiento del agua. (Pentair Water, 2008), (Pentair, 2013)
	Ablandador		GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES es también una empresa líder en agua y tratamientos de la misma. Posee la certificación NSF, Water Quality, ISO 9001. (GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES , 2013), (NSF INTERNATIONAL, 2013)
	Lámpara UV	STERILIZER	No se ha encontrado información sobre dicha marca. Según las especificaciones técnicas enviadas por el proveedor, indica que es marca de procedencia coreana.
	Ósmosis Inversa	WATER COOLER	Marca Peruana que utiliza tecnología de Estados Unidos, como membranas de General Electric. Tiene más de 30 años en el mercado. Posee certificaciones UL, CE, ISO 9001, ISO 14000, NSF, KFDA y Water Quality. (Water Cooler, 2013)

✓ Localización

Puntaje: 4

Se le asignó 4 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Sin embargo, como parte del servicio post-venta ofrecen el ir hasta la ciudad de Piura por ser allí donde se ubica la planta, principalmente para realizar el mantenimiento preventivo.

• INGENIERÍA DEL AGUA SAC

✓ Proveedor

Puntaje: 3

El proveedor cuenta con una amplia experiencia en el tratamiento de agua, pero aún no obtiene ninguna certificación internacional, a excepción de ser representante oficial en Perú de General Electric.

La empresa Ingeniería del Agua, no cumplió con el plazo de entrega acordado de la cotización. Sin embargo, la presentaron de manera detallada, indicando los precios de cada equipo, las especificaciones técnicas de cada uno de ellos, y los repuestos necesarios para el mantenimiento de los mismos. Por otro lado, las personas que nos atendieron reflejan ser especialistas en el tema por el buen dominio que tienen sobre el mismo.

✓ Precio

Puntaje: 5

Se le ha colocado 5 puntos, debido a que presenta la cotización de menor costo.

✓ Necesidad

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos debido a que el proceso de la planta de tratamiento que presenta, es decir, los equipos que ofrece como parte de la misma, no es acorde con los requerimientos del proyecto necesarios para obtener la calidad de agua que se desea. Esto debido a que no ofrece la dosificación con cloro al final del proceso para asegurar que el agua que se distribuye por las tuberías no se contamine. Asimismo, el equipo ultravioleta lo ubica antes del tanque de almacenamiento de agua tratada, por lo que no se ajusta al proceso diseñado en el proyecto y por ende no se podría asegurar la calidad del agua de consumo.

Por otro lado, se necesita una planta de 1.19 GPM, pero ofrece una capacidad de la planta de tratamiento de 2 GPM, debido a que no posee equipos con la capacidad requerida.

✓ Calidad

Puntaje: 5

En la Tabla 8.32 se muestran las marcas de los equipos que el proveedor INGENIERÍA DEL AGUA cotiza.

Tabla 8.32. Calidad INGENIERÍA DEL AGUA SAC

Fuente: Elaboración propia

Ingeniería del Agua SAC	Bomba dosificadora de cloro	SEKO	Empresa de Estados Unidos que tiene más de 40 años en el mercado de bombas de medición y sistemas de dosificación. Posee una serie de certificaciones que garantizan la calidad de sus productos, como ISO 9001, DNV (Det Norske Veritas), CE, UL. (SEKO, 2013)
	Filtro Multimedia	GE - PENTAIR WATER	PENTAIR WATER es una empresa y marca estadounidense con cerca de 150 años en la industria del agua, presente en más de 80 países. A ella le pertenecen marcas también conocidas como PENTEK, SHURflo, EVERPURE y CodeLine. Es el mayor proveedor de componentes y subsistemas para el manejo, tratamiento y almacenamiento del agua. (Pentair Water, 2008), (Pentair, 2013) GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES es también una empresa líder en agua y tratamientos de la misma. Posee la certificación NSF, Water Quality, ISO 9001. (GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES, 2013), (NSF INTERNATIONAL, 2013) Estas dos empresas se unieron en el año 2008 y ofrecen al mercado mejores productos. (Pentair Water, 2008), (Pentair, 2013)
	Filtro Carbón Activado		
	Filtro Antisarro	ANTISCALE	No se ha encontrado información alguna sobre dicha marca. La única información obtenida es a través de las especificaciones técnicas enviadas por el proveedor, donde indica que es una marca de Estados Unidos.
	Ósmosis Inversa (membranas)	GE – DESAL	GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES es también una empresa líder en agua y tratamientos de la misma. Posee la certificación NSF, Water Quality, ISO 9001. (GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES, 2013), (NSF INTERNATIONAL, 2013)
	Radiación UV	STERILIGHT	Marca desarrollada por la empresa canadiense VIQUA. Esta empresa es muy reconocida a nivel mundial, con más de 40 años de experiencia, presente en más de 100 países (con 500 000 instalaciones en todo el mundo). Es especialista en tecnología de lámpara UV. Posee la certificación ISO 9001 desde el año 2008 y NSF. (Viqua, 2013), (NSF International, 2013)

El puntaje que se le asignó fue 5, a pesar que no se encontró información suficiente de una de las marcas de los equipos que ofrece, porque la mayoría de los equipos provienen de una marca muy reconocida a nivel mundial que es General Electric. Asimismo, tal como se puede apreciar en la Tabla 8.32, la calidad de los productos es buena y muy confiable. Esto se puede garantizar por las diversas certificaciones que poseen cada una de las marcas de dichos productos.

✓ Localización

Puntaje: 5

Se le asignaron 5 puntos porque la empresa está ubicada en la ciudad de Piura y al estar la planta de tratamiento ubicada en esta ciudad, presenta una mayor ventaja por la rapidez con que podría brindar el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo.

b. Bebederos

- BONAVIDA: Modelo BAG80 (bebedero de pedestal)

✓ Proveedor

Puntaje: 4

Se le asignó un puntaje de 4 puntos porque el proveedor tiene más de 20 años en el mercado, además posee 3 certificaciones internacionales: Water Aquality, NSF, ISO 9000 y 2 certificaciones nacionales (DIGESA, CERPER). Las empresas con las que ha trabajado son: Alicorp, Osiptel, Banco Financiero, Aceros Arequipa, Ferreyros, Ambev Perú, Coldex, DHL, Grupo Gloria, Nestlé, entre otros.

Esta empresa cumplió con el plazo establecido de entrega de la cotización. La presentó de manera detallada, indicando el precio de los bebederos, la descripción del sistema de purificación interno, especificaciones técnicas de instalación, entre otros. En cuanto al dominio en el tema, el encargado de atendernos supo responder todas las dudas.

✓ Precio

Puntaje: 5

Obtuvo un puntaje de 5 porque es el bebedero de menor costo.

✓ Necesidad

Puntaje: 5

Este modelo de bebedero obtuvo 5 de puntuación porque cumple con todas las especificaciones técnicas del

proyecto, adecuándose perfectamente a cualquiera de las plantas de tratamiento diseñadas para bebederos.

✓ Calidad

Puntaje: 4

Se le asignó 4 puntos porque tal como se puede apreciar en la Tabla 8.33, presenta una serie de certificaciones que aseguran la calidad del producto. De igual manera, el equipo es amigable con el medio ambiente.

Tabla 8.33. Calidad Bebedero BAG 80

Fuente: BONAVIDA

Bonavista	Bebedero BAG80	IBBL	Industria Brasileña de Bebederos, con 40 años en el mercado. El producto que ofrece, BAG80, presenta las certificaciones para mercado Americano, Mexicano y Comunidad Europea como UL, Inmetro BVQI y CE. Bajo consumo de energía silencioso y económico. Asimismo, utiliza un refrigerante ecológico R134a inofensivo a la capa de Ozono. (IBBL, 2013)
------------------	-------------------	------	---

✓ Localización

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Incluso no tiene sucursal en la ciudad de Piura y al estar los bebederos ubicados en la Universidad de Piura, campus Piura, queda distante de la ubicación del proveedor, ya sea para el mantenimiento preventivo como para el correctivo. Asimismo, el flete en que se incurriría aumentaría los costos de mantenimiento.

- BONAVIDA: Modelo EZS8 (bebedero empotrable)

✓ Proveedor

Puntaje: 3

Se le asignó un puntaje de 4 puntos porque el proveedor tiene más de 20 años en el mercado, además posee 3 certificaciones internacionales: Water Aquality, NSF, ISO 9000 y 2 certificaciones nacionales (DIGESA, CERPER). Las empresas con las que ha trabajado son: Alicorp, Osiptel, Banco Financiero, Aceros Arequipa, Ferreyros, Ambev Perú, Coldex, DHL, Grupo Gloria, Nestlé, entre otros.

Esta empresa cumplió con el plazo establecido de entrega de la cotización. La presentó de manera detallada, indicando el precio de los bebederos, la descripción del sistema de purificación interno, especificaciones técnicas de instalación, entre otros. En cuanto al dominio en el tema, el encargado de atendernos supo responder todas las dudas.

✓ Precio

Puntaje: 2

El puntaje asignado fue 2 porque presenta el mayor costo de los equipos cotizados. El mismo equipo es cotizado con un menor costo por otro proveedor.

✓ Necesidad

Puntaje: 4

Este modelo de bebedero obtuvo 4 de puntuación porque en el diseño del proyecto se ha considerado que los bebederos estén ubicados por el campus. Este bebedero al ser empotrable, necesitaría de la construcción de un muro, lo que lo califica como menos práctico en comparación con el modelo de pedestal.

✓ Calidad

Puntaje: 5

Se le asignó 5 puntos por todas las certificaciones que presenta, las cuales aseguran la calidad del producto. En la Tabla 8.34 se puede apreciar la calidad de este bebedero.

Tabla 8.34. Calidad bebedero EZS8

Fuente: BONAVIDA

Bonavista	Bebedero EZS8	ELKAY	Empresa de Estados Unidos fundada en el año 1920, dedicada a la fabricación de grifos, enfriadores de agua y fuentes. El equipo que ofrece, EZS8, presenta las siguientes certificaciones: NSF-Normas ANSI/NSF61, ISO 9001, Water Quality y ADA (Americans with Disabilities Act). Estos bebederos de agua son clasificados por Underwriters Laboratories Inc. (UL). (ELKAY, 2013)
------------------	------------------	-------	--

✓ Localización

Puntaje: 3

Se le asignó 3 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Incluso no tiene sucursal en la ciudad de Piura y al estar los bebederos ubicados en la Universidad de Piura, campus Piura, queda distante de la ubicación del proveedor, ya sea para el mantenimiento preventivo como para el correctivo. Asimismo, el flete en que se incurriría aumentaría los costos de mantenimiento.

- WATER SYSTEMS SAC: Modelo EZS8 (bebedero empotrable)

✓ Proveedor

Puntaje: 4

El proveedor cuenta con más de 30 años en el rubro del tratamiento de agua, además posee varios certificados de

calidad internacional como el NSF, Water Quality, KFDA (Korea Food & Drug Administration), CE (para comercializar en la Unión Europea), UL (Underwriters Laboratories), ISO 9001, ISO 14000. Asimismo, los clientes que tiene son el Banco Continental, el Banco de Crédito, la Clínica Ricardo Palma, Minera Yanacocha, Minera Milpo, el Banco Interbank, Colegio Markham, entre otros.

Con respecto a los plazos acordados, no cumplió con los mismos. Sin embargo, fue el que más atención e interés puso en el proyecto así como también el que menos tiempo demoró en presentar las cotizaciones. En cuanto a estas últimas, las presentó de manera detallada, indicando el precio de cada equipo y el diagrama de proceso recomendado. Asimismo, envió la ficha técnica de cada equipo ofrecido. Por lo que en general, la presentación de la cotización está bien detallada y completa. A pesar de todo ello, después de presentar las cotizaciones requeridas y pedirle correcciones presentó una serie de molestias sin querer realizarlas. Es por ello que no se le colocó el máximo puntaje, sino 4.

✓ Precio

Puntaje: 3

El puntaje asignado fue 3 porque presenta uno de los mayores costos de los equipos cotizados.

✓ Necesidad

Puntaje: 4

Este modelo de bebedero obtuvo 2 de puntuación porque en el diseño del proyecto, se ha considerado que los bebederos estén ubicados por el campus. Este bebedero al ser empotrable, necesitaría de la construcción de un muro, lo que lo califica como menos práctico en comparación con el modelo de pedestal.

✓ Calidad

Puntaje: 5

Se le asignó 5 puntos por todas las certificaciones que presenta, las cuales aseguran la calidad del producto. Esto se puede apreciar en la Tabla 8.35.

Tabla 8.35. Calidad del bebedero EZS8

Fuente: WATER COOLER

Water Cooler	Bebedero EZS8	ELKAY	Empresa de Estados Unidos fundada en el año 1920, dedicada a la fabricación de grifos, enfriadores de agua y fuentes. El equipo que ofrece, EZS8, presenta las siguientes certificaciones: NSF-Normas ANSI/NSF61, ISO 9001, Water Quality y ADA (Americans with Disabilities Act). Estos bebederos de agua son clasificados por Underwriters Laboratories Inc. (UL). (ELKAY, 2013)
-------------------------	------------------	-------	--

✓ Localización

Puntaje: 4

El proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Sin embargo, como parte del servicio post-venta ofrecen ir hasta la ciudad de Piura por ser allí donde se ubica la planta, principalmente para realizar el mantenimiento preventivo.

- WATER SYSTEMS SAC: Modelo YLR – 600B (bebedero de pedestal)

✓ Proveedor

Puntaje: 4

El proveedor cuenta con más de 30 años en el rubro del tratamiento de agua, además posee varios certificados de calidad internacional como el NSF, Water Quality, KFDA (Korea Food & Drug Administration), CE (para comercializar en la Unión Europea), UL (Underwriters Laboratories), ISO 9001, ISO 14000. Asimismo, los clientes que tiene son el Banco Continental, el Banco de Crédito, la Clínica Ricardo Palma, Minera Yanacocha, Minera Milpo, el Banco Interbank, Colegio Markham, entre otros.

Con respecto a los plazos acordados, no cumplió con los mismos. Sin embargo, puso interés en el proyecto así como también fue el que menos demoró en presentar las cotizaciones, las cuales las presentó de manera detallada, indicando el precio de cada equipo y el diagrama de proceso recomendado. Asimismo, envió la ficha técnica de cada equipo ofrecido. Por lo que en general, la presentación de la cotización está bien detallada y completa. A pesar de todo ello, después de presentar las cotizaciones requeridas y pedirle correcciones presentó una serie de molestias sin querer realizarlas. Es por ello que no se le colocó el máximo puntaje, sino 4.

✓ Precio

Puntaje: 4

Es uno de los equipos con menor costo.

✓ Necesidad

Puntaje: 5

Este modelo cumple con todas las especificaciones técnicas del proyecto, adecuándose perfectamente a cualquiera de las plantas de tratamiento diseñadas para bebederos.

✓ Calidad

Puntaje: 5

Presenta muchas certificaciones que aseguran una buena calidad. Esto se puede apreciar en la Tabla 8.36.

Tabla 8.36. Calidad Bebedero YLR-600B

Fuente: WATER COOLER

Water Cooler	Bebedero YLR-600B	WATER COOLER	El equipo presenta las siguientes certificaciones: NSF, ISO 9001 y Water Quality. (ANEXO X)
-------------------------	-------------------	-----------------	---

✓ Localización

Puntaje: 4

Se le asignó 4 puntos porque el proveedor tiene sus oficinas centrales en la ciudad de Lima. Sin embargo, como parte del servicio post-venta ofrecen el ir hasta la ciudad de Piura por ser allí donde se ubica la planta, principalmente para realizar el mantenimiento preventivo.

8.7. Mantenimiento

El mantenimiento tanto para la planta de tratamiento como para los bebederos se realizará en base a las especificaciones de los proveedores seleccionados en el análisis anterior, los cuales son AQUATROL SAC para la planta de tratamiento y BONAVIDA para los bebederos.

8.7.1. Planta de tratamiento

El proveedor ganador, AQUATROL, ofrece el servicio técnico de instalación, capacitación y puesta en marcha de la planta tratamiento, así como la capacitación al operador para los posteriores mantenimientos.

- Mantenimiento diario

Consiste en un retrolavado de las membranas del equipo de ósmosis inversa, se realiza automáticamente y dura aproximadamente media hora. Es realizado por el operador de planta.

- Mantenimiento integral

Este mantenimiento es realizado por el proveedor con una frecuencia de una vez al año, y tiene un costo de s/. 2,000.00. Consiste en una limpieza química general a todos los equipos de la planta de tratamiento, el costo incluye la mano de obra, los pasajes de Lima – Piura – Lima y los productos químicos a usar.

- Mantenimiento general

Lo realiza el operador de planta previa capacitación del proveedor. Consiste en cambiar los filtros de los equipos y renovar la cantidad de cloro para la dosificación, de manera que se asegure la calidad del agua purificada.

La frecuencia con que se debe realizar el mantenimiento de cada equipo y lo que se debe hacer para cada uno de ellos, se detalla en la Tabla 8.37.

Tabla 8.37. Cronograma de mantenimiento

Fuente: AQUATROL S.A.C

Equipo	Actividad	Frecuencia
Dosificador de cloro	Preparación de Producto Químico	Según consumo
	Cambio de Kit de Repuestos KOP KIT.	18 a 24 meses
Filtro Multimedia	Servicio de Mantenimiento Preventivo (limpieza y desinfección del material filtrante y tanque, calibración y reprogramación de válvula automática, limpieza de toberas tubo central, etc.).	12 meses
	Cambio de material filtrante (1pie ³ cuarzo).	3-4 años
Filtro de Carbón Activado	Servicio de Mantenimiento Preventivo (limpieza y desinfección del material filtrante y tanque, calibración y reprogramación de válvula automática, limpieza de toberas tubo central, etc.).	12 meses
	Cambio de material filtrante (1pie ³ carbón).	3-4 años
Ablandador de Agua	Servicio de Mantenimiento Preventivo (limpieza y desinfección del material filtrante y tanque, calibración y reprogramación de válvula automática, limpieza de toberas tubo central, etc.).	12 meses
	Cambio de material filtrante (1pie ³ resinas catiónicas).	3-4 años
Ósmosis Inversa	Mantenimiento y Limpieza Química de Membranas.	12 meses
	Cambio de elemento Filtrante de 5 micras.	3-4 años
	Cambio de membranas de 4" x 40".	3-4 años
Filtro Pulidor	Cambio de elemento filtrante de 1 micra.	3-4 meses
Equipo Ultravioleta	Cambio de lámpara ultravioleta de 2GPM.	12 meses
Sistema	Cambio de sellos y rodajes de las bombas.	18-24 meses
Hidroneumático	Revisión del sistema y control del aire del tanque.	Continuo

8.7.2. Bebederos

En este caso, el proveedor ganador ofrece el servicio técnico de instalación y puesta en marcha de los bebederos. Por otro lado, el operario deberá guiarse del manual de operaciones que explica la periodicidad del mantenimiento para cada bebedero y el modo de realizarlo, velando por su correcto funcionamiento y el cuidado de su estructura. El mantenimiento consistirá, básicamente, en cambiar los filtros del bebedero. En la Tabla 8.38 se detalla la frecuencia de mantenimiento.

Tabla 8.38. Mantenimiento de bebederos

Fuente: BONAVIDA

Repuesto	Periodicidad del cambio
Filtro interno en cada bebedero - Cartucho	Cada 6 meses
Filtro interno en cada bebedero-Lámpara UV	Cada año

8.8. Información financiera

8.8.1. Inversión

El cálculo de la inversión que requiere esta propuesta incluye la construcción de la planta de tratamiento y el tendido de la nueva red de tuberías que abastecerán a los bebederos. El monto total que requiere invertir la universidad es de 138,315.66 nuevos soles aproximadamente y se puede observar a detalle en la Tabla 8.39.

Tabla 8.39. Inversión de la propuesta de bebederos

Fuente: Elaboración propia

Partida	Monto (\$)	Referencia
Obras civiles	4,592.00	Cotización IPC SA. (\$ 280 / m ²)
Planta de tratamiento de agua	15,467.44	AQUATROL (Cotización N°0271-13RD)
Instalación de la planta	(*)	AQUATROL (Cotización N°0271-13RD)
Bebederos x 15	14,337.00	BONAVISTA
Transporte de equipos	(*)	AQUATROL (Cotización N°0271-13RD)
Transporte de bebederos	103.85	SERVIS PIURA S.A.
Red de distribución	14,389.44	Ver ANEXO Y
Sistema de bombeo de alimentación 1 Hp para la planta de tratamiento	(*)	AQUATROL (Cotización N°0271-13RD)
Sistema hidroneumático 1 Hp para la red de tuberías	(*)	AQUATROL (Cotización N°0271-13RD)
Electrobomba centrífuga PEDROLLO de 0.5Hp	152.27	SODIMAC
Tanque de Agua 2,500 Lt - ROTOPLAS	318.85	SODIMAC
Tanque de Agua 5,000 Lt - ROTOPLAS	1216.54	SODIMAC
Interruptor horario diario (timer)	87.69	SODIMAC
Total (\$)	50,665.08	
Total (S/.)	131,729.20	
Otros (5%)	6,586.46	T. cambio = 2.6
Total inversión (S/.)	138,315.66	

Nota: () Costos ya considerados en el precio de la planta de tratamiento.*

En el monto de la inversión mostrado en la Tabla 8.39 no se está considerando el precio de la instalación de la planta de tratamiento, el sistema de bombeo de alimentación 1 Hp, el sistema hidroneumático 1 Hp para la red de tuberías, ni el costo por el transporte de todos los equipos de la planta de Lima a Piura, debido a que están incluidos en la cotización del proveedor AQUATROL.

El transporte de los bebederos se incluye en el monto de inversión mostrado en la Tabla 8.39, ya que el proveedor de los mismos, BONAVISTA, no lo incluye en su cotización. Para ello, se contactó con la empresa SERVIS PIURA.

Por otro lado, en la red de distribución, además de considerar la nueva red de tuberías necesaria para la distribución del agua hacia los bebederos, se está incluyendo la tubería necesaria para distribuir el agua de la cisterna de bombas auxiliares de la universidad al tanque de recepción de la planta de tratamiento. Para ello se necesitan 20 metros de 0.75". Todo el cálculo de la red de tuberías se puede apreciar en el ANEXO Y.

Para la inversión también se considera una electrobomba centrífuga de 0.5 Hp necesaria para impulsar el agua desde la cisterna de bombas auxiliares de la universidad al tanque de recepción de la planta de tratamiento.

Por último, se incluye un interruptor horario diario (timer), el cual controlará que la planta de tratamiento no trabaje en las horas punta de consumo de energía; tal como se especifica en el ANEXO Z.

8.8.2. Gastos de operación

En la Tabla 8.40 se han determinado las principales partidas de gasto incurridos en la operación de la planta de tratamiento y de los bebederos, como son la energía, el mantenimiento y la mano de obra. No se considera el costo de agua debido a que la universidad no paga por este bien. Anualmente las partidas suman S/. 11,114.61, más un 10% para cubrir imprevistos obtenemos un gasto operativo anual aproximado de S/. 12,226.07.

Tabla 8.40. Gastos operativos y de producción de la propuesta de bebederos

Fuente: Elaboración propia

Partida	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Energía eléctrica	Mes	12	S/. 304.37	S/. 3,652.43
Mano de obra	Mes	12	S/. 440.86	S/. 5,290.31
Mantenimiento de la planta	Año	1	S/. 4,487.58	S/. 2,171.87
Total				S/. 11,114.61
Otros gastos (10%)				S/. 1,111.46
Total gastos operativos				S/. 12,226.07

.1 Energía eléctrica

Para el cálculo del costo por consumo de energía, se consideró el plan tarifario de la Subestación 10 de la Universidad de Piura, debido a que la planta de tratamiento se encontrará dentro del área que le corresponde a dicha subestación.

Desde la 1am se llenará el tanque de almacenamiento de recepción de 5,000 litros aproximadamente en dos horas. Para ello, se hará uso de la bomba centrífuga de 0.5 HP. Posteriormente, la planta de tratamiento iniciará su operación a las 3am hasta las 8am, para luego retomarla a las 10am hasta las 5pm. Por lo tanto, la planta de tratamiento trabajará 12 horas y no durante horas punta. Sin embargo, el sistema hidroneumático necesario para la distribución del agua potable y los bebederos sí lo harán, debido a que el abastecimiento de agua para consumo humano será continuo. Las horas de operación de la planta de tratamiento y de las bombas se detallan en el ANEXO Z.

Para determinar el consumo de energía del sistema de tratamiento, se consultaron las potencias de los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento y bebederos. El proveedor de la planta de tratamiento, AQUATROLPERU SAC, el de bebederos, BONAVISTA, así como los proveedores de las bombas y luminarias, nos proporcionaron los datos de la potencia de cada uno de sus equipos. En la Tabla 8.41 se muestran dichos valores.

Tabla 8.41. Potencia activa de los equipos

Fuente: AQUATROL

Equipos	Voltaje (V)	Potencia de 1 equipo	Cantidad	Potencia Activa (KW)
UV	220	12	1	0.012
Ósmosis (bomba)	220	746	1	0.746
Dosificador	220	52.8	2	0.106
Válvula Automática	220	3	3	0.009
Bombas PEDROLLO 1HP	220	746	2	1.492
Bomba PEDROLLO 0.5 HP	220	373	1	0.373
Bebederos	220	120	15	1.800
Luminaria	220	36	4	0.144
Total potencia (KW)				4.682

De la Tabla 8.41, las tres válvulas automáticas corresponden al filtro multimedia, al filtro de carbón activado y al equipo ablandador de agua. Por otro lado, las dos bombas PEDROLLO de 1Hp, son las bombas de alimentación tanto para la planta de tratamiento como para la red de tuberías, y la bomba de 0.5 HP es para el abastecimiento del agua de la cisterna de bombas auxiliares de la universidad al tanque de recepción de la planta de tratamiento. Con respecto a la luminaria, se ha considerado que son necesarios 4 de éstas para la iluminación de toda la planta cuando sea necesario.

Tal como se mencionó anteriormente, la planta de tratamiento trabajará 12 horas al día fuera de hora punta. Por otro lado, el sistema hidroneumático para la distribución trabajará 3 horas dentro del intervalo de horas punta y 9 horas fuera de éste. Asimismo, se asume que las luminarias estarán encendidas 3 horas al día. Con estos datos y considerando 26 días laborables por mes, dado que los días sábados también se abastecerá de agua para consumo humano, se obtuvo la energía mensual consumida por todo el sistema de tratamiento. Los resultados se muestran en la Tabla 8.42.

Tabla 8.42. Consumo de energía mensual de los equipos

Fuente: Elaboración propia

Equipos	Horas diarias FP	Consumo Energía Mensual FP (KWH)	Horas diarias HP	Consumo Energía Mensual HP (KWH)
Planta de tratamiento con bomba de 1HP	12	505.003	-	-
Bebederos	12	561.6	-	-
Luminaria	3	11.232	-	-
Sistema hidroneumático 1 Hp para la red de tuberías	9	174.564	3	58.188
Electrobomba centrifuga PEDROLLO de 0.5Hp	2	19.396	-	-

Tomando como referencia un recibo por consumo de energía de la Subestación 10 (ver ANEXO T) se obtuvieron los factores de cálculo para el costo total por consumo de energía del sistema de tratamiento y distribución mediante bebederos.

En la Tabla 8.43 se muestra el cálculo del costo total del consumo de energía de la planta.

Tabla 8.43. Costo por consumo de energía
Fuente: Elaboración propia en base a ANEXO T

Partida	Costo (S/.)
Energía activa FPKWH	152.870
Energía activa HPKWH	8.676
Uso Redes de distribución FPKW	40.215
Potencia activa de generación FPKW	56.18
Total (sin IGV)	257.94
Total mensual (con IGV)	304.37
Total anual (con IGV)	3,652.43

.2 Mano de obra

Para el cálculo de la mano de obra, se ha considerado que el personal encargado solo necesitará trabajar 3 horas al día. Por lo que, dicho trabajo lo podría realizar un operario ya contratado en la universidad, previa capacitación por parte del proveedor.

Para el análisis financiero del proyecto, se considera el costo de la mano de obra requerida por la planta, es decir, de tan solo 3 horas. Sin embargo, para la universidad no significaría un gasto, debido a que uno de sus operarios sería el que realizaría dicha operación y por lo tanto ya tiene un sueldo fijo.

El sueldo bruto que dicho operario recibe es de S/. 950.00 (Martínez, 2013). Por lo tanto, para obtener el gasto anual debido a la mano de obra, se consideran los 15 sueldos al año (12 sueldos, 2 gratificaciones y CTS) y el 9% por Contribución del empleador a ESSALUD. De igual manera, las cuatro horas de trabajo que se desempeñarán en la planta de tratamiento corresponden al 34% de las horas regulares de trabajo; por lo que dicho porcentaje también afecta al gasto anual por mano de obra.

.3 Mantenimiento

El desembolso del dinero para cubrir los costos de mantenimiento dependerá de la frecuencia con que se realice. Sin embargo, para efectos de este análisis se ha considerado un costo anual, cuyo cálculo se ha realizado en función de la frecuencia y los costos de mantenimiento de cada equipo; obteniéndose así un costo promedio de 4,448.00 nuevos soles para el mantenimiento anual de la planta de tratamiento y de los filtros de los bebederos. En la Tabla 8.44 se puede observar el detalle de dicho costo.

Tabla 8.44. Costos de mantenimiento de la propuesta de bebederos

Fuente: AQUATROL S.A.C y BONAVIDA

Partida	Periodicidad del cambio	Monto unitario (\$)	Monto Anual (\$)
Limpieza química general	Anual	769.23	769.23
Membranas	Cada 3 años	199.69	66.56
2 Kit para dosificador	Cada 2 años	200.60	200.60
Grava (material filtrante para el filtro multimedia)	Cada 3 años	70.80	23.60
Carbón (material para el filtro carbón activado)	Cada 3 años	153.40	51.13
Resina (material para el ablandador)	Cada 3 años	153.40	51.13
Lámpara UV	Anual	92.04	92.04
Sal Industrial granulada	Mensual	9.08	108.92
Filtro de sedimentos	Cada 3 meses	25.96	103.84
Filtro pulidor	Cada 3 meses	27.14	108.56
Cloro al 7.5%	Mensual	1.86	22.29
Filtro interno en cada bebedero - Cartucho	Cada 6 meses	38.08	76.15
Filtro interno en cada bebedero-Lámpara UV	Cada año	51.92	51.92
Total (\$)			1,725.99
Total (S/.)			4,487.58

8.8.3. Flujo de caja del proyecto

Si se realiza un buen mantenimiento preventivo y correctivo a todos los equipos de la planta de tratamiento, como cambios de repuestos y limpieza química en su debido momento, la vida útil se podría considerar perpetua. Incluso, tal como mencionaron muchos de los proveedores, no tendrían por qué ser renovados, salvo se quiera mejorar con una nueva tecnología o por una nueva capacidad. Lo mismo sucede con los bebederos; sin embargo, estos al estar expuestos a los alumnos y posibles animales, podrían ser dañados. Es por esta razón que consideramos un periodo de 10 años como posible vida útil de estos equipos. Por lo tanto, el flujo de caja se analiza en dicho periodo.

En la Tabla 8.45 se puede observar el flujo de caja del sistema de bebederos para un periodo de 10 años.

Tabla 8.45. Flujo de caja de la propuesta de bebederos

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja (10 años)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (S/.)	138,316										
Gastos Operativos (S/.)		12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226
Gastos	138,316	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226
VAN	S/. 213,440										
Tasa descuento	10%										

Tal como se puede apreciar en la Tabla 8.45, se obtiene un VAN de S/. 213,440. La tasa de descuento que se ha utilizado es de 10%, la cual consideramos que es el rendimiento esperado en operaciones de riesgo bajo de la universidad.

Para estimar el ahorro que se obtendría actualmente con esta propuesta se analiza el flujo de caja del gasto por el que la universidad incurre por el servicio de distribución de agua para consumo humano. Para ello, se necesita calcular el gasto por la compra de bidones y por la mano de obra.

Actualmente, el gasto anual por la compra de los bidones es de aproximadamente S/. 21,954.00 (Ver ANEXO B). Con respecto a la mano de obra, se considera que ésta ocupa la mitad de tiempo de trabajo del personal encargado de la distribución de almacén. El gasto anual de mano de obra abarca lo anterior más los 15 sueldos al año que debe recibir todo trabajador y el 9% por contribución del empleador a ESSALUD. Resultando así un total de S/.7,766.25.

Por lo tanto, el gasto anual por el servicio actual es de S/. 29,720.25. En la Tabla 8.46 se puede observar el flujo de caja considerando dicho gasto.

Tabla 8.46. Flujo de caja del servicio actual

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja (10 años)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (S/.)	0										
Gastos Operativos (S/.)		29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720
Gastos	0	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720	29,720
VAN	S/. 182,618										
Tasa de descuento	10%										

Tal como se puede apreciar en la Tabla 8.46, se obtiene un VAN de S/.182,618.00.

Para calcular el ahorro que se tendría actualmente, se considera el VAN de la propuesta de bebederos y el VAN del servicio actual, dado que dichos valores reflejan el valor actual del gasto de dichos servicios durante los próximos 10 años. Por lo tanto, un mayor VAN significa un mayor gasto, es así que con esta propuesta no se generaría un ahorro respecto al servicio actual, ya que se incurriría en S/. 27,220.00 más. Sin embargo, esta diferencia no es significativa considerando que el sistema actual sólo abarca al 7% de la demanda potencial (personal docente, administrativo, obrero y alumnos) de agua para consumo humano en la universidad, mientras que la propuesta de bebederos abarca el 100%.

Por otro lado, la propuesta de bidones se comparó con el servicio actual mejorado² para hallar el ahorro que se generaría. Por lo tanto, para poder comparar ambas propuestas con respecto a cuál genera mayor ahorro, la propuesta de bebederos se debe comparar con lo mismo. Por esta razón es que se realiza el flujo de caja del servicio actual mejorado, mostrada en la Tabla 8.47.

Tabla 8.47. Flujo de caja del servicio mejorado

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja (10 años)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (S/.)	0										
Gastos Operativos (S/.)		79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097
Gastos	0	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097
VAN	S/. 486,017										
Tasa de descuento	10%										

² Hace referencia a la compra de mayor cantidad de bidones de agua para abastecer a todo el personal de la universidad y a los alumnos de post-grado.

Tal como se puede apreciar en la Tabla 8.47, el VAN del servicio actual mejorado es de S/. 486,017.00. Por lo tanto, si dicho VAN se compara con el VAN de la propuesta de bebederos, se obtiene que el ahorro que se generaría es de S/.272,577.00.

Con respecto al tiempo de recuperación de la inversión, éste se ha calculado en base a la inversión de la propuesta y al ahorro anual en gastos operativos, considerando los gastos del servicio actual mejorado. Tal como se mencionó anteriormente, se calcula en base a este servicio para que se pueda comparar con lo obtenido con la propuesta de bidones. En la Tabla 8.48 se aprecia el flujo para hallar dicho tiempo de recuperación.

Tabla 8.48. Tiempo de recuperación de la inversión de la propuesta de bebederos
Fuente: Elaboración propia

Flujo de ahorro											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gastos operativos servicio actual (S/.)	0	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097	79,097
Inversión de propuesta (S/.)	138,316										
Gastos operativos de propuesta (S/.)		12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226	12,226
Ahorro (S/.)	-138,316	66,871	66,871	66,871	66,871	66,871	66,871	66,871	66,871	66,871	66,871
Recuperación (S/.)	-138,316	-71,445	-4,574	62,297	129,168	196,039	262,910	329,781	396,652	463,523	530,394
TIR	47%										

Tal como se observa en la Tabla 8.48, la inversión se recupera al tercer año con una tasa interna de retorno (TIR) del 47%, lo que significa que el proyecto genera una alta rentabilidad.

Capítulo 9.

Comparación de las propuestas

Las alternativas a analizar no implican un negocio, sino la mejora de un servicio brindado al personal de la universidad o mejor aún extender este servicio a toda la población universitaria; por lo tanto, no se debe evaluar exclusivamente el proyecto de manera financiera, sino que además se deben considerar los beneficios intangibles que se obtendrán con la implementación de la planta de tratamiento sea para bidones como para bebederos. Es por ello que la selección de la alternativa más conveniente a implementar se realizará mediante una evaluación comparativa basada en criterios cuantitativos, como el ahorro que se genere a la universidad en la prestación de este servicio, y criterios cualitativos obtenidos del estudio de mercado realizado a los actuales usuarios de este servicio.

9.1. Evaluación cuantitativa

Para poder analizar qué propuesta es la que más conviene desde el punto de vista económico, se realizará una comparación entre el servicio actual, la planta de tratamiento con distribución por medio de bidones, la planta de tratamiento con distribución mediante bebederos y el servicio actual mejorado. Éste último consiste en comprar una mayor cantidad de bidones de agua de mesa de tal manera que se abastezca a todo el personal de la universidad. La comparación se realizará considerando la cobertura de la demanda que cada servicio o propuesta abarca y el gasto en 10 años que implicaría cada uno de ellos.

Para la demanda total real de consumo de agua potable en la Universidad de Piura, se está considerando el personal administrativo, docente y obrero, y los alumnos. En la Tabla 9.1 se especifica el detalle de dicha demanda total y el valor de la misma, así como también la cobertura de cada parte de la demanda.

Tabla 9.1. Demanda real del consumo de agua potable UDEP

Fuente: Elaboración propia

Demanda real	Cantidad	Demanda (L/día)	Cobertura (%)
Personal y alumnos de post-grado	606	666.6	21%
Alumnos	4,098	2570.1	79%
Total	4,704	3,237	100%

Considerando solo el servicio actual y el servicio actual mejorado, se tiene que el servicio actual sólo abarca el 35% de la demanda de los profesores y la de los alumnos de post-grado. Ésta última demanda, tal como se puede apreciar en la Tabla 9.2 es de 21%. Por lo que, si se considera la demanda total, el servicio actual abarca tan solo el 7% de la misma.

En la Tabla 9.2 se muestra un resumen de las principales características de cada servicio necesarias para el análisis económico.

Tabla 9.2. Comparación de servicios

Fuente: Elaboración propia

Opción	Cobertura de demanda	Gasto 10 años (VAN)	Comparación vs mejor opción	Gasto por mes por persona atendida
Servicio actual	7%	S/. 182,618	S/. 0	S/. 4.25
Servicio actual mejorado	21%	S/. 486,017	S/. -303,399	S/. 3.96
PT Bidones	21%	S/. 364,627	S/. 121,389	S/. 2.97
PT Bebederos	100%	S/. 213,440	S/. 151,188	S/. 0.36

Tal como se puede apreciar en la Tabla 9.2, si la universidad quisiera mejorar su servicio actual para abastecer a todo su personal, siguiendo con el mismo proceso de comprar bidones a proveedores exteriores, el gasto en que incurriría en 10 años es por lógica mayor al gasto en que se incurriría sin cambio alguno, ya que se necesitarían comprar más del doble de bidones de agua de mesa.

Considerando la propuesta de implementar una planta de tratamiento con distribución por medio de bidones, el gasto seguiría siendo mayor con respecto al servicio actual. Esto por la misma razón que el caso anterior, la demanda que se abastecería con la planta de tratamiento es mayor, abarcando toda la demanda de consumo de agua del personal de la universidad y de los alumnos de post-grado; mientras que el servicio actual tan solo cubre el 35% de la misma. Sin embargo, si se compara la propuesta de la planta de tratamiento para bidones con el servicio actual mejorado, existe un ahorro de S/.121,389.00. Por lo que, si se quisiese ampliar el servicio de bidones de agua para abarcar a toda la demanda del personal de la universidad y de los alumnos de post-grado, convendría implementar una planta de tratamiento e independizarse de los proveedores de bidones de agua de mesa.

De igual manera, considerando una idea innovadora para la universidad se tiene la implementación del sistema de bebederos. Con esta propuesta ya se abarcaría además del 100% de la demanda del personal y alumnos de post-grado, a los alumnos de pre-grado; de tal manera que se abastecería al 100% del total de la demanda potencial de consumo de agua potable de la universidad. Los gastos en que se incurriría en 10 años comparándola con el servicio actual, resultan ser mayores, pero por una diferencia de S/.30,822.00 más. Lo cual es justificable al saber que el abastecimiento de la demanda con la propuesta de bebederos es aproximadamente 14 veces mayor que la actual.

Por otro lado, comparando las dos propuestas de planta de tratamiento, una para bidones y otra para bebederos, se tiene que la segunda incurriría en un menor gasto. Es decir, entre las dos propuestas, económicamente convendría implementar la propuesta de bebederos, pues resulta ser S/. 151,188.00 más barata considerando el gasto en que se incurriría en los próximos 10 años. Esto a pesar que se está abasteciendo aproximadamente al quintuple de personas con respecto a la propuesta de bidones.

Por último, en la Tabla 9.2 se puede apreciar también el gasto por mes por persona atendida. Este valor se ha obtenido dividiendo el VAN del servicio correspondiente con el respectivo número de personas a las que abastece dicho servicio. Con ello se obtiene el gasto total por persona atendida durante 10 años. Para obtener dicho valor por mes, se divide entre 120. Tal como se puede apreciar, el servicio más caro por persona atendida es aquel que consiste en comprar bidones, sea el servicio actual como el servicio actual mejorado; seguido por el de la planta de tratamiento para bidones. El servicio más barato por persona atendida y por tanto el más rentable, es el de la planta de tratamiento de agua para consumo y distribución por medio de bebederos. Éste último es notablemente más barato que los demás.

Para finalizar la comparación económica entre las dos propuestas se recopilaron datos financieros de los capítulos anteriores. Estos se muestran en la Tabla 9.3.

Tabla 9.3. Comparación de datos financieros de las dos propuestas

Fuente: Elaboración propia

	PT Bidones	PT Bebederos
Inversión	S/. 76,120.96	S/. 138,315.66
Gastos Operativos	S/. 46,953.08	S/. 12,226.07
VAN	S/. 364,627.33	S/. 213,439.57
Tiempo de recuperación	3	3
TIR	41%	47%

*Para el cálculo de estos valores, se ha considerado un periodo de 10 años

Tal como se puede observar en la Tabla 9.3, la inversión de la planta de tratamiento para bebederos es mayor que la planta de tratamiento para bidones. Sin embargo, los gastos operativos son tan pequeños en la propuesta de bebederos que a lo largo del tiempo hace que ésta sea más rentable que la de la planta de tratamiento para bidones, ya que una vez recuperada la inversión, todo el sistema de tratamiento (la planta en sí y los bebederos) no representa un gasto anual significativo para la universidad en comparación con la otra propuesta. Es por ello que la tasa interna de retorno, la cual indica la rentabilidad de un proyecto, es mayor para la alternativa de bebederos.

Por lo tanto, económicamente conviene implementar una planta de tratamiento para agua de consumo humano y distribución por medio de bebederos, ya sea comparándola con el servicio actual, con el servicio actual mejorado o con la otra propuesta, pues a pesar de que abastecería al 100% de la población universitaria, resulta ser la propuesta más barata a largo plazo.

9.2. Evaluación cualitativa

9.2.1. *Higiene*

Respecto a la higiene, ambos sistemas son muy limpios y si son utilizados adecuadamente no deberían presentar problemas; sin embargo, los bebederos son más propensos a ser contaminados por los usuarios que los utilicen de manera incorrecta. Un bebedero puede ser contaminado por el contacto de la boca o las manos del usuario con el caño por donde sale el agua. En el caso de los bidones, debido al diseño de los surtidores, es poco probable que suceda algo similar.

La contaminación por factores externos también debe ser considerada en este punto. En el caso de los bidones, si son lavados de manera inadecuada antes del llenado pueden favorecer la formación de bacterias. En el caso de los bebederos, la posibilidad de que se contamine el agua dentro del sistema es casi nula; sin embargo, la contaminación se podría dar al momento del consumo si es que se ha contaminado el caño del bebedero por causa de los animales en el campus o microorganismos en el ambiente.

9.2.2. *Abastecimiento continuo*

En este criterio se puede observar claramente la ventaja de los bebederos frente a los bidones. Los bebederos por tratarse de autoservicios no presentarán problemas de abastecimiento, excepto cuando la planta de tratamiento de agua, que alimenta el sistema de distribución, sea paralizada por periodos prolongados por fallas o mantenimiento. Sin embargo es importante resaltar que será necesario desplazarse distancias un poco más largas para consumir agua de los bebederos, aunque se podrá disponer de ellos en lugares donde no se podría colocar bidones, como en el trayecto de caminos largos hacia el edificio de derecho o al edificio del CMI.

En el caso de los bidones, se corre el riesgo de no tener el stock suficiente de bidones ya llenos, de tal manera que ocasione demoras en la distribución.

9.2.3. *Infraestructura y estilo de la universidad*

Ambos proyectos presentan propuestas que no afectarán la estética ni la operatividad de la infraestructura del campus de manera negativa.

La ubicación de la planta y de la red de distribución ha sido consultada con el departamento de mantenimiento y el de servicios técnicos para asegurar que no interfieran con las conexiones existentes ni con los planes de crecimiento.

En el caso de los bebederos, se han escogido equipos que se puedan colocar en el campus y que cumplan con el estilo y ornato que caracteriza a la UDEP.

9.2.4. *Independencia del servicio de abastecimiento*

Una de las grandes ventajas de los proyectos planteados es que eliminan la dependencia de la universidad con los proveedores de agua que en algún momento podrían generar molestias o contratiempos.

En el caso de la planta para bidones, sí se puede observar que se generaría una nueva dependencia con los proveedores de materiales (bidones de plástico, tapas y etiquetas) para la obtención del producto. Lo que no sucede con los bebederos. Sin embargo, a pesar que el mantenimiento no influye directamente en la obtención del producto, es importante resaltar que ambas propuestas dependen de los proveedores de los repuestos de los equipos de la planta para su respectivo mantenimiento.

9.2.5. *Beneficio a la comunidad universitaria*

Actualmente se conoce que el agua en bidón que se ofrece en la universidad no cumple con los estándares de calidad de aguas vigentes. En este aspecto, ambos proyectos benefician a sus involucrados debido al servicio de agua de buena calidad que se les proveería. Sin embargo, la diferencia radica en los beneficiados de cada una de las propuestas.

En el caso de la planta de tratamiento y embotellamiento de bidones, los beneficiados son el personal que trabaja en la universidad y alumnos de post-grado, mientras que con los bebederos también se beneficiarían los alumnos de pre-grado tanto en el cuidado de su salud (velando por un consumo adecuado) así como el cuidado de su economía al ofrecerles un servicio gratuito de consumo de agua potable.

Claramente el proyecto de los bebederos beneficia a más gente y este aspecto es de suma importancia porque se estaría brindando un mejor servicio a toda la población universitaria.

9.2.6. *Comodidad*

.1 Forma de beber el agua

Para el caso de los bidones de agua, la forma de beber el agua es por medio de vasos los cuales se colocan en cada dispensador (ya existentes en cada oficina de la universidad) para mayor practicidad del usuario, además esta manera de tomar evita que salpique el agua, generando comodidad y facilidad de uso. En cambio, para el caso del sistema por bebederos, la forma de beber el agua puede ser de dos maneras, tomando directamente del chorro que sale del caño, lo que se podría considerar una manera rápida de beber el agua, o mediante un respectivo recipiente (sea un termo de agua, un vaso, etc.).

.2 Cercanía (Distancias)

Los bidones de agua se encontrarán en cada oficina del personal respectivo, por lo que la distancia que debe recorrer el usuario para poder tomar agua es muy pequeña. Sin embargo, existe la posibilidad que para tomar agua sea necesario entrar a otras oficinas en donde se encuentre el bidón, generando así incomodidad al personal que labora en dicha oficina.

Para el caso de los sistemas por bebederos, estos últimos se van a encontrar en el primer nivel del campus universitario, por lo que si la oficina del usuario se encuentra en el tercer piso, la distancia que deberá recorrer para tomar agua será mucho mayor, también existe la posibilidad que se formen colas en los bebederos para tomar agua, lo que puede traer cierta incomodidad al usuario. Es también importante resaltar que del Estudio de Mercado se pudo determinar que

un notable porcentaje de los encuestados le incomodaría pararse de su oficina para dirigirse hasta donde se encuentre el bebedero. Asimismo, muchos indicaron su preferencia por el bidón de agua justamente por la comodidad de tenerlo más cerca.

9.2.7. *Antiestético (Forma de beber el agua)*

En el Estudio de Mercado se pudo determinar que a un 19% de los encuestados (personal de la universidad) le parece antiestético que el personal de la universidad tome directamente del chorro que sale del caño; mientras que para el caso de los bidones no sucede aquello, ya que el agua se consume por medio de vasos. La misma costumbre hace que esto último se considere estético y mas bien la toma de agua por medio de bebederos se considere antiestético. Por dicha razón esta apreciación puede cambiar con el transcurrir del tiempo.

9.2.8. *Aseguramiento de la calidad del agua*

Ambos sistemas, tanto el de los bidones como el de los bebederos, parten de una planta de tratamiento cuyos procesos son prácticamente los mismos. Dichos procesos aseguran obtener agua de calidad cumpliendo con lo establecido por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Sin embargo, para el caso de los bidones, si los usuarios no consumen el agua dentro de un periodo corto de tiempo existe la posibilidad que proliferen bacterias dentro del bidón causando la contaminación del agua.

9.2.9. *Ergonomía (condiciones de trabajo y salud del personal)*

El sistema de distribución del agua por medio de los bidones fuerza a que el personal encargado tenga que cargar cada bidón, que representan 20 litros de peso, por las escaleras de cada edificio para llegar a la oficina que requiere dicho producto. Según la norma OHSAS 18001, con respecto a la manipulación de carga, lo máximo que un trabajador puede cargar es 25 litros.

Asimismo, la distribución de bidones en la universidad no es un tema nuevo, y actualmente se están percibiendo las consecuencias tan serias que acarrea la carga de los bidones en el personal encargado, trayendo consigo enfermedades como fatiga y lumbalgias.

En caso de los bebederos, la distribución del agua se hace por medio de una red de tuberías, por lo que la carga de un objeto pesado se elimina del proceso, y como consecuencia se garantiza la buena salud en el personal.

9.2.10. *Cuidado del medio ambiente*

.1 Desperdicio del agua

En el caso de los bebederos, existen dos tipos de caños, uno para tomar directamente del mismo y otro para llenar ya sean botellas, vasos u otro tipo de recipiente. El problema se encuentra en aquel desde donde se tomará directamente del chorro de agua que sale de éste, ya que producirá un gran desperdicio de agua principalmente cuando recién se aprieta el caño, o en caso el usuario no sepa beber del mismo, generando así desorden en el entorno. Es por

ello que se deberá realizar campañas en la universidad para enseñar a los usuarios a tomar de los bebederos cuidando el agua, también existe la posibilidad de suprimir el caño por el que se tomaría directamente y dejar activo sólo el que requiere de un recipiente para beber agua.

Este problema no ocurre con los bidones, debido a que para tomar de ellos, se utilizan vasos que se coloca directamente donde sale el agua del dispensador, lo que genera un menor e incluso despreciable desperdicio de agua.

.2 Contaminación por uso de plástico

Claramente hay contaminación por uso de plástico en el caso de la propuesta de bidones, ya que anualmente se necesitarán alrededor de 816 bidones de plástico. Mientras que para el caso de la propuesta de bebederos esto no ocurre.

9.2.11. Imagen de la universidad

La Universidad de Piura se distingue por su imagen de prestigio y el servicio de calidad que brinda. En relación a ello, una planta de tratamiento de agua para consumo humano reflejaría su preocupación por brindar agua de calidad a la comunidad universitaria y con ello mejoraría su imagen frente al entorno.

Asimismo, la UDEP se encuentra actualmente en un proceso de acreditación, el cual evalúa y valora, entre otros aspectos, los beneficios que la institución brinda a sus estudiantes.

En el caso de los bidones, este servicio de calidad sería apreciado solo por los alumnos de post-grado y el personal docente, administrativo y obrero. En cambio para el caso de los bebederos, sería apreciado por más personas, incluyendo a los alumnos de pre-grado y visitantes, repercutiendo positivamente en el proceso de acreditación antes mencionado. Es por ello que frente a este factor, más conveniente es el sistema de distribución de agua por medio de los bebederos.

9.2.12. Temperatura

La mayoría de los usuarios del actual servicio de agua potable la consumen para prepararse café u otras bebidas calientes, así como también suelen tomar el agua helada. La alternativa de bidones cumple perfectamente con este requerimiento debido al uso de dispensadores. Sin embargo, el modelo de bebedero seleccionado sólo puede proveer agua temperada o a temperatura fría, mas no caliente. Este equipo fue elegido porque era el que más estaba acorde con los procesos de purificación de la planta de tratamiento.

Para poder evaluar cada una de las propuestas con respecto a los factores cualitativos antes mencionados, se hará uso de una tabla de enfrentamiento para determinar la ponderación de cada uno de ellos.

En la Tabla 9.4 se muestran los factores de evaluación y sus respectivas siglas usadas en la matriz de enfrentamiento, la cual se puede apreciar en la Tabla 9.5.

Tabla 9.4. Factores de evaluación

Fuente: Elaboración propia

Factores de evaluación	Siglas
Higiene	H
Abastecimiento continuo	AC
Infraestructura y estilo de la universidad	IE
Independencia del servicio de abastecimiento	IA
Beneficio a la comunidad universitaria	BC
Comodidad	
Forma de beber el agua	CFB
Cercanía (distancias)	CC
Antiestético (forma de beber el agua)	A
Aseguramiento de la calidad del agua	ACA
Ergonomía (condiciones de trabajo y salud)	E
Cuidado del medio ambiente	
Desperdicio del agua	CMAD
Contaminación por uso de plástico	CMAP
Imagen de la universidad	I
Temperatura	T

Tabla 9.5. Matriz de enfrentamiento de los factores cualitativos

Fuente: Elaboración propia

	H	AC	IE	IA	BC	CFB	CC	A	AC	E	CMAD	CMAP	I	T	Total	(%)
H	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	12
AC	0	-	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	8	7
IE	0	0	-	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	6	5
IA	0	1	1	-	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	6	5
BC	0	1	1	1	-	1	1	1	0	1	0	0	1	1	9	8
CFB	0	0	0	0	0	-	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
CC	0	0	1	1	0	1	-	1	0	0	0	0	1	1	6	5
A	0	0	0	0	0	1	0	-	0	0	0	0	0	0	1	1
AC	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	13	12
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	13	12
CMAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	13	12
CMAP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	13	12
I	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	-	1	6	5
T	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	-	2	2
Total															99	100

Una vez obtenidas las ponderaciones de cada uno de los factores cualitativos, se evalúa la propuesta según cada uno de ellos, asignándole una calificación de 1 al 3 donde un mayor valor representa mayor conveniencia de la propuesta según el factor evaluado. Posteriormente, se debe multiplicar la ponderación de cada factor por el puntaje asignado, y para obtener el puntaje total de cada propuesta, se deben sumar dichos productos.

En la Tabla 9.6 se muestra la comparación entre las propuestas considerando los factores cualitativos. El sistema de distribución del agua por medio de los bebederos es el más conveniente.

Tabla 9.6. Comparación entre las propuestas considerando factores cualitativos

Fuente: Elaboración propia

Factores de evaluación	%	PT Bidones	Total Bidones	PT Bebederos	Total Bebederos
Higiene	12	3	0.36	2	0.24
Abastecimiento continuo	7	2	0.14	3	0.21
Infraestructura y estilo de la universidad	5	3	0.15	3	0.15
Independencia del servicio de abastecimiento	5	2	0.1	3	0.15
Beneficio a la comunidad universitaria	8	1	0.08	3	0.24
Comodidad			0		0
Forma de beber el agua	1	3	0.03	2	0.02
Cercanía (distancias)	5	3	0.15	1	0.05
Antiestético (forma de beber el agua)	1	3	0.03	2	0.02
Aseguramiento de la calidad del agua	12	3	0.36	3	0.36
Ergonomía (condiciones de trabajo y salud)	12	1	0.12	3	0.36
Cuidado del medio ambiente			0		0
Desperdicio del agua	12	3	0.36	1	0.12
Contaminación por uso de plástico	12	1	0.12	3	0.36
Imagen de la universidad	5	2	0.1	3	0.15
Temperatura	2	3	0.05	1	0.02
Total	100		2.18		2.48

9.3. Análisis de las propuestas

Como parte de la encuesta diseñada para el personal de la universidad (Capítulo 4.2) se realizó una pregunta a todos aquellos interesados en el proyecto, sobre el porqué estarían dispuestos a cambiar el servicio actual por cualquiera de las propuestas que se indicaba, sea una planta de tratamiento para bidones o un sistema de tratamiento de bebederos. Fueron 148 personas las que respondieron esta pregunta; pero por ser una pregunta abierta, se obtuvieron múltiples respuestas, las cuales se recopilaron en la Tabla 9.7.

Tabla 9.7. Factores de evaluación del servicio de abastecimiento de agua de mesa

Fuente: Elaboración propia (Capítulo 4.2)

	Frecuencia	Porcentaje
Calidad	81	55%
Confianza	44	30%
Costo	36	24%
Abastecimiento continuo	20	14%
Válidos Prestigio	7	5%
Practicidad	6	4%
Novedad	4	3%
Autonomía en proveedores	4	3%
Otros	8	5%
Total	210	142%

Las respuestas mostradas en la Tabla 9.7 son de suma importancia para el estudio, debido a que reflejan en base a qué criterio cada persona evalúa el sistema de abastecimiento de agua de mesa.

Tal como se puede apreciar en la Tabla 9.7, la mayor cantidad de razones son cualitativas y solo el 24% de los encuestados reflejaron que les importa el factor cuantitativo. Por lo tanto, de dicha tabla se puede obtener que de las 210 razones que se indicaron, 174 fueron de carácter cualitativo, mientras que 36 fueron de carácter cuantitativo. La ponderación de factores se muestra en la Tabla 9.8.

Tabla 9.8. Ponderación de factores

Fuente: Elaboración propia

Factores	Frecuencia	Ponderación Porcentual
Cualitativos	174	0.83
Cuantitativos	36	0.17
Total	210	1

Para la evaluación cualitativa mostrada en la Tabla 9.9 se ha considerado la ponderación porcentual obtenida en la Tabla 9.8.

Tabla 9.9. Evaluación cualitativa de las propuestas

Fuente: Elaboración propia

Propuesta	Evaluación cualitativa	Ponderación	Calificación
Sistema bidones	2.18	0.83	1.81
Sistema bebederos	2.48	0.83	2.01

Para la evaluación cuantitativa, se considera el VAN de cada una de las propuestas en un periodo de 10 años. Se ha considerado únicamente el factor de ahorro económico, cuya equivalencia cualitativa se calculó teniendo en cuenta el máximo y mínimo valor que podría tener en la escala cualitativa, es decir de 0 a 3 puntos. A mayor valor será más conveniente para la UDEP pues representa un menor gasto en el que ésta tendría que incurrir en los próximos 10 años. Asimismo, se ha considerado la ponderación porcentual correspondiente obtenida en la Tabla 9.8. En la Tabla 9.10 se muestra la evaluación cuantitativa.

Tabla 9.10. Evaluación cuantitativa de las propuestas

Fuente: Elaboración propia

Propuesta	Evaluación cuantitativa	Equivalencia cualitativa	Ponderación	Calificación
Sistema bidones	S/. 364,627	1.76	0.17	0.30
Sistema bebederos	S/. 213,440	3	0.17	0.51

Finalmente, se sumará algebraicamente los resultados para medir la calificación total de cada propuesta. Los resultados se muestran en la Tabla 9.11.

Tabla 9.11. Calificación total de cada propuesta

Fuente: Elaboración propia

Propuesta	Total
Sistema bidones	2.11
Sistema bebederos	2.52

De los resultados obtenidos en la Tabla 9.11, se puede deducir que el sistema de tratamiento de agua con distribución por bebederos es el más conveniente para la Universidad de Piura.

Conclusiones

1. Las investigaciones determinaron que el agua de mesa que brinda actualmente la universidad no cumple con los Límites Máximos Permisibles de calidad según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, siendo el agua de mesa “Spring” la más crítica por presentar la mayor cantidad de bacterias heterotróficas, lo que evidencia la ausencia de medidas higiénicas en el lavado y llenado de bidones y deficiencia en el mantenimiento de filtros, membranas y tanques de almacenamiento, con lo cual dicha agua no es apta para el consumo. Por lo tanto, es de vital importancia que la universidad tome medidas concretas para subsanar esta situación y brinde así un mejor servicio en pos del cuidado de la salud de su personal.
2. Las investigaciones realizadas determinan que la calidad del agua potable brindada actualmente en la universidad, cuya fuente es el pozo, tanto en los servicios higiénicos y en el riego, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles de calidad según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, lo cual representa un peligro latente en la universidad debido a que muchas personas por falta de información pueden beber dicha agua y contraer alguna enfermedad. Por ello, se recomienda analizar la posibilidad de aumentar la capacidad de la planta de tratamiento propuesta para proveer agua potable en todos los servicios requeridos, principalmente en los servicios higiénicos.
3. Los principales resultados del estudio de mercado muestran que del total de encuestados el 99% definitivamente o probablemente sí cambiaría el servicio actual por una de las alternativas propuestas, el 69% prefiere la opción de bidones, de éstos la mayoría (67%) los prefiere por comodidad o por costumbre; mientras que el 25% de los encuestados prefiere la opción de bebederos. Con estos resultados podemos concluir que de implementarse el proyecto no habría resistencia al cambio por parte de los usuarios, y aunque la mayoría prefiere la opción tradicional de bidones, lo hacen por la comodidad que estos les generan, por las menores distancias que tendrían que recorrer o la forma de beber el agua. Sin embargo, se les preguntó a todos si al instalarse bebederos les molestaría pararse de su oficina para ir a servirse agua de ellos y

el 66% contestó que no les molestaría. Con esto se puede demostrar que la comodidad de los usuarios no se puede considerar como un factor crítico para la elección de la propuesta a implementar, pues como muchos de los encuestados comentaron, solo bastaría con saber que el agua es de buena calidad para consumirla, la forma de su distribución es solo cuestión de adaptarse.

4. Para garantizar y asegurar la calidad del agua en el sistema de tratamiento de agua por medio de bebederos, se determinó imprescindible la construcción de una planta de tratamiento al inicio de todo el proceso, debido a que el agua del pozo posee una característica propia de los acuíferos piuranos, su alta salinidad. La manera óptima de tratar este parámetro, tal como se determinó, es colocar el equipo de ósmosis inversa (único equipo que disminuye las sales en el agua) en la planta mencionada.
5. Después de los estudios realizados, se determinó que la planta de tratamiento, sea para bidones o bebederos, deberá ser localizada cerca del pozo de agua, pues no sólo habrá cercanía para el ingreso de agua, sino que quedará a una distancia prudente de todos los edificios del campus universitario, en especial de mantenimiento.
6. La ubicación de los bebederos garantiza una cobertura adecuada de las áreas de mayor concurrencia de la universidad, de tal manera que se asegura que toda la comunidad universitaria pueda disponer cómodamente del servicio de agua para consumo.
7. El proveedor seleccionado para la alternativa de bidones es la empresa INGENIERÍA DEL AGUA S.A.C., y para la alternativa de bebederos fueron dos, la empresa AQUATROL PERÚ S.A.C. para la planta de tratamiento y la empresa BONAVIDA para los bebederos. Esto debido a que todas ellas se ajustan muy bien al diseño del proceso planteado en el proyecto, brindando a su vez un servicio de buena calidad y a buen precio.
8. En la evaluación cuantitativa como en la cualitativa, la alternativa de bebederos resultó ser la más conveniente de implementar en la Universidad de Piura.
9. De la evaluación cuantitativa, a pesar que el sistema de tratamiento de agua para consumo y distribución por medio de bebederos implique una mayor inversión, sus gastos operativos son tan pequeños que a largo plazo es la alternativa más rentable desde el punto de vista financiero. Esto a pesar de abarcar a una mayor demanda.
10. De la evaluación cualitativa, la alternativa de bebederos sobresalió frente a la opción de bidones por ofrecer mayor beneficio a la comunidad universitaria, pues permite que el servicio de agua potable para consumo humano sea no sólo para el personal de la universidad, sino también para alumnos e incluso visitantes; por mejores condiciones de trabajo, ya que evita que el personal cargue bidones, disminuyendo así los problemas de lumbalgias que presenta el mismo. Por último, esta alternativa al no contemplar la compra de bidones de plástico, ayuda a disminuir la contaminación generada por el plástico, beneficiando también al medio ambiente.

11. Se determina que el proyecto realizado se alinea perfectamente con el proceso de acreditación que la Universidad de Piura viene siguiendo, ya que al brindar agua para consumo humano de óptima calidad a su personal y alumnado, refleja su preocupación por la salud de los mismos.
12. En la encuesta realizada en la tesis se pudo determinar que muchos de los usuarios recomendaban un sistema mixto, es decir, que se continúe abasteciendo al personal docente, administrativo y obrero con bidones de agua y adicionalmente se coloquen bebederos en el campus para abastecer a los alumnos y/o visitantes. Por lo que se recomienda a la universidad realizar un estudio de esta propuesta mixta.
13. Durante el desarrollo de la tesis se pudo determinar que no existe un registro de la fecha y la cantidad de bidones de agua de mesa que cada oficina de la universidad solicita al área de Almacén, por lo que se recomienda que se realice dicho registro, pues actualmente más que un problema de desabastecimiento existe un problema de desatención. Con dicho registro se podría tener un mayor control sobre los bidones de agua que se reparte en cada oficina.

Bibliografía

1. Agroforestal, E. d. (2012). *Universidad de Castilla-La Mancha*. Recuperado el 2013, de http://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf
2. Aguapasión. (2011). *Aguapasión*. Recuperado el 01 de febrero de 2013, de <http://www.aguapasion.es/blog/osmosis-inversa/46455-tratamiento-total-solidos-disueltos-tds-maquina-osmosis>
3. Aquafil . (2013). *Aquafil Water Technologies* . Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://www.aquafil.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=54
4. AQUANOVA. (2013). *AQUANOVA*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://www.aquanovaperu.com/esterilizadores_ultravioleta_u.html
5. Aquatrol. (2013). *Aquatrol*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.aquatrolperu.com/>
6. Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Ministerio de Agricultura-Autoridad Nacional del agua*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/media/533045/reglamento%20lrh%20-%20n%C2%BA%2029338.pdf>
7. Autoridad Nacional del Agua-Ministerio de Agricultura. (2012). *Autoridad Nacional del Agua*. Recuperado el 03 de 2013, de http://www.ana.gob.pe/media/441048/agua_subterranea2012.pdf
8. AVIVA. (2012). *A.VIVA*. Recuperado el 01 de febrero de 2013, de <http://www.aviva.com.uy/videos/demostracion-del-filtro-de-agua-osmosis-inversa/>
9. BIO AGUA. (2010). *BIO AGUA* . Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de <http://www.bioaguachile.cl/category/tratamiento-biologico-del-agua/>
10. BONAVISTA. (2012). *Bonavista*. Recuperado el septiembre de 2012, de <http://bonavistaperu.com/bebedores-bag80.html>

11. Ceccovilli, L. (08 de Febrero de 2013). Número de alumnos y número de créditos UDEP. (A. Caminati, & R. Caqui, Entrevistadores)
12. Codex Alimentarius. (2011). *Normas internacionales de los alimentos*. Recuperado el septiembre de 2012, de <http://www.codexalimentarius.org/normas-oficiales/lista-de-las-normas/es/>
13. Collantes, G. (05 de Febrero de 2013). Consulta técnica sobre bebederos. (A. Caminati, Entrevistador)
14. Costa, E. (15 de Febrero de 2013). Abastecimiento de bidones en la UDEP. (R. Caqui, Entrevistador)
15. Chavez de Allain, A. (2012). Capítulo II: Origen y efectos de la contaminación. Piura.
16. Chavez de Allain, A. M. (2012). Capítulo III: Tecnologías de control de la contaminación. Universidad de Piura.
17. David de la Fuente García, I. F. (2005). *Distribución en Planta*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
18. Díaz, B., Jarufe, B., & Noriega, M. T. (2007). *Disposición de planta*. Lima: Universidad de Lima.
19. Dirección General de Salud Ambiental. (2010). *DIGESA*. Recuperado el Marzo de 11 de 2013, de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf
20. Dirección General de Salud Ambiental. (Febrero de 2011). *Ministerio de Salud*. Obtenido de Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS - N°031-2010-SA: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf
21. Dispensers & Watter Supply. (2012). *dispensersperu.org*. Recuperado el septiembre de 2012, de <http://dispensersperu.org/portal/>
22. East County Economic Development Council. (2013). *Connectory.com*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://connectory.com/search/profile_view.aspx?connectoryId=12771
23. ELKAY. (2013). *ELKAY*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de <http://www.elkay.com/>
24. Environmental Expert. (2013). *Environmental since 1999 Expert.com*. Recuperado el Marzo de 07 de 2013, de <http://www.environmental-expert.com/companies/pentek-pentair-filtration-inc-19784>
25. EPA United States Environmental Protection Agency. (2012). *EPA (United States Environmental Protection Agency)*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://www.epa.gov/tio/download/citizens/a_citizens_guide_to_activated_carbon_treatment.pdf
26. Flow-Max Filters. (2010). *Flow-Max Filters*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://flowmaxfilters.com/index.html>

27. GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES . (2013). *GE WATER & PROCESS TECHNOLOGIES* . Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.geinstruments.com/company/company-history.html>
28. GEA. (2013). *GEA Filtration*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://www.gea-niro.com.mx/biblioteca/pdfs/Filtracion_por_Membranas.pdf
29. Halsey Taylor. (2013). *bebedros.com.mx*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de <http://bebederos.com.mx/>
30. HIDRITEC. (2011). Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de <http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-agua-potable-con-ozono>
31. Huerta, L. (08 de 06 de 2009). Recuperado el 18 de 10 de 2012, de Revista del Consumidor: <http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=2733>
32. IBBL. (2013). *IBBL*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de <http://www.ibbl.cl/descripcion.php?ID=9>
33. INIFED -Infraestructura Educativa. (2011). *Criterio Normativo para la construcción e instalación de bebederos*. México.
34. Instituto Nacional de Defensa Civil. (09 de 06 de 2006). *Biblioteca virtual en atención y prevención de desastres*. Recuperado el 02 de 02 de 2013, de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc709/doc709-7.pdf>
35. Laboratorio de Ingeniería Sanitaria. (2012). *Evaluación de Informe de Ensayo IE-320-321/2011*. Piura.
36. Lifshitz, A. (13 de 09 de 2010). *Vida y Salud*. Recuperado el 18 de 10 de 2012, de <http://www.vidaysalud.com/daily/dieta-y-nutricion/cuanta-agua-debo-tomar-al-dia/>
37. Lishner Bejar, C. (04 de Octubre de 2012). Consulta Técnica sobre Bebederos. (A. Caminati Briceño, Entrevistador)
38. Lishner, C. (22 de Octubre de 2012). Consulta sobre los bebederos y planta de tratamiento de agua UDEP. (A. C. Jhandir Artadi, Entrevistador)
39. Lishner, C. (23 de Octubre de 2012). Consulta sobre los bebederos y planta de tratamiento de agua UDEP. (J. Artadi Aguirre, A. Caminati Briceño, & E. Cáceres Saldaña, Entrevistadores)
40. Lituma Torres, P., & Romero Torres, J. (31 de Mayo de 2011). *Repositorio Digital de la Universidad Politécnica Salesiana - Cuenca, Ecuador*. Recuperado el 27 de Agosto de 2012, de http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/923/9/Capitulo_5.pdf
41. Martínez, E. (Febrero de 2013). (R. Caqui, Entrevistador)
42. Maza Villegas, J. (18 de Febrero de 2013). Cantidad de personal de la Universidad de Piura.
43. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Instituto de Cosntrucción y Gerencia*. Recuperado el 13 de 2013, de http://www.construccion.org.pe/normas/rne2011/rne2006/files/titulo3/03_IS/RN E2006_IS_010.pdf

44. NSF International. (2013). *NSF The Public Health and Safety Company*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://www.nsf.org/Certified/consumer/listings_results_detail.asp?prod_desc=&cust_id=0M060&com_detail=&search_field=&prog_dir=DWTU&showcompany=Y&prog1_code=%&cat_desc=
45. NSF INTERNATIONAL. (2013). *NSF The Public Health and Safety Company*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://www.nsf.org/Certified/consumer/listings_results_detail.asp?prod_desc=&cust_id=56220&com_detail=&search_field=&std_id=061&prog_dir=PwsComponents&search_tbl=&showcompany=Y&prog1_code=%&cat_desc=
46. Organización Mundial de la Salud. (2004). *Guías para la calidad del agua potable*. ©Organización Mundial de la Salud.
47. Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. ©Organización Mundial de la Salud.
48. Organización Mundial de la Salud. (2008). *Guías para la calidad del agua potable*. ©Organización Mundial de la Salud.
49. Organización Mundial de la Salud. (2008). *Guías para la calidad del agua potable*. ©Organización Mundial de la Salud.
50. Ozotech. (2012). *Ozotech*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.ozotech.com/index.php/about-us>
51. PEDROLLO. (2013). *PEDROLLO*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.pedrollo.com>
52. Pentair. (2013). *Pentair*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.pentair.com/about-us/history/index.html>
53. Pentair Water. (2008). *Pentair Water*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.pentairwatertreatment.com/PentairFiles/Pentair%20Water%20Treatment/Literature/Pentair%20&%20GE%20Joint%20Venture%20News%20Release.pdf>
54. Pentair Water. (2008). *Pentair Water*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.pentairwatertreatment.com/en-us/AboutUs/>
55. Pisfil, M. (12 de Noviembre de 2012). Consulta técnica de los bebederos. (A. Caminati, Entrevistador)
56. Pisfil, M. (24 de Octubre de 2012). Consulta técnica sobre bebederos 2. (J. Artadi, Entrevistador)
57. Pisfil, M. (18 de Octubre de 2012). Consulta Técnica sobre Bebederos. (J. Artadi, Entrevistador)
58. Pisfil, M. (18 de Octubre de 2012). Consulta Técnica sobre Bebederos. (J. Artadi, Entrevistador)
59. Pisfil, M. (01 de Febrero de 2013). Consulta técnica sobre bebederos 3. (A. Caminati, Entrevistador)
60. Ponce Ochoa, E. (2005). *UDLAP BIBLIOTECAS Colección de Tesis Digitales Universidad de las Américas Puebla*. Recuperado el 07 de MARzo de 2013, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/capitulo6.pdf

61. Pulsafeeder. (2013). *Pulsafeeder*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.pulsafeeder.com/about-us/company-profile.asp>
62. Pulsafeeder. (2013). *Pulsafeeder*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.pulsafeeder.com/service-support/iso-cert.asp>
63. Puyuelo, M., & Merino, L. S. (2010). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Valencia*. Recuperado el 2013, de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13707/OA-AD%20Fuentes%20Bebedero.pdf?sequence=1>
64. Sánchez Font, F. (2007). *UPCommons Portal d'accés obert al coneixement de la UPC*. Recuperado el 2013 de Marzo de 07, de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4333/1/Memoria.pdf>
65. Sanitaria, L. d. (2012). *Informe de ensayo de laboratorio*. Piura: Universidad de Piura.
66. SEFILTRA, S.A. (19 de Setiembre de 2012). *SEFILTRA - Purificación de Fluidos*. Recuperado el 13 de Setiembre de 2012, de <http://www.sefiltra.com/filtros-de-cartucho-cartuchos-filtrantes.php>
67. SEKO. (2013). *SEKO*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de <http://www.seko-group.com/page/standard/site.php?p=cm&o=vh&id=10>
68. SOLUCIONES PARA AGUA. (2013). *SOLUCIONES PARA AGUA*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.macrotecnologia.com/Productos/FCarbonActivado.php>
69. UDEP, L. d. (2011). *Programa de adecuación y manejo ambiental (PAMA) de las lagunas de estabilización ubicadas en la UDEP*. Piura: UDEP.
70. UDLAP BIBLIOTECAS. (2005). *UDLAP BIBLIOTECAS Colección de Tesis Digitales Universidad de las Américas Puebla*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/capitulo5.pdf
71. Universidad de Castilla- La Mancha. (18 de 07 de 2012). Obtenido de Universidad de Castilla - La Mancha: http://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf
72. Valdiviezo León, G. (11 de 10 de 2012). Consulta técnica sobre Planta de Tratamiento y Bebederos_1. (A. Caminati, Entrevistador)
73. Valdiviezo, G. (11 de Marzo de 2013). Consulta financiera. (R. Caqui, Entrevistador)
74. Valdiviezo, G. (2012 de Octubre de 2012). Consulta técnica sobre Bebederos y Planta de Tratamiento de Agua 2. (A. Caminati, Entrevistador)
75. Valdiviezo, G. (11 de Octubre de 2012). Consulta técnica sobre los Bebederos y Planta de Tratamiento de Agua. (P. G. Alessandra Caminati, Entrevistador)
76. Valdiviezo, G. (24 de 01 de 2013). Consulta técnica sobre Planta de Tratamiento y Bebederos_3. (R. Caqui, Entrevistador)
77. Viqua. (2013). *Viqua - A Trojan Technologies Company*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://www.viqua.com/about>

78. Water Cooler. (2013). *Master Water-tecnología del agua*. Recuperado el 15 de 01 de 2013, de <http://www.watercooler.es/index.php>
79. Water Cooler. (2013). *Water Cooler*. Recuperado el 07 de Marzo de 2013, de <http://watercooler.es/>
80. Water Treatment and Purification - Lenntech. (2011). *Lenntech*. Recuperado el 12 de Setiembre de 2012, de <http://www.lenntech.es/pasos-en-purificacion-del-agua.htm>
81. Water Treatment and Purification - Lenntech. (2012). *Lenntech*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de <http://www.lenntech.es/pasos-en-purificacion-del-agua.htm>