



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

PELIGROS Y EVENTOS PELIGROSOS PARA EL SISTEMA
DE SANEAMIENTO RURAL EN UN CONTEXTO DE
PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA (PSA) Y PLANES DE
SEGURIDAD DE SANEAMIENTO (PSS) DE UN CASO
ESTUDIO

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniero Ambiental

CAMILA ANDREA ALMUNA SILVA

Profesora Guía: Dra. Ana Baeza Freer

Profesora Co-guía: Dra. Patricia González Sánchez

Concepción, (Chile)

2019



FACULTAD DE CIENCIAS
ALIENTALES



Universidad de Concepción



EULA-CHILE

“Identificación de peligros y eventos peligrosos para el sistema de saneamiento rural en un contexto de planes de seguridad del agua (PSA) y planes de seguridad de saneamiento (PSS) de un caso estudio”

PROFESOR GUÍA: **Dra. CAROLINA BAEZA FREER**

PROFESOR CO-GUÍA: **Dra. PATRICIA GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

PROFESOR COMISIÓN: **Dra. OSCAR PARRA BARRIENTOS**

CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, abril 2019



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPÍRITU

Por el desarrollo libre del espíritu

Casilla 160 C - Correo 3 - Fono (56-41) 204072 - Fax (56-41) 2207076 - Ciudad Universitaria - Concepción - Chile - <http://www.eula.cl>

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
AGRADECIMIENTOS	ix
RESUMEN.....	x
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Generalidades de agua y saneamiento.....	1
1.2 Planes de Seguridad de Agua (PSA).....	3
1.3 Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS).....	7
1.4 Agua y saneamiento en Chile.....	11
1.4.1 Servicio de agua potable y sistema de alcantarillado en sector urbano.....	11
1.4.2 Servicio de agua potable y sistema de alcantarillado en sector rural. ..	13
1.4.2.1 Servicio de agua potable.....	13
1.4.2.2 Servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.....	15
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	24
3. OBJETIVOS	25
3.1 Objetivo general.....	25
3.2 Objetivos específicos.....	25
4. METODOLOGÍA	26
4.1 Área de estudio.....	26
4.2 Enfoque metodológico.....	32
4.2.1 Fuentes de información.....	33
4.2.2 Elaboración de matriz de peligros y eventos peligrosos en los sistemas de agua potable y de aguas servidas.....	41
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
5.1.1. Descripción del sistema de agua potable.....	43
5.1.1.1 Planta de tratamiento agua potable.....	43

5.1.1.2	Calidad de agua potable localidad de Tomeco.....	47
5.1.1.3	Cantidad de agua potable.....	61
5.1.1.4	Gestión comité agua potable rural de Tomeco.....	70
5.1.1.5	Percepción en la calidad y continuidad del servicio de agua potable.....	74
5.1.2	Descripción sistema de aguas servidas.....	81
5.1.2.1	Planta de tratamiento de aguas servidas.....	81
5.1.2.2	Gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas.	84
5.1.2.3	Percepción en la calidad y continuidad del servicio de aguas servidas.....	86
5.2.1	Determinación de eventos peligrosos y peligros del sistema de agua potable.....	90
5.2.2	Determinación de eventos peligrosos peligros en el sistema de aguas servidas.....	95
5.3.1	Medidas de mejora y recomendaciones para el sistema de agua potable.....	100
5.3.2	Medidas de mejora y recomendaciones para el sistema de aguas servidas.....	101
6.	CONCLUSIONES.....	103
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
8.	ANEXOS.....	112

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Experiencia internacional donde se han implementado los PSA.	6
Tabla 2. Países en donde se han implementado pilotos de PSS.	9
Tabla 3. Normativa aplicable al sector sanitario.....	23
Tabla 4. Indicadores demográficos comuna de Yumbel años 1992, 2002 y 2017.	28
Tabla 5. Caracterización del área de estudio.....	32
Tabla 6. Datos solicitados para el cálculo de tamaño de la muestra.	38
Tabla 7. Características de las entrevistas semiestructuradas elaboradas para este estudio.	39
Tabla 8. Matriz de peligros y eventos peligrosos para sistema de agua potable y de aguas servidas de la localidad de Tomeco.....	42
Tabla 9. Características de la captación del sistema de agua potable Tomeco.	45
Tabla 10. Características de la conducción del sistema de agua potable Tomeco.	46
Tabla 11. Niveles de plomo en sangre y los efectos producidos en la salud.....	57
Tabla 12. Análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de SALUD años 2005, 2007, 2013-2018.....	60
Tabla 13. Producción de agua potable (m ³) periodo 2014 - 2018.....	62
Tabla 14. Consumo de agua potable colegio y socios de comité de agua potable periodo 2008 – 2018.	66
Tabla 15. Muestra de preguntas aplicadas al comité de agua potable.....	73
Tabla 16. Resumen de encuestas realizadas en la localidad de Tomeco.	75
Tabla 17. Caracterización de la población a la que se le aplico encuesta en la localidad de Tomeco.....	76
Tabla 18. Rango etario personas entrevistadas.....	77
Tabla 19. Parámetros de diseño Planta de Tratamiento de aguas servidas Tomeco.	83
Tabla 20. Efluente requerido para parámetros en planta de tratamiento.....	84

Tabla 21. Extracto de instrumento de consulta aplicadas al Comité de Agua Potable sobre aguas servidas.....	85
Tabla 22. Identificación de eventos peligrosos y peligros en el sistema de agua potable de la localidad de Tomeco.	91
Tabla 23. Identificación de eventos peligrosos y peligros del sistema de aguas servidas.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Esquema resumen de metodología de los PSA.....	5
Figura 2. Esquema con los componentes de PSA y PSS y los diferentes grupos de exposición.....	10
Figura 3. Evolución Histórica Cobertura Nacional Agua potable y Alcantarillado Urbano desde 1965.	12
Figura 4. Evolución Histórica de la Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas Nacional.....	12
Figura 5. Catastro nacional de Plantas de tratamiento de aguas residuales en el sector rural 2012.....	16
Figura 6. Estado de funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales para sector rural.	16
Figura 7. Tipo de tratamiento empleado en plantas de tratamientos de aguas residuales para el sector rural.	17
Figura 8. Esquema simplificado de sistema de lodos activados.	18
Figura 9. Esquema general de un humedal horizontal subsuperficial.	20
Figura 10. Esquema simplificado de un lombrifiltro.	22
Figura 11. Ubicación de la localidad de Tomeco.	26
Figura 12. Red hídrica de área de estudio.....	30
Figura 13. Usos de suelo localidad de Tomeco.....	31

Figura 14. Sistema de agua potable localidad de Tomeco.	44
Figura 15. Valores de turbiedad de análisis de calidad de agua realizado por Biodiversa para periodo 2005-2018.	48
Figura 16. Valores de pH de análisis de calidad de agua realizado por Biodiversa para periodo 2005-2018.	49
Figura 17. Concentración de cloro residual realizado por laboratorio Biodiversa y Concentración de cloro residual registrado por el operador periodo 2013-2018.	52
Figura 18. Frecuencia de lugares de toma de muestra de agua Tomeco periodo 2013-2018.	53
Figura 19. Valores de cobre de análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de Salud para el periodo 2013-2018	54
Figura 20. Valores de plomo (mg/L) de análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de Salud para el periodo 2013 -2018.	56
Figura 21. Valores de nitratos de análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de Salud para el periodo 2016-2018.	59
Figura 22. Relación de consumo de agua potable periodo 2008 – 2018 entre el colegio, socios del comité de agua potable de Tomeco, posta y retén de carabineros.	63
Figura 23. Evolución temporal consumo de agua potable (m ³) (2008-2018) de la escuela y vecinos de la localidad de Tomeco.	64
Figura 24. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2014.	68
Figura 25. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2015.	68
Figura 26. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2016.	69
Figura 27. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2017.	69

Figura 28. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2018.....	70
Figura 29. Distribución de la percepción de la comunidad frente a la presencia de arena en el agua potable.....	78
Figura 30. Distribución territorial de la percepción de la comunidad frente a la presencia de problemas de presión en el agua potable.....	79
Figura 31. Distribución territorial de la percepción de la comunidad en relación al tiempo sin suministro de agua potable.....	80
Figura 32. Esquema de planta de tratamiento.....	83
Figura 33. Distribución territorial de servicios sanitarios (alcantarillado, fosa séptica y letrina sanitaria).....	86
Figura 34. Distribución territorial percepción de la comunidad frente a problemas en el sistema de alcantarillado.....	87
Figura 35. Distribución territorial percepción de la comunidad frente a época en la que se detectaron olores molestos.....	88
Figura 36. Distribución territorial percepción de la comunidad frente a época en la que se detectaron vectores (moscas y ratones).....	89
Figura 37. Porcentaje de eventos peligrosos identificados por componentes en el sistema de agua potable.....	93
Figura 38. Porcentaje de las causas de eventos peligrosos en el sistema de agua potable.....	94
Figura 39. Porcentaje de peligros identificados en el sistema de agua potable...95	
Figura 40. Porcentaje de eventos peligrosos identificados por componentes en sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.....	98
Figura 41. Porcentaje causa de eventos peligrosos identificados en sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.....	99
Figura 42. Porcentaje de peligros identificados en sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.....	99

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos, que de alguna u otra forma hicieron posible la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis padres Juan Carlos y Carmen Gloria, quienes constantemente estuvieron allí para brindarme su apoyo y animo; a mis hermanos Claudio y Juan José, por siempre brindarme consejos en este camino.

Agradecer también a mi profesora guía por tener paciencia y dedicar tiempo a este trabajo y por sobretodo confiar en mí y alentarme en todo momento a seguir adelante.

A todos quienes formaron parte de mi formación universitaria, no solo académica, sino que también de manera personal docentes, administrativos y auxiliares,

A los amigos que hice en este camino, Kathy, Naty, Seba Díaz, Seba Antinao.

A Romina, especial agradecimiento por acompañarme y ayudarme durante el verano a visitar Tomeco.

Agradecer la buena disposición del comité de Agua Potable Rural de Tomeco, para colaborar con esta investigación brindando toda la información que ellos tenían disponible.

Finalmente espero que esta investigación, sirva para futuros estudios y sea la base para mejorar las condiciones y calidad de vida del sector rural de nuestro país.

RESUMEN

El agua potable y saneamiento es una temática a nivel mundial sobre todo hoy en día, que los recursos hídricos son cada vez más escasos, como consecuencia del crecimiento sostenido de la población, desarrollo económico y los efectos del cambio climático.

Chile no se encuentra alejado de esta situación en cuanto a esta temática, existe una brecha en la cobertura de estos servicios entre el sector urbano y rural. Es por ello que se adaptaron metodologías basadas en la gestión y evaluación de riesgos, los Planes de Seguridad del Agua (PSA) y Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS), en la localidad de Tomeco (Región del Biobío), para identificar los peligros y eventos peligrosos en los sistemas de agua potable y de aguas servidas (alcantarillado y tratamiento de aguas residuales).

El área de estudio fue seleccionada por presentar un sistema de agua potable y una planta de tratamiento de aguas servidas, por presentar organización como para obtener información y por ser sugerida por Dirección de Planificación del Ministerio de Obras Públicas.

Para ello se realizaron inspecciones a la planta de tratamiento de agua potable y a la planta de tratamiento de aguas servidas, se entrevistó a los operadores, al presidente y tesorera del comité de agua potable y a la comunidad.

Los resultados arrojaron que para el sistema de agua potable un 35% de los eventos peligrosos identificados, son del componente otros que abarca todos los aspectos de gestión y externos que pueden afectar la continuidad y calidad del servicio entregado a la comunidad. Como por ejemplo falta de seguimiento en parámetros de calidad de agua potable, falta de registros de parámetros de turbidez, falta de recursos económicos para mejoramientos y compra de equipos entre otros.

El origen de los eventos peligrosos es principalmente externo con un 36% y los peligros encontrados en el sistema son biológicos y químicos ambos con un 26%.

Para el sistema de aguas servidas el 39% de los eventos peligrosos son del componente otros, por ejemplo, escuela cercana a la planta de tratamiento, falta de capacitación de los operadores de la planta de tratamiento de aguas servidas, olor en torno a la planta de tratamiento entre otros, seguido por tratamiento secundario con un 22% y manejo y disposición de lodos con un 21%. La principal causa que ocurran eventos peligrosos en el sistema de aguas servidas se debe a la operación de ésta con un 44% y la mayoría de los peligros son de origen químico con un 26%.

Acrónimos y Glosario.

APR: Agua Potable Rural.

Arranque Domiciliario: Parte de la instalación domiciliaria de agua potable, comprendida entre la cañería matriz y la llave de paso colocada después del medidor, inclusive.

DBO₅: Demanda Biológica de Oxígeno.

DOH: Dirección de Obras Hidráulicas.

Comité de APR: Organizaciones comunitarias que se rigen por la Ley de Juntas de Vecinos y demás Organización es Comunitarias, no persiguen fines de lucro, gozan de personalidad jurídica y sus socios ingresan y participan de forma voluntaria, personal e indelegable. El objetivo fundamental de un comité de agua potable rural es administrar, operar y mantener el servicio de agua potable en cada localidad donde el Ministerio de Obras Publicas ha construido un servicio.

EPA: Environmental Protection Agency.

EPP: Elementos de Protección Personal.

Evento peligroso: Situación o suceso que introduce peligros (o impiden su eliminación) en el sistema de abastecimiento.

FNDR: Fondo Nacional de Desarrollo Regional.

GORE: Gobierno Regional.

IWA: International Water Association.

MINSAL: Ministerio de Salud.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

Peligro: Agentes físicos, biológicos, químicos o radiológicos que pueden dañar la salud pública.

PLADECO: Plan Estratégico de Desarrollo Comunal.

PSA: Planes de Seguridad del Agua.

PSS: Planes de Seguridad de Saneamiento.

PTAS: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

SENDOS: Servicio Nacional de Obras Sanitarias.

SEREMI: Secretarías Regionales Ministeriales.

SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios.

SSR: Servicios Sanitarios Rurales.

SUBDERE: Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.

UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

1. ANTECEDENTES

1.1 Generalidades de agua y saneamiento.

Actualmente factores como crecimiento demográfico, urbanización, industrialización, cambio en el uso de suelos producto de actividades económicas, y fundamentalmente eventos extremos, como sequías, incendios forestales e inundaciones, afectan la calidad y cantidad de agua, produciendo cambios en ésta (Cai et al., 2012), afectando su composición química, microbiana y la cantidad de carbono orgánico total (OMS, 2011), generando un aumento en la concentración de sustancias disueltas y una disminución de oxígeno disuelto (Prathumratana et al., 2008; van Vliet y Zwolsman, 2008).

Al verse afectada la calidad de las aguas se generan enfermedades transmitidas por el agua, siendo la diarrea la más importante y estudiada. En países en desarrollo éstas enfermedades ocasionan la muerte anual de aproximadamente 5 millones de personas, de las cuales cerca de 1,8 millones de personas mueren por enfermedades diarreicas, siendo el 90% niños menores de 5 años, lo que equivale a la muerte de 4500 niños/ día (OMS, 2004a; Rojas, 2006a).

Esta situación genera problemas de salud pública sobre todo en aquellas regiones en vías de desarrollo por lo cual es fundamental proveer de agua y saneamiento. El monitoreo de la cobertura de agua potable y saneamiento se lleva a cabo a nivel global por el programa de monitoreo para el abastecimiento de agua y saneamiento de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF).

De acuerdo al último reporte del año 2017, se estima que el año 2015 el 91% de la población mundial utilizó un suministro de agua mejorado, que es aquella agua que se encuentra protegida de la contaminación, en particular de la materia fecal (Informe 2012 OMS/UNICEF).

En relación a las condiciones de saneamiento, determinadas en el reporte del año 2017, 2.600 millones de personas tienen acceso a agua mejorada entre los años 1990-2015. 1,8 billones de personas consumen agua contaminada con heces; las regiones de África subsahariana, Asia meridional y Oceanía son las que presentan niveles bajos de acceso a agua y saneamiento.

En 2015, 6.500 millones de personas utilizaron fuentes mejoradas de agua potable; 264 millones de personas (4% de la población) disponen de servicios de aguas limitados, para ese mismo año, 844 millones de personas carecían de un servicio básico de agua (utilizan pozos y manantiales no protegidos o toman agua directamente desde la fuente de aguas superficiales).

Entre los años 2000 y 2015 la población en que su suministro de agua era a partir de tuberías aumentó de 3.500 millones a 4.700 millones, mientras que la población cuyo suministro no era canalizado aumentó de 1.700 millones a 2.100 millones. A nivel mundial, dos de cada cinco personas en zonas urbanas utilizan suministro a partir de tuberías.

En relación a saneamiento el año 2015, 5.000 millones de personas utilizaron instalaciones de saneamiento mejoradas, las que no eran compartidas con otros hogares; 600 millones de personas (8% de la población) utilizaron instalaciones mejoradas pero compartidas, cuya clasificación es de servicios de saneamiento limitado. La mayoría de los 2.300 millones de personas que aún carecen de un servicio de saneamiento básico practican la defecación al aire libre (892 millones), usan instalaciones no mejoradas como letrina. 600 millones de personas utilizan instalaciones sanitarias mejoradas que comparten con otros hogares.

La población que se encuentra conectada a alcantarillado corresponde a 2.800 millones de personas (38%) y otro 38% utiliza fosas sépticas, letrinas u otros sistemas mejorados in situ. Las conexiones de alcantarillado predominan en las zonas urbanas en donde son utilizadas por dos tercios de la población (63%) en comparación con un 9% de la población rural.

En base a esta problemática, es que la OMS considera importante abordar la temática de agua potable y saneamiento, es así como se originan las guías de calidad de agua, los Planes de Seguridad del Agua (PSA) y Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS), herramientas basadas en la evaluación y gestión del riesgo.

En estas metodologías se identifican los peligros y eventos peligrosos que se producen en los sistemas de agua potable y de saneamiento, para el cálculo del riesgo.

La OMS define peligro como aquellos agentes físicos, biológicos, químicos o radiológico que pueden dañar la salud pública y a los eventos peligrosos como eventos que introducen peligro (o impiden su eliminación) en los sistemas de agua potable y de aguas servidas.

1.2 Planes de Seguridad de Agua (PSA).

En 2004 la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó la 3° edición de las guías de calidad de agua potable en la que se recomienda el uso de los Planes de Seguridad del Agua (PSA) como un instrumento para identificar los riesgos en el abastecimiento de agua potable y de esta manera programar medidas correctivas o barreras para mejorar la calidad del servicio.

La OMS, define a los PSA como “la forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo, es aplicando un planteamiento integral de evaluación y gestión de los riesgos que abarquen todas las etapas del sistema de abastecimiento desde la cuenca de captación hasta la distribución al consumidor.”

Los PSA consideran cinco componentes principales:

- Objetivos basados en salud y establecidos en función de la evaluación de los aspectos de salud.

- Evaluación del sistema para determinar si el agua suministrada satisface los objetivos de salud.
- Monitoreo operacional de las medidas de control.
- Gestión de los Planes de Seguridad del Agua la que documenta la evaluación del sistema, los planes de monitores y las acciones emprendidas en condiciones normales u ocasionales.
- Vigilancia que verifica que todo lo anteriormente mencionado opere de manera adecuada.

La elaboración del PSA tiene como base, el conocimiento del funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua, datos históricos y de prácticas de gestión de calidad de agua de bebida. Los elementos de su estructura tienen como principios y conceptos: barreras múltiples, análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP), aplicado en la industria alimentaria y el sistema de gestión de calidad ISO 9001: 2000 (Rojas, 2006).

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en las hojas de divulgación técnica de los PSA, sus componentes principales son:

- Evaluación del sistema: Determina si la cadena de abastecimiento de agua (desde la fuente hasta el punto de consumo) puede suministrar agua de calidad, que cumpla con los objetivos en salud y está compuesta por la descripción del sistema de abastecimiento de agua, evaluación del peligro, caracterización del riesgo y determinación de las medidas de control; aplicándose tanto a los sistemas de distribución entubados como no entubados, incluyendo el abastecimiento casero.
- Monitoreo operacional: Para cada medida de control identificada se define el monitoreo para prevenir, reducir o controlar totalmente y de manera oportuna los riesgos identificados en la evaluación del sistema, para asegurar que los resultados basados en salud y establecidos en las normas sean alcanzados.

Se realiza verificación de la calidad microbiana, física y química del agua, lo que indica el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua y de su calidad final, así como la evaluación de satisfacción por parte del consumidor.

- Planes de gestión: Describe las acciones a tomar bajo condiciones normales o eventuales de operación y documenta la evaluación del sistema de abastecimiento, planes de supervisión, comunicación y programas de apoyo.

Para implementar los PSA, la OMS establece una estructura de 11 módulos.

En la Figura 1, se resume la metodología y los 11 módulos que describen un PSA.

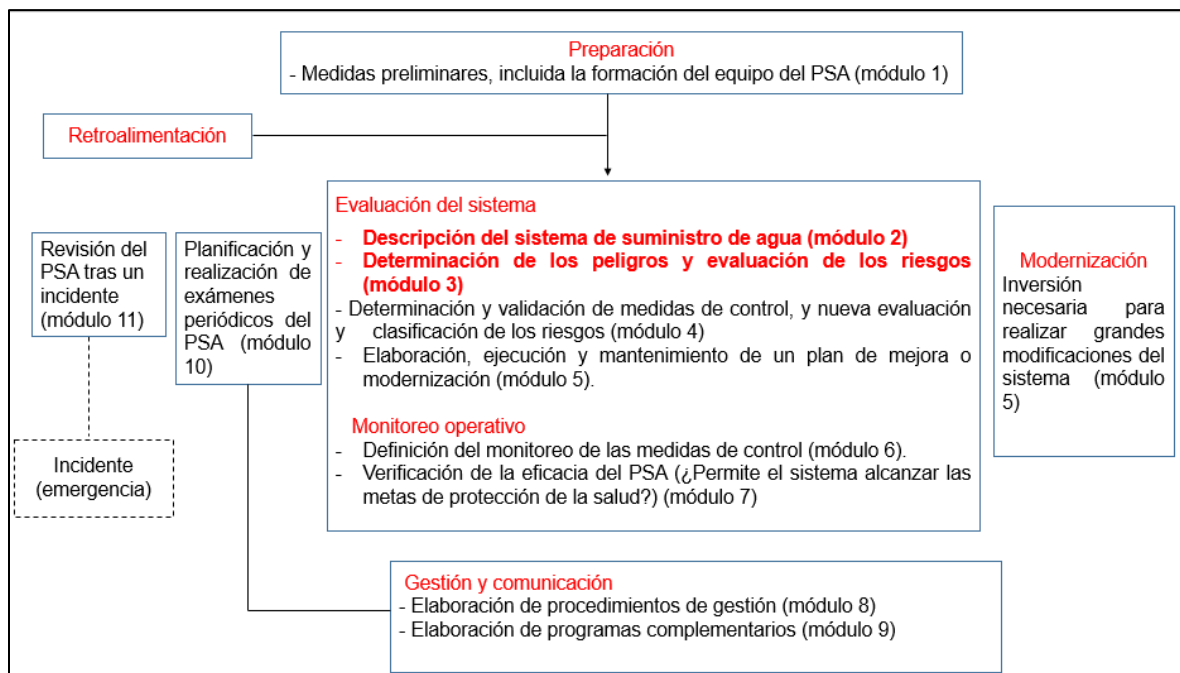


Figura 1. Esquema resumen de metodología de los PSA.

Fuente: Bartram, 2009

Los PSA son versátiles y pueden adaptarse a todo sistema de abastecimiento de agua, ya sean con grandes redes de distribución o bien pequeños, con disponibilidad de recursos o limitados en ellos. Muchos países los han implementado desarrollando un aprendizaje, la Tabla 1 muestra estudios de casos en donde se han desarrollado y las lecciones aprendidas.

Tabla 1. Experiencia internacional donde se han implementado los PSA.

Año	Autor	Título	País	Lecciones aprendidas
2013	Seghezzo et al	Improved risk assessment and risk reduction strategies in the Water Safety Plan (WSP) Of Salta, Argentina	Argentina, Salta	Identificación de eventos peligrosos es primordial. La participación de la comunidad en la evaluación de riesgos es fundamental. Talleres deben contar con diferentes actores, científicos, usuarios de agua de bebida, ONGs
2012	Mayr et al	Experiences and lessons learned from practical implementation of a software- supported Water Safety Plan (WPS) approach	Austria	Importante mantener registros actualizados. El apoyo de expertos a cooperativas es fundamental en la implementación de los PSA.
2005	Howart et al	Water Safety Plans for piped urban supplies in developing countries: a case study from Kampala, Uganda	Uganda, Kampala	Para el control y manejo de riesgos es clave el papel de la comunidad.
2007	Mahmud et al	Development and implementation of water safety plans for small water supplies in Bangladesh: benefits and lessons learned	Bangladesh	Considerable mejora en la calidad del agua. La vigilancia continua del sistema realizado por la comunidad es importante
2016	Urooj Quezon Amjad et al	Water Safety Plans: Bridges and barriers to implementation in North Carolina	Estados Unidos, Carolina del Norte	La cultura de organización es más reactiva que preventiva, con escasas oportunidades de experimentar nuevas metodologías en la gestión del riesgo.

Fuente: Seghezzo et al., 2013; Mayr et al., 2012; Howart et al., 2005; Mahmud et al., 2007; Urooj Quezon Amjad et al., 2016.

Al evaluar la eficiencia de los PSA, es necesario sopesar los beneficios y los costos de implementación. Sin embargo, la literatura publicada sobre los costos de los PSA es generalmente deficiente. Un informe de la OMS a la Comisión Europea sugiere que hay pruebas limitadas para respaldar la idea que los enfoques de tipo PSA son rentables y pruebas sobre la eficacia en función de los costos deben ser desarrollados (Chang et al., 2013).

Los costos posteriores a la implementación de los PSA, para brindar agua segura varían de acuerdo a las características y herramientas que posean los lugares en donde se ejecuten (Chang et al., 2013).

1.3 Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS).

La OMS ha generado una herramienta análoga al PSA para evaluar los riesgos en salud en los sistemas asociados a la evacuación y tratamiento de aguas servidas.

Las condiciones inadecuadas de saneamiento básico generan riesgos en la salud pública afectando mayormente a todos aquellos que tengan relación a los sistemas de alcantarillado y planta de tratamiento (comunidad, trabajadores de las empresas sanitarias). Además, es relevante considerar el riesgo en salud de aquellos que puedan estar en contacto con el agua servida, consciente o inconscientemente.

Por ejemplo, agricultores y poblaciones que consumen productos irrigados por aguas residuales no tratadas y que se encuentren en contacto con suelos contaminados, estando de esta forma en contacto con patógenos peligrosos, produciendo de este modo enfermedades diarreicas e infecciones por helmintos.

En 2006 la OMS publicó guías actualizadas para el uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises en la agricultura y acuicultura. El objetivo principal de estas guías es maximizar los beneficios ambientales asociados con el uso de aguas residuales a la vez que se minimizan los riesgos potenciales para la salud. Para colocar en práctica estos principios, elaboró un manual de planificación de seguridad de saneamiento, para proporcionar un enfoque práctico para evaluar, gestionar y monitorear los riesgos a lo largo de toda la cadena de saneamiento.

El enfoque de los PSS se basa en los principios de múltiples barreras (diferentes medidas de control a lo largo de las distintas etapas del proceso de saneamiento); además, al igual que los PSA también se analizan los peligros y puntos críticos de control. Y abarca desde la generación del residuo hasta su uso y descarga en el ambiente.

Los objetivos de los PSS son los siguientes:

- Mejorar los resultados de salud pública relacionados con la recolección de tratamientos, reúso y / o disposición de residuos humanos en entornos formales e informales.
- Incrementar el servicio de parques públicos mediante el uso seguro de aguas residuales o lodos tratados o parcialmente tratados.
- Garantizar que los productos elaborados usando residuos humanos sean seguros y cumplan consistentemente con los requerimientos de calidad.
- Proteger la salud humana, promover la seguridad de los trabajadores y usuarios, y mejorar la protección ambiental.
- Promover la discusión nacional y los cambios en políticas y reglamentos para enfoques de evaluación y gestión de riesgos.

El PSS es una herramienta compleja, debido a que considera a múltiples grupos expuestos a los peligros microbiológicos, físicos y químicos; usualmente no tiene un marco normativo claro, las responsabilidades y roles son compartidos por diferentes sectores. La entidad que ejecuta el PSS varía dependiendo de los recursos, habilidades y objetivos propuestos.

La literatura internacional describe países que han elaborado pilotos de PSS. En la Tabla 2 se muestra los ejemplos de India, Perú, Filipinas, Portugal, Vietnam y Uganda, resumiendo sus características y organizaciones involucradas.

Tabla 2. Países en donde se han implementado pilotos de PSS.

País	Características del sitio piloto PSS	Organizaciones involucradas
India, Bangalore	Los desechos y sitios de eliminación de residuos sólidos, incluyen la producción agrícola a pequeña escala y los desechos sanitarios formales e informales.	Consejo municipal de la ciudad de Devanahalli y servicio de agua potable de Karnataka.
Perú, Lima	Aguas residuales tratadas son utilizadas para riego en un parque público.	Servicio de parque de Lima.
Filipinas, Baliwag y Quezon	Recolección, tratamiento, reutilización y eliminación de residuos de lodos fecales en dos sitios.	Distrito de agua Baliwag y Servicio de agua de Mayniland.
Portugal, Benavente	Sistema de saneamiento y drenaje que incluye: sistemas sépticos en el sitio, sistema de gestión de lodos, sistema de recolección de aguas pluviales, sistema de alcantarillado, plantas de tratamiento de aguas residuales, reutilización de efluentes agrícolas (lodos / estiércol).	Municipio de Benavente, y Águas do Ribatejo (empresa intermunicipal responsable del sistema de abastecimiento de agua y saneamiento, que atiende a siete municipios de Portugal)
Uganda, Kampala	Recolección y tratamiento de residuos, recolección de aguas residuales y descarga en un área de cultivo de humedales, utilizando el efluente y las aguas residuales crudas combinadas para el riego.	Autoridad de la Ciudad Capital de Kampala y la Corporación Nacional de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado.
Viet Nam, Hanoi	Aguas residuales tratadas son utilizadas en agricultura y planta de compostaje municipal.	La Junta de Abastecimiento de Agua y Drenaje de Hanoi y la Planta de compostaje orgánico municipal que utiliza aguas residuales tratadas.

Fuente: Winkler, 2017.

Los PSA y PSS, son herramientas que evalúan los riesgos que ocurren en cada etapa utilizando los principios de barreras múltiples, análisis de puntos críticos de control y gestión de calidad, de este modo buscan brindar seguridad en el consumo de agua y que el agua que retorna al medio ambiente no afecte a los ecosistemas. En cada una de las etapas existen grupos de exposición que se verán afectados como la comunidad, consumidores y agricultores en los que se enfocan estas herramientas. La Figura 2, muestra los diferentes componentes de PSA y PSS que abarcan un ciclo desde la captación del agua, hasta su disposición final que es el retorno al medio ambiente.

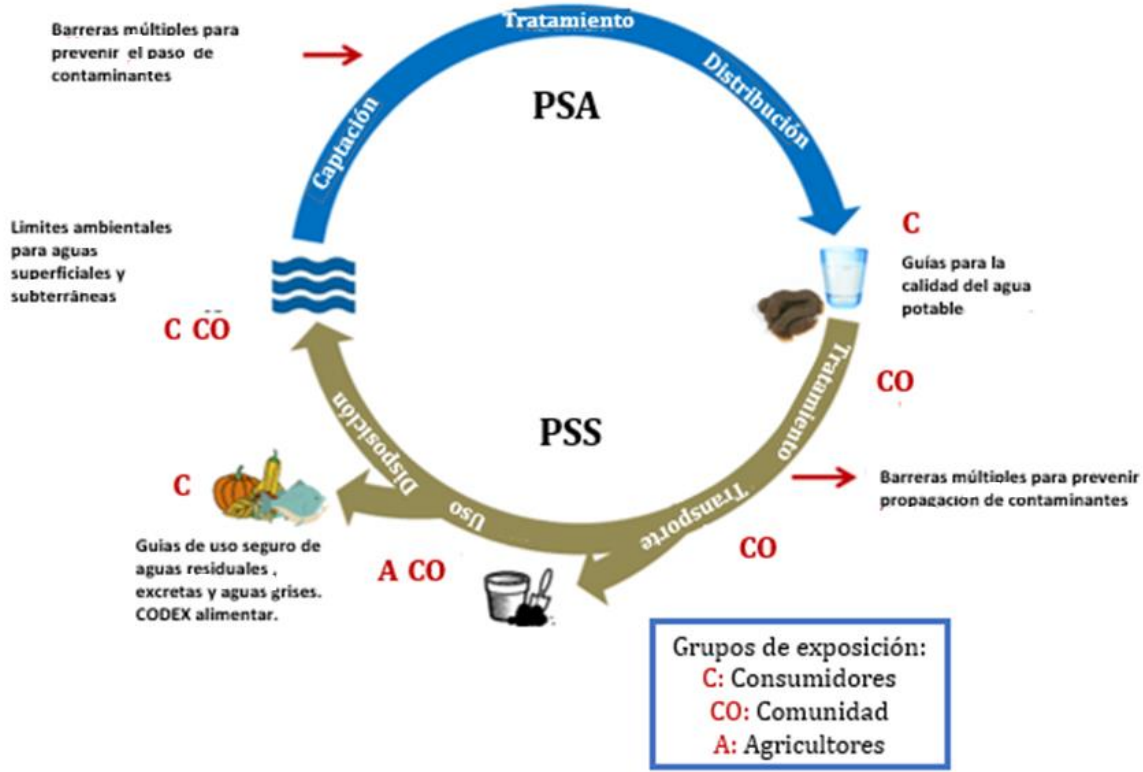


Figura 2. Esquema con los componentes de PSA y PSS y los diferentes grupos de exposición.

Fuente: Teófilo Monteiro, OPS/OMS – ETRAS, Lima – Perú, Julio 2015.

1.4 Agua y saneamiento en Chile.

1.4.1 Servicio de agua potable y sistema de alcantarillado en sector urbano.

Las empresas sanitarias, concesionarias del servicio de agua potable y de la recolección y disposición de aguas servidas en el sector urbano, son fiscalizadas y controladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), que es el organismo encargado de establecer normas, otorgar las concesiones, aprobar los planes de desarrollo de las empresas sanitarias y fijar las tarifas del sector. Las empresas deben dar cumplimiento a sus planes de desarrollo y tienen la obligación de dar servicio en su área de concesión y fijar tarifas. El marco legal del sector sanitario está constituido por los siguientes cuerpos legales: Ley General de Servicios Sanitarios (DFL N° 382/88), Ley de Tarifas de Servicios Sanitarios (DFL N° 70/88), Ley de subsidios al pago de consumo de agua potable y servicio de alcantarillado (Ley N° 18778) y ley que crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios (Ley N°18902).

La evolución histórica de cobertura nacional de agua potable y alcantarillado urbano, desde 1965 hasta 2014, se observa en la Figura 3.

La Figura 4, muestra la evolución histórica a nivel nacional del tratamiento de aguas servidas, para la población total y la población saneada (que cuenta con alcantarillado).

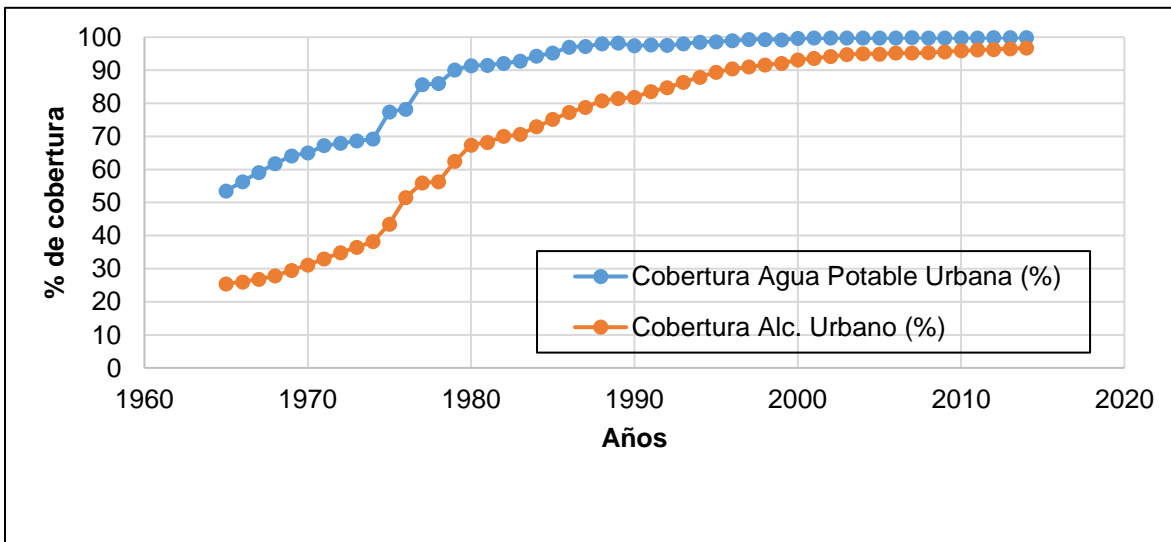


Figura 3. Evolución Histórica Cobertura Nacional Agua potable y Alcantarillado Urbano desde 1965.

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), 2019.

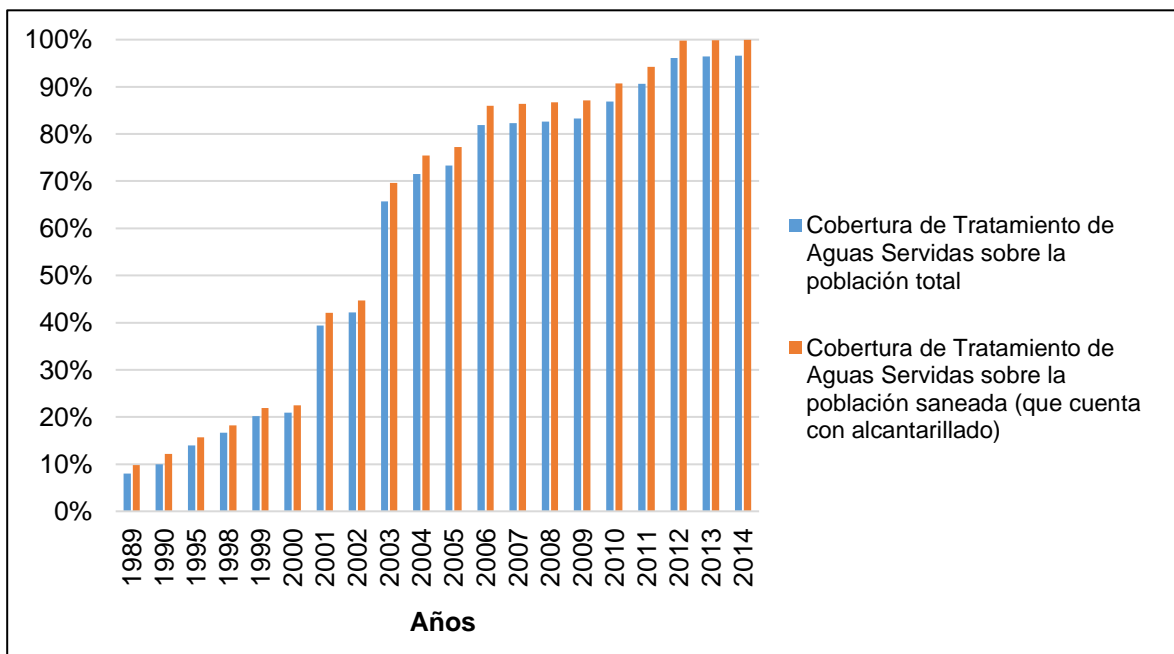


Figura 4. Evolución Histórica de la Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas Nacional.

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), 2019.

1.4.2 Servicio de agua potable y sistema de alcantarillado en sector rural.

Una localidad rural es considerada una unidad poblacional cuyos habitantes tienen como actividad predominante las realizaciones de labores de carácter agrícola, extractivas, pecuarias o pequeñas industrias rudimentarias. En general, la población rural dispone de escasos medios económicos.

1.4.2.1 Servicio de agua potable.

- Programa de Agua Potable Rural (APR).

El programa tiene la finalidad de dotar de servicio de agua potable a las localidades concentradas, se inició en 1964. A los servicios se les aplica parcialmente la normativa contenida en el DFL N°382/88 del Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ley General de Servicios Sanitarios, estando excluidos del régimen de explotación bajo concesión y del régimen tarifario aplicado a los servicios públicos que entregan el servicio a través de las redes exigidas por la urbanización (empresas sanitarias concesionarias).

La administración y operación de los sistemas de APR está a cargo en la mayoría de los casos de sistemas de administración comunitaria denominados comités de APR. Una parte fundamental de la estructura de la organización del programa es la unidad técnica, la que actúa a nivel regional que corresponde a la empresa sanitaria de la región y en algunos casos a la Dirección de Obras Hidráulicas, estos organismos técnicos prestan asesoría durante la operación del proyecto. El sistema de Agua Potable Rural se compone de un conjunto de obras de infraestructuras de captación, tratamiento, conducción, regulación, distribución y suministro domiciliario de agua potable.

Captación y tratamiento de agua potable: Corresponde al sistema de producción y consiste en captar agua cruda desde la fuente, ya sean superficiales o subterráneas y ser conducidas mediante gravedad o impulsión hacia la planta de tratamiento, o directamente al sistema de distribución, cuando el agua no requiere de tratamiento

y solo de cloración. En la planta se realiza el proceso de potabilización del agua cruda mediante procesos mecánicos y químicos, entregando como producto de salida, agua potable.

Distribución de agua potable: Consiste en transportar el agua potable desde la planta de tratamiento o estanques de distribución, por medio de conducciones y entregarla en la entrada de las viviendas o industrias (antes del medidor), a través de redes de tuberías y plantas elevadores en caso de ser requerida su impulsión.

Sistema intradomiciliario: Son obras que conducen el agua potable desde la planta de la entrada de la casa o industria hasta los artefactos sanitarios ubicados en su interior. Se compone del arranque y medidor más todas las instalaciones interiores.

Los proyectos de APR son financiados a partir de diferentes fondos dentro de ellos están:

Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR): Los recursos otorgados son administrados por los Gobiernos Regionales (GORE). Existen dos fuentes de financiamiento: recursos fiscales o propios y también aquellos provenientes de las operaciones de créditos establecidos con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Fondo social presidente de la república: Fondo administrado por la subsecretaría del interior. Tiene una cobertura nacional.

Fondo de mejoramiento urbano: Asignación descentralizada con cobertura nacional que realiza la transferencia de recursos hacia municipios, quienes licitan y /o ejecutan los proyectos.

Programa Chile Barrios: Programa intersectorial de intervención sobre asentamientos con el propósito de desarrollar acciones para disminuir los niveles de pobreza.

A septiembre de 2018, existen 1.876 Sistemas de Agua Potable Rural en el país, los cuales abastecen al 99% de la población de zonas rurales concentradas,

alcanzando a 1.726.319 beneficiarios. Según los datos expuestos la Región con mayor cantidad de beneficiarios es la Región de O'Higgins con 285.683 seguida por Maule con 276.301 y Biobío con 205.631 personas beneficiadas. (DOH, 2018).

1.4.2.2 Servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

Las aguas servidas se originan por la mezcla de tres fuentes principales: residuos líquidos domésticos, aguas de infiltraciones y precipitaciones y Residuos Industriales Líquidos (RILES). (Romero, 2004).

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), son instalaciones localizadas cerca del origen, tratando la producción de aguas servidas de poblaciones por lo general inferiores a 2000 habitantes, situación que se da en los sectores rurales (Libralato, Volpi y Arezzú, 2012).

Según el último catastro, realizado por la SUBDERE el año 2012, sobre tratamiento de aguas servidas en el sector rural, la mayor concentración de plantas de tratamiento, se encuentran en las regiones de O'Higgins y Maule, lo que se muestra en la Figura 5.

En relación al funcionamiento de las plantas el 58% de las plantas presentan un buen funcionamiento, mientras que, un 3% está fuera de servicio lo que se observa en la Figura 6.

La principal tecnología aplicada en el tratamiento de aguas servidas, en el sector rural, es de lodos activados con 72 plantas, seguida por lombrifiltro con 8 (ver Figura 7).

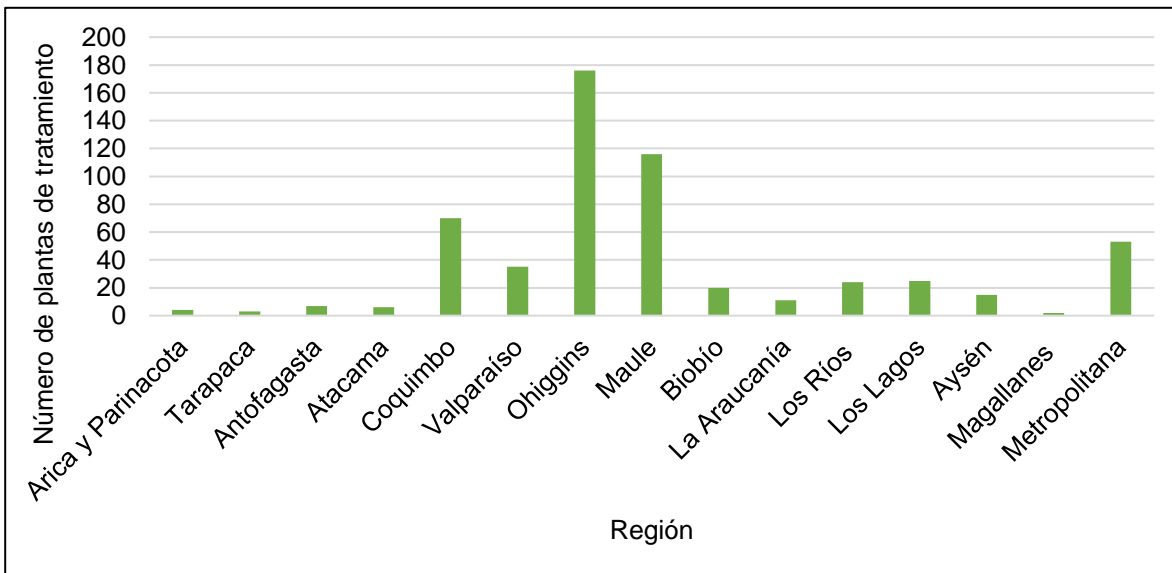


Figura 5. Catastro nacional de Plantas de tratamiento de aguas residuales en el sector rural 2012.

Fuente: SUBDERE, 2012

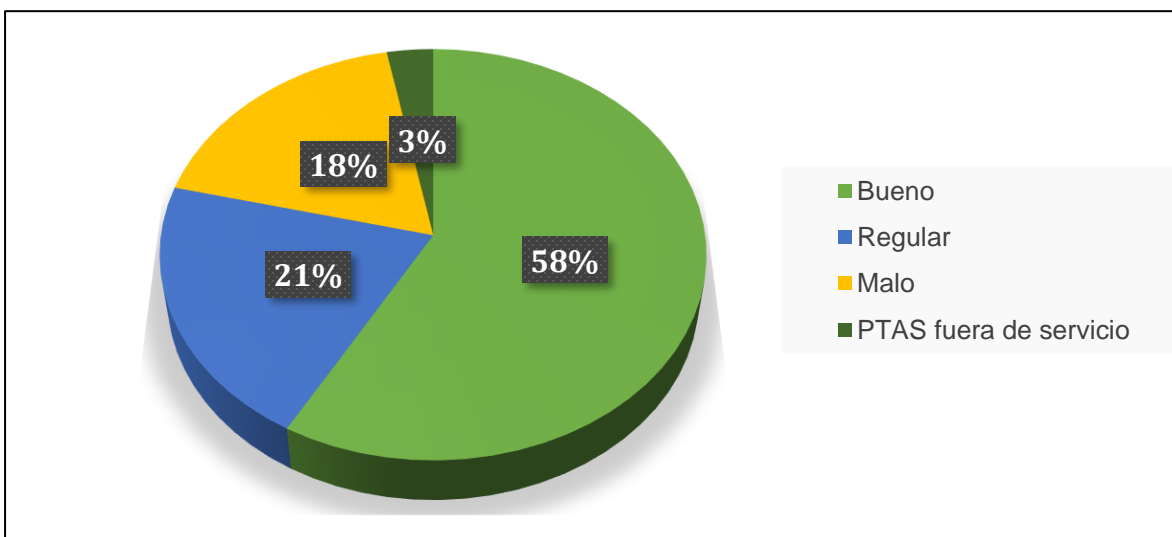


Figura 6. Estado de funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales para sector rural.

Fuente: SUBDERE, 2012.

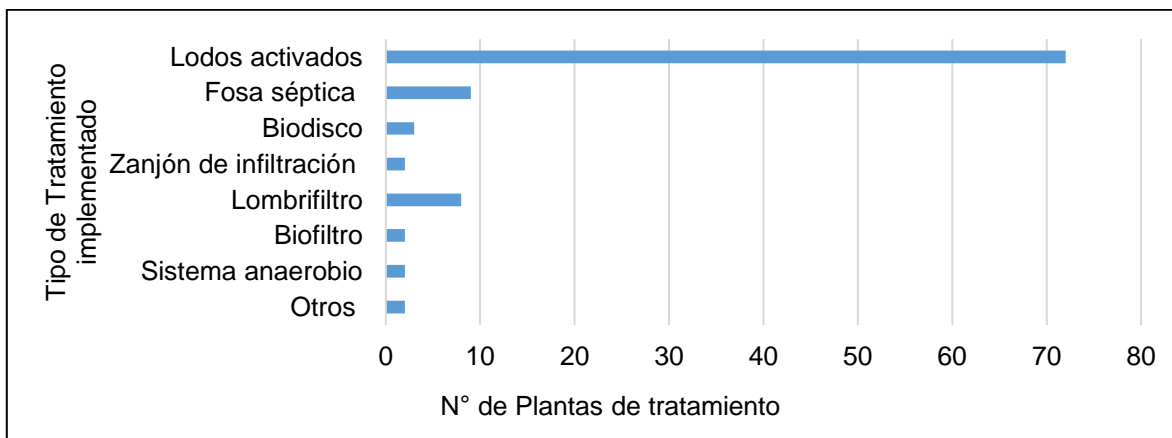


Figura 7. Tipo de tratamiento empleado en plantas de tratamientos de aguas residuales para el sector rural.

Fuente: SUBDERE, 2012.

A continuación, se exponen tecnologías aplicadas en el sector rural, describiendo los aspectos más relevantes.

➤ **Principales tecnologías de aguas servidas en sector rural.**

a) Lodos activados.

La tecnología de lodos activados, es una de las más utilizadas a nivel mundial para el tratamiento de las aguas servidas en poblaciones urbanas.

En este sistema la biomasa se mantiene en agitación en un estanque de aireación en donde los microorganismos se mezclan completamente con las aguas servidas de manera que estos pueden crecer y estabilizar la materia orgánica en un ambiente aeróbico. Este proceso puede durar entre 4 a 8 horas.

El oxígeno es suministrado a partir de burbujas de aire, mediante aireadores mecánicos o aire comprimido. Luego del estanque de aireación el agua servida pasa a un decantador secundario en donde se produce la separación sólido-líquido y los lodos activados sedimentan para obtener un efluente clarificado. Una porción de los lodos sedimentados es retornada al estanque de aireación para mantener una

adecuada población de microorganismos en relación a la carga orgánica que ingresa al reactor. La otra parte de los lodos sedimentados es descartada del proceso y manejada en unidades de tratamiento de lodos.

Uno de los parámetros de diseño más importante en esta tecnología de tratamiento es la edad del lodo, que indica el tiempo que debe permanecer el lodo en el sistema. Para lodos activados con aireación extendida este parámetro oscila entre 20 y 30 días en tanto que para lodos activados convencionales varía entre 5 a 15 días.

Otros parámetros a considerar es la cantidad de materia orgánica que ingresa al sistema que se encuentra en un rango de 0,1 a 0,3 Kg DBO₅/m³ d, el tiempo que el agua servida permanece en el tanque de aireación, que debe ser suficiente para permitir el contacto entre la materia orgánica y los microorganismos (12 a 36 horas) y la cantidad de lodos (microorganismos) que hay en el tanque de aireación y que está determinada por la recirculación. Estos sistemas operando de manera correcta pueden alcanzar una eficiencia de eliminación de materia orgánica en términos de DBO₅ es de 93-98%. (Vera et al.,2013). La Figura 8 muestra un esquema simplificado del sistema de tratamiento de lodos activados.

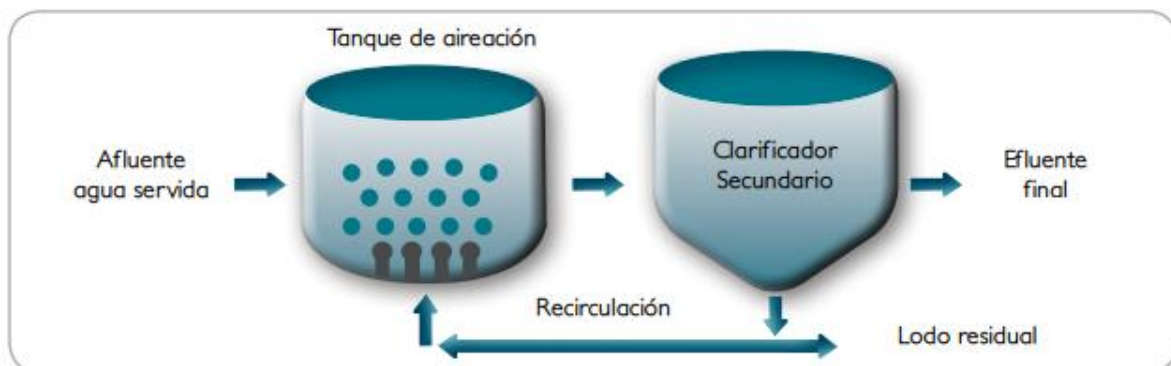


Figura 8. Esquema simplificado de sistema de lodos activados.

Fuente: Vera, 2013

b) Humedales construidos.

El sistema tradicional de esta tecnología contempla un tratamiento preliminar, seguido de un tratamiento primario consistente en sedimentación, luego de lo cual las aguas servidas efluentes ingresan a una laguna de baja profundidad (1m) con 50 - 60 cm de grava incorporada en la que se encuentran determinados tipos de plantas como totora, juncos y otros con el objeto de remover los parámetros contaminantes incluidos metales pesados y tóxicos. También pueden ser utilizadas plantas ornamentales como la cala (*Zantedeschia aethiopica*) y lirios (*Iris spp*), entre otros.

Son sistemas de ingeniería diseñados que aprovechan procesos naturales que involucran vegetación, suelo y bacterias para tratar los residuos líquidos (Vimazal, 2007). De acuerdo con la dirección de flujo y la posición de nivel del agua, los humedales construidos se clasifican principalmente en tres tipos: Flujo horizontal, flujo horizontal subsuperficial y flujo vertical subsuperficial (Fonder y Headly, 2013).

Los humedales de flujo subsuperficial son sistemas en los que el agua circula de manera subterránea, a través de un medio granular y en contacto con las raíces y rizomas de las plantas. Como medio granular suele usarse desde arena gruesa hasta grava adherida al medio de soporte y a las raíces, se forma una biopelícula que tiene un papel fundamental en los procesos de descontaminación (Stottmeister et al., 2003).

En los humedales de tipo vertical subsuperficial, la circulación del agua es de tipo vertical y su aplicación se realiza en pulsos, de manera que no están permanentemente inundados. La profundidad del medio granular varía entre 0,5 y 0,8 m. Operan con cargas superiores a los humedales subsuperficiales horizontales (entre 10 y 25g DBO₅/m² d) pero son más susceptibles de sufrir colmatación (García, 2004). Estos sistemas presentan tasas de transferencias de O₂ entre 10 y 24 mg O₂/m²d las que son superiores a las de los sistemas subsuperficiales horizontales (2,1 - 5,7 mg O₂/m² d) produciendo efluentes más oxigenados.

En los humedales horizontales subsuperficiales, el agua circula horizontalmente a través del medio granular y las raíces de las plantas. La profundidad puede variar entre 0,3 y 1,0 m. Se caracterizan por funcionar permanentemente inundados, con una lámina de agua que se encuentra entre 0,05 y 0,1 m por debajo de la superficie. Soportan cargas orgánicas que varían entre 3 y 15 g DBO₅/m² d se recomiendan cargas de alrededor de 6 g DBO₅ /m² d (García y Corzo, 2008).

Actualmente, la aplicación de estos sistemas se encuentra en crecimiento en todo el mundo debido a sus bajos costos de inversión, consumo energético mínimo (0,1 kW H/m³), simplicidad de operación, ya que requieren de poco tiempo de trabajo operativo (0,6 h/d), baja generación de lodos y provisión de hábitat para la vida silvestre (García et al., 2001; García et al., 2004; Rojas 2012; Tanner, 2006; Vimazal y Kropfelov,2008). Sin embargo, pueden necesitar hasta 10 veces más de superficie (0,5 -20 m²/hab) que un sistema de lodos activados (0,2-0,3 m²/hab). Por esta razón su aplicabilidad principal es para las zonas rurales (de baja densidad poblacional) (García, 2004). En la Figura 9 se observa un esquema general de un humedal horizontal subsuperficial.

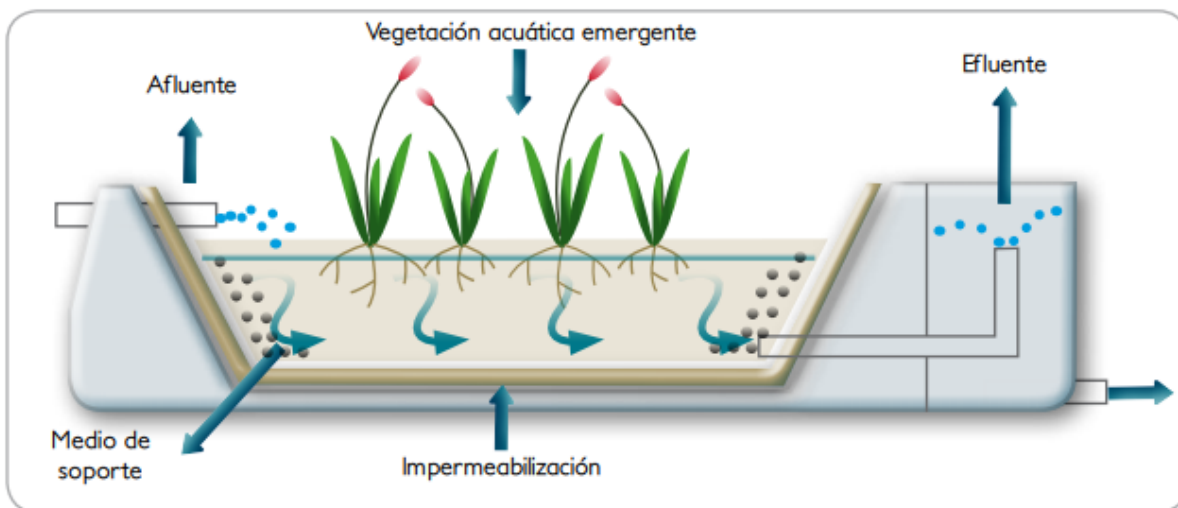


Figura 9. Esquema general de un humedal horizontal subsuperficial.
(Adaptado de Vera, 2012)

c) Lombrifiltros.

El lombrifiltro consiste en un estanque relleno por diferentes capas filtrantes, con lombrices en la capa superficial, las que en conjunto con la microbiología ahí generada degradan la materia orgánica y la transforman en humus, agua, CO₂ y otros gases.

El proceso se inicia con una separación primaria de sólidos gruesos, para lo cual se contemplan cámaras de rejillas.

Posteriormente, el agua servida es acumulada en un estanque de homogenización, desde donde se impulsa para ser dispersado por aspersión sobre la superficie del lombrifiltro en donde se produce un proceso de adsorción de las partículas disueltas en el líquido, quedando retenidas en las capas filtrantes para ser posteriormente digeridas por las lombrices y la microbiología existente del sistema.

La materia orgánica del afluente es consumida por las lombrices, pasando una fracción menor de ella a constituir parte de su masa corporal y el resto como deyecciones de las mismas, denominadas comúnmente humus de lombriz.

El efluente posteriormente es sometido a desinfección (cloración) para la reducción de los coliformes fecales.

El tipo de lombriz usada en este tipo de sistema es la de tipo californiana, las cuales pueden criarse en cualquier lugar del planeta que posea temperaturas ambientales que no superen los 40 °C.

Entre los 14 °C y 27 °C alcanzan máxima capacidad de reproducción y de producción de humus, pero se reproducen menos durante los meses más cálidos y los más fríos. Cuando la temperatura es inferior a 7 °C, las lombrices no se reproducen, pero siguen produciendo abono en menor cantidad.

Los lombrifiltros son baratos de construir y son usados en localidades de hasta 3.000 habitantes (Baraño y Tapia, 2004).

Respecto al tamaño se pueden tratar 0,6 m³/día de aguas servidas con un área unitaria de 0,75m²/hab

La Figura 10, muestra un esquema simplificado de un lombrifiltro, con sus principales estratos.



Figura 10. Esquema simplificado de un lombrifiltro.

Fuente: Vera, 2012

1.4.3 Normativa aplicable al sector sanitario.

En la Tabla 3, se muestra normativa atinente al sector sanitario que es de relevancia para esta investigación. En un sistema rural de potabilización y tratamiento de aguas servidas.

Tabla 3. Normativa aplicable al sector sanitario.

Norma	Año de publicación	Título
D.F.L 725	1968	Código sanitario
DS 735	1969	Reglamento de los servicios de agua destinados al consumo humano.
NCh 1.333	1978	Norma chilena sobre requisitos de calidad de agua para diferentes usos.
D.F.L 1.122	1981	Código de aguas
D.F.L 382	1988	Ley General de Servicios Sanitarios
DS 609	1998	Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos al sistema de alcantarillado
DS 90	2000	Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
DS 46	2003	Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas
NCh 409	2005	Norma de calidad de agua potable.
DS 4	2009	Reglamento para el manejo de lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas servidas.
Ley 20.998	2017	Ley que regula los Servicios Sanitarios Rurales.

Fuente: MINSEGPRES (2016); INN (1987); MINSEGPRES (2001); MOP (2004); INN (2005); SUBDERE 2018; SUBDERE 2009.

Cabe destacar la Ley 20.998 que regula los Servicios Sanitarios Rurales, la cual viene a responder la necesidad de contar con un marco legal propio para el sector sanitario rural, que permita el crecimiento de las organizaciones comunitarias que administran, operan y mantienen los sistemas de Agua Potable Rural (APR) y a su vez, defina el rol del Estado. Esta Ley, fue desarrollada por el Ministerio de Obras

Públicas a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, reglamenta aspectos técnicos, normativos, tarifarios y formas de gestión, tanto para agua potable como para la recolección y tratamiento de aguas servidas. Además, busca formalizar y fortalecer el trabajo de los Comités y Cooperativas de APR.

La gran brecha que existe en materia de agua potable y saneamiento, entre el sector urbano y rural, debido a, la escases de recursos económicos, falta de apoyo por parte de organismos competentes en la materia y de voluntad política y, carecer actualmente de normativa, afectan la calidad de vida de la población, transformándose en un problema de salud pública.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La finalidad de este trabajo es adaptar la metodología de los PSA y PSS a la realidad local, enfocándose en la descripción de los sistemas de agua potable y aguas servidas y la determinación de los peligros y eventos peligrosos, producidos en la localidad de Tomeco.

Tomeco, pertenece a la comuna de Yumbel, Región del Biobío, se encuentra a 66,5 km de la ciudad de Concepción, capital regional. Esta localidad cuenta con una captación subterránea para la producción de agua potable.

De acuerdo a lo expuesto en los antecedentes en donde se muestra que existe una gran brecha entre el sector urbano y rural en la temática de agua potable y fundamentalmente de saneamiento (sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas servidas), es que este estudio plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los peligros y eventos peligrosos dentro de los sistemas de agua potable y saneamiento rural que presentan mayor riesgo para la salud de la población en la localidad de Tomeco?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Identificar los peligros y eventos peligrosos para el sistema de saneamiento rural en el contexto de Planes de Seguridad del Agua (PSA) y Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS) de un caso estudio.

3.2 Objetivos específicos.

- Describir los sistemas de tratamiento de agua potable y aguas servidas en la localidad de estudio.
- Identificar los diferentes peligros y eventos peligrosos en los sistemas de agua potable y aguas servidas en la localidad de estudio.
- Proponer medidas de mejoras y recomendaciones para el sistema de saneamiento de la localidad de estudio.

4. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio.

Tomeco se ubica en la región del Biobío, provincia de Biobío, comuna de Yumbel. La Figura 11 ilustra su ubicación respecto al territorio nacional, regional y comunal, además, de la ubicación de sitios de interés en la localidad.

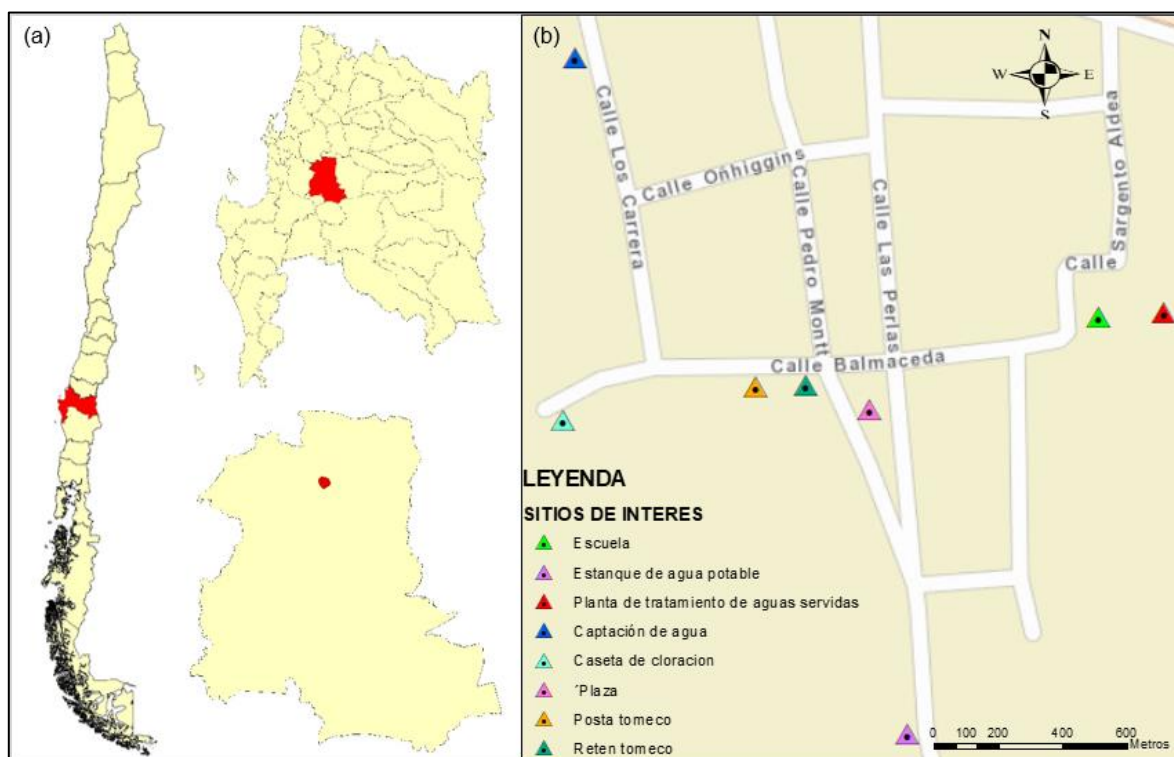


Figura 11. Ubicación de la localidad de Tomeco.

(a) se muestra su localización respecto al territorio nacional, regional y comunal y en (b) se observa su distribución espacial.

Según el Censo de población y vivienda del año 2017, la comuna de Yumbel tiene una población total de 21.198 habitantes, con un crecimiento de 3,60% con respecto al Censo de 1992. En cuanto a la población por sexo hay 10.733 mujeres y 10.465 hombres.

En relación a los indicadores demográficos, se destaca el crecimiento de la población en el tramo de 65 años de un 8,7 % para el año 1992 a un 16,9% el año 2017.

Por otra parte, existe un decrecimiento importante en el tramo de 0-14 años, ya que para el año 1992 era de un 29,6% llegando a un 17,9% el año 2017. En la Tabla 4, se muestra en detalle la evolución de los indicadores demográficos de los Censos de 1992, 2002 y 2007 en relación a la población total, por sexo y tramos etarios.

Tabla 4. Indicadores demográficos comuna de Yumbel años 1992, 2002 y 2017.

Población	Censo 1992	Censo 2002	Censo 2017
Población total	20.460	20.498	21.198
Hombres	10.396	10.442	10.465
Mujeres	10.064	10.056	10.733
Total grupos de edad			
Población 0-14 años	6.058	4.948	3.804
Población 15-64 años	12.613	13.247	13.803
Población 65 años o más	1.789	2.303	3.591
Porcentaje de Población			
Porcentaje 0-14 años	29,6%	24,1%	17,9%
Porcentaje 15-64 años	61,6%	64,6%	65,1%
Porcentaje 65 años o más	8,7%	11,2%	16,9%
Hombres			
Población 0-14 años	3.101	2.582	1.955
Población 15-64 años	6.475	6.757	6.835
Población 65 años o más	820	1.103	1.675
Porcentaje de Población			
Porcentaje 0-14 años	29,8%	24,7%	18,7%
Porcentaje 15-64 años	62,3%	64,7%	65,3%
Porcentaje 65 años o más	7,9%	10,6%	16,0%
Mujeres			
Población 0-14 años	2.957	2.366	1.849
Población 15-64 años	6.138	6.490	6.968
Población 65 años o más	969	1.200	1.916
Porcentaje de Población			
Porcentaje 0-14 años	29,4%	23,5%	17,2%
Porcentaje 15-64 años	61,0%	64,5%	64,9%
Porcentaje 65 años o más	9,6%	11,9%	17,9%

Fuente: Censo 1992; Censo 2002; Censo 2017.

En el caso particular de la localidad de Tomeco se tiene solamente la información del Plan Estratégico de Desarrollo Comunal (PLADECO 2018 – 2021), donde la población es de 189 habitantes, el 52% corresponde a mujeres y el 48% a hombres.

Cuenta con importantes equipamientos como; Escuela en buen estado de conservación y que funciona en Jornada Escolar Completa, Posta de Salud, Retén de Carabineros, Sede Comunitaria, plaza. Presenta un mejoramiento del sistema actual de captación, almacenamiento y distribución de agua potable rural, además, de sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

Presenta un clima de tipo mediterráneo con estación seca y húmeda, con cuatro estaciones bien marcadas. Presenta mayor amplitud térmica diaria, lo que implica altas temperaturas durante el día y bajas en la noche. La temperatura media anual es de 13,7°C, el mes más cálido es enero con una temperatura media de 20,6°C y julio es el mes más frío con un promedio de 8,2°C.

Las precipitaciones anuales son de aproximadamente 1.303,2 mm. El mes más seco es enero con una media de 25,2 mm y el más lluvioso junio con una media de 256,4 mm.

La zona es drenada por el río Claro, que constituye una subcuenca, del río Biobío. El río Claro tiene un área de 800 Km² y posee un caudal de 5 m³/seg, tiene una alimentación netamente de carácter pluvial. Sus principales tributarios son los esteros Tapihue, Colliguay, Coihuico y Cambrales. Otros cursos importantes son el estero Pachagua, el estero Tomeco, el Tapihue, el río Grande o Rere, estero Colchagua, que forman parte de la red hidrográfica del ámbito cordillerano costero del sector poniente. La red hídrica del área de estudio se ve en la Figura 12.

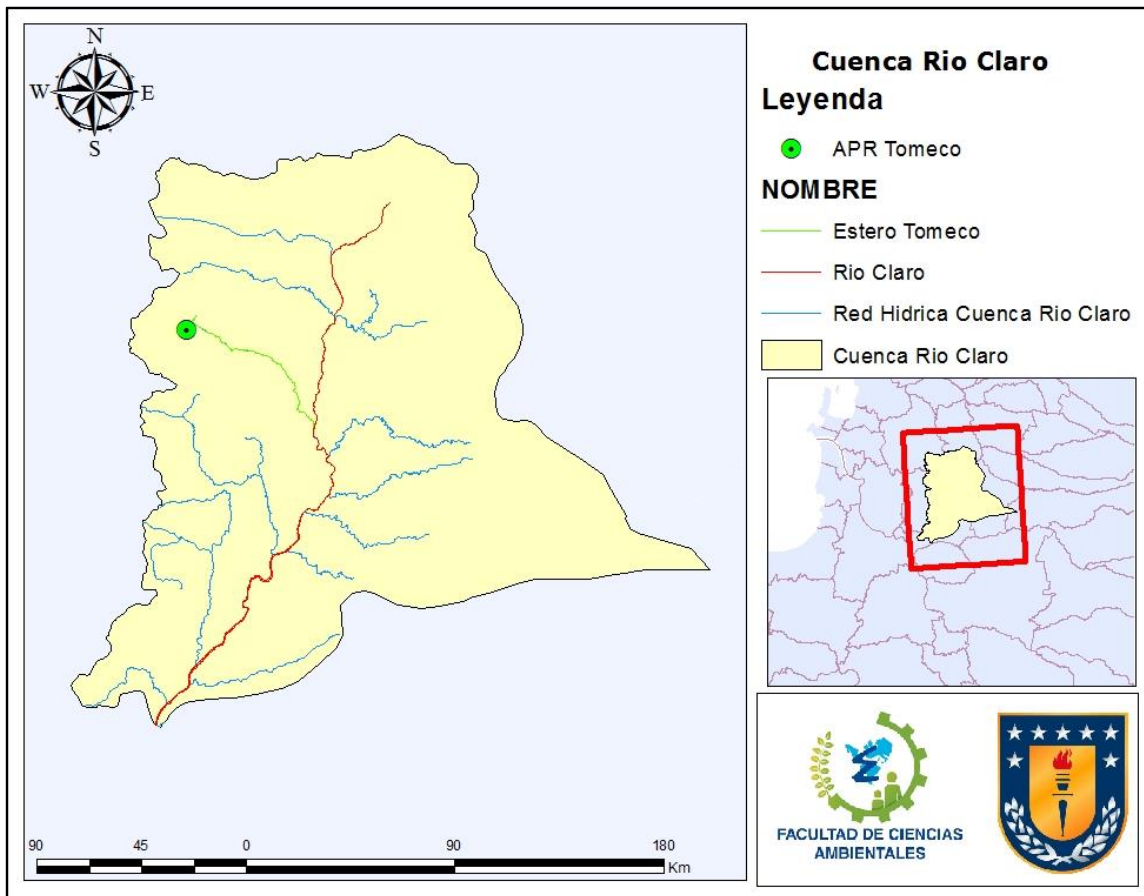


Figura 12.Red hídrica de área de estudio.

Fuente: DOH, 2018

Las principales actividades económicas desarrolladas en la zona, son agrícola, forestal, comercio, hoteles y restaurantes, los que en su mayoría se ubican a orilla de carretera.

En la zona existe un predominio de terrenos agrícolas, praderas y matorrales, lo que se muestra en la Figura 13.

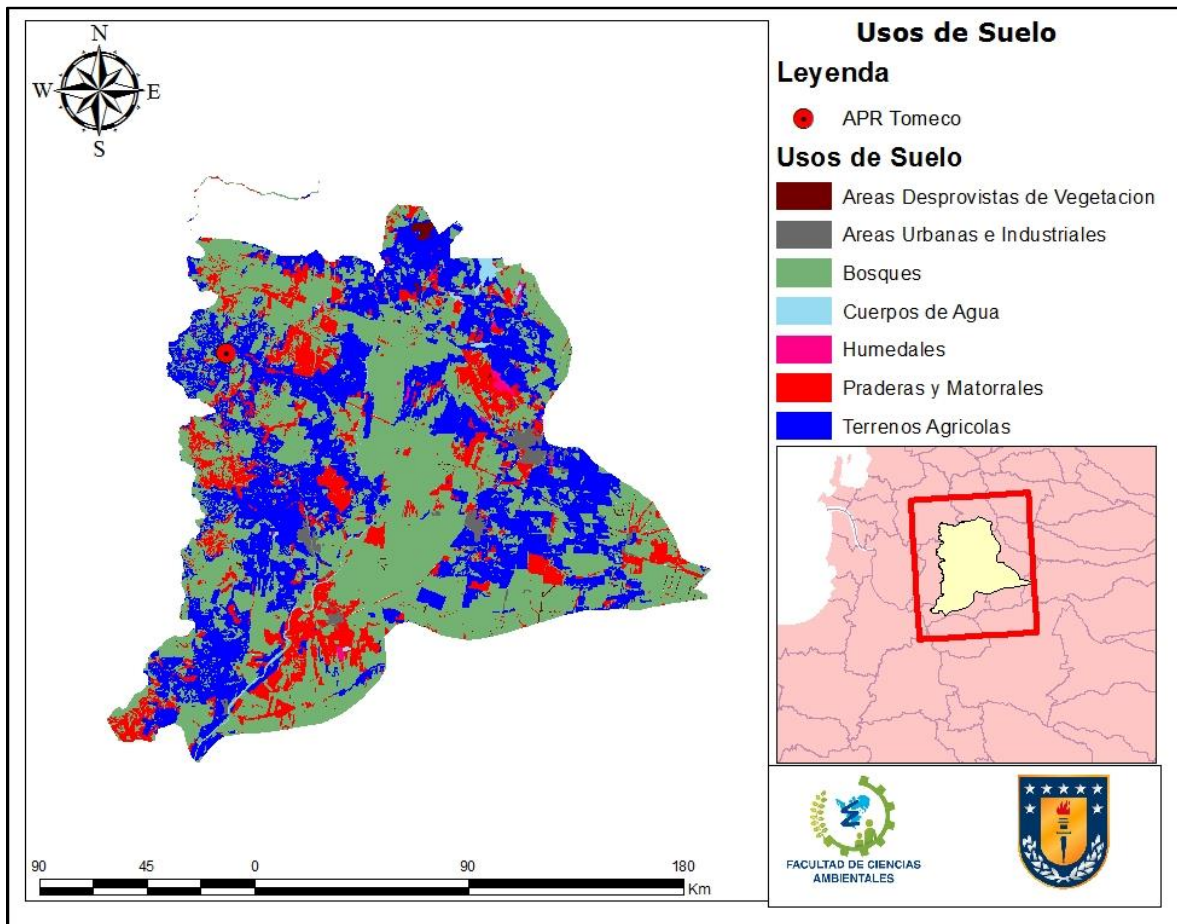


Figura 13. Usos de suelo localidad de Tomeco.

Fuente: Usos de suelo CONAF, 2015.

Las principales características del área de estudio se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Caracterización del área de estudio.

Región	Biobío
Provincia	Biobío
Comuna	Yumbel
Latitud	36.9833
Longitud	72.6167
Clima	Templado mediterráneo
Temperatura media anual	13,7° C
Precipitación media anual	1.303 mm
Actividades Económicas	Forestal, Agrícola
Población	189 Habitantes

Fuente: PLADECO 2018-2021.

4.2 Enfoque metodológico.

En esta localidad los objetos de estudio son los sistemas de agua potable y de saneamiento rural.

La metodología de este estudio se basa en los Planes de Seguridad del Agua (PSA) y Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS), herramientas que consisten en la evaluación y gestión de riesgos, abarcando todas las etapas de los sistemas.

Estas metodologías tienen diferentes módulos que van desde su preparación, que incluye la formación de los equipos de trabajo, evaluación de los sistemas, monitoreos operativos, gestión y comunicación y retroalimentación y mejora.

La investigación trata fundamentalmente de los módulos de “Descripción de los sistemas de suministro de agua y de saneamiento” (sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas), relacionado con el primer objetivo de la investigación y “Determinación de los peligros y eventos peligrosos para ambos sistemas”, vinculado con el objetivo dos.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se realizaron las siguientes actividades: levantamiento de información sobre la localidad de Tomeco, inspecciones en terreno a la planta de tratamiento de agua potable y de aguas servidas, elaboración

de entrevistas semiestructuradas y elaboración de matriz de peligros y eventos peligrosos para los sistemas de suministro de agua potable y saneamiento.

4.2.1 Fuentes de información.

Las fuentes de información para esta investigación son inspecciones en terreno, aplicación de instrumentos de consulta y solicitud de información a través de Ley de Transparencia.

a) Información obtenida de inspección.

Se realizaron visitas a terreno, los días 8 y 27 de noviembre de 2018, a la localidad de Tomeco, en donde se inspeccionó la zona de captación de agua, caseta de cloración, estanque de agua potable y planta de tratamiento de aguas servidas, en donde se obtuvo registro fotográfico para evidenciar el estado de los sitios inspeccionados.

En el mes de enero de 2019 (los días 3,4 y 10) se visitó la planta de tratamiento, en donde el Comité de APR tiene su oficina, para solicitar toda la documentación disponible.

La información obtenida fue la siguiente:

- a) Registro diario de cloro residual periodo 2013-2018, realizado por el operador de la planta, con esto se observó la evolución en el periodo y se realizó una comparación con el registro de cloro residual del análisis elaborado por el laboratorio Biodiversa para el mismo periodo de estudio.
- b) Registro de análisis de calidad de agua realizado por la Unidad de Saneamiento oficina provincial Los Ángeles, SEREMI de Salud Región del Biobío, para los años 2013, 2014, 2016-2018. Estos análisis se efectúan anualmente, exceptuando el año 2017 en donde se obtuvieron los registros en los meses de abril y agosto. Con esta información se observó la evolución temporal de los siguientes parámetros turbiedad, pH, cloruros, sulfatos, sólidos disueltos totales, cobre, cromo total, fluoruro, magnesio, hierro,

manganeso, selenio, zinc, arsénico, cadmio, mercurio, nitrito, nitrato y plomo. Además de ello se compararon con los valores máximos permitidos en la NCh 409 y se determinó la frecuencia de toma de muestra para el periodo en estudio. En el anexo 1, se muestra un ejemplo de estos registros.

- c) Registro de análisis de calidad de agua efectuados por el laboratorio Biodiversa, mensualmente, para el periodo 2005 - 2018. Los parámetros analizados son bacteriológicos (Escherichia Coli y Coliformes totales), turbiedad, pH, cloro residual y color verdadero, gráficamente se observó la evolución temporal de la concentración de los parámetros en el agua potable, se comparó con los valores máximos permitidos en la NCh 409, además, se determinó la frecuencia de toma de muestra para los años en los que existía registro. En el anexo 2, se observa un ejemplo de estos registros.
- d) Registro de producción y consumo de agua potable.

d.1 Tarjeta de control de consumo de agua potable del periodo 2008- 2018 en donde se registra el nombre del socio, Rut, dirección, N° de socio, lecturas de medidor, los m³ consumidos mensualmente y el valor a pagar. Con este valor se obtuvo el consumo mensual de agua potable de la localidad de Tomeco.

d.2 Registro diario de producción de agua potable efectuado por el operador de la planta para el periodo 2014- 2018. Con esta información se analizó la tendencia en la producción de agua potable para la localidad de Tomeco.

d.3 Cálculo de pérdida de agua potable con la información obtenida en terreno y registros.

Con la producción (m³) y consumo(m³) de agua potable se calculó la pérdida de agua potable para el periodo 2014 – 2018, lo que se detalla a continuación.

La pérdida en un sistema de distribución de agua potable, se define como el volumen total de agua, que es entregado a los consumidores no es facturado, debido a que no es registrado por los medidores domiciliarios (Ramírez, 2017).

Utilizando la información de registros diarios de caudal de producción, los datos de facturación del sistema, los que incluyen a los socios del comité de agua potable y el volumen consumido por cada uno, mensualmente, se determinó el nivel de pérdida del APR de Tomeco.

El volumen de producción, distribuido en la red de agua potable, es registrado por un equipo que se encuentra instalado a la salida del estanque. El volumen de facturación de los socios es registrado en medidores de las viviendas, de esta manera se cuantifica el volumen de agua consumido.

Por lo tanto, el volumen no facturado se calcula de la siguiente manera:

volumen de producción- volumen facturado= volumen no facturado.

b) Instrumento de consulta a actores relevantes.

En este estudio se confeccionaron dos instrumentos de consulta (listas de chequeo y entrevistas semiestructuradas), pertinentes para actores claves, relacionados con el sistema de saneamiento (sistema de agua potable, sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas servidas), de la localidad de Tomeco.

La elaboración de las entrevistas semiestructuradas se basaron en los siguientes documentos:

- Fichas técnicas de la Dirección de Obras Hidráulicas, enero de 2018.
- Estudio de soluciones sanitarias de Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE), 2018.
- Incident Action checklist-Wildfire EPA., obtenido de sitio web <https://www.epa.gov/waterutilityresponse/incident-action-checklists-water-utilities>, consultada en octubre de 2018.
- Drinking Water Program Emergency Response Plan Compliance Checklist, obtenido del sitio web <https://www.mass.gov/files/documents/2016/08/ta/erpclist.pdf>, consultada en octubre de 2018.

- Emergency response and contingency planning for small water system. Junio 2016, división de protección de salud, Ministerio de Salud, British, Columbia.

Los actores a los que se le aplicó esta herramienta son los siguientes:

- a) Representantes del Comité de Agua Potable Rural (Presidente y Tesorera), se les aplicó una entrevista semiestructurada, cuya finalidad fue obtener información respecto a la gestión realizada tanto para el sistema de agua potable como de aguas servidas.
- b) Operadores de las Plantas de Agua Potable y de Tratamiento de Aguas Servidas, se les aplicó la entrevista semiestructurada para conocer la operación y mantención de las plantas de tratamiento y aspectos relacionados con la seguridad laboral.
- c) Representantes de salud, Departamento de acción sanitaria SEREMI de Salud, Región del Biobío, la finalidad de aplicar la entrevista semiestructurada es conocer el rol de organismos públicos en materia de saneamiento, en fiscalización sanitaria (calidad de agua potable y aguas servidas) y conocimiento sobre Planes de Seguridad del Agua y Planes de Seguridad de Saneamiento.
- d) Comunidad de Tomeco, con el objetivo de obtener información referente a la percepción de la comunidad sobre la calidad del servicio de agua potable y de aguas servidas.

Luego de elaboradas las entrevistas semiestructuradas, para el caso particular de la comunidad de Tomeco, se determinó la muestra de la población (número de viviendas), a las que se les aplicaría el instrumento para ello se utilizó la siguiente ecuación matemática:

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

En donde:

n=Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

Z= Nivel de confianza

p=Proporción aproximada del estudio en la población de referencia.

q=proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno de estudio

d=nivel de precisión (error máximo aceptable).

Para obtener el tamaño de la población (N), se contrastó información del último Censo de población y vivienda 2017, entregada por la Dirección de Obras Hidráulicas y aquella información otorgada por el comité de agua potable de Tomeco, dando una población de 90 viviendas.

El nivel de confianza indica el grado de confianza que se tendrá de que el valor verdadero del parámetro en la población se encuentre en la muestra calculada. Cuanta más confianza se desee, será más elevado el número de sujetos necesarios. En este caso se estableció un nivel de confianza de un 95% y un valor Z de 1,96 (Pita, 2011) que corresponde al coeficiente asociado a dicho nivel de confianza. (Aguilar, 2005).

El porcentaje estimado de la muestra es la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, la cual se estima sobre marcos de muestreos previos o se define. La certeza total siempre es igual a uno, las posibilidades a partir de esto son “p” de que sí ocurra y “q” de que no ocurra ($p+q = 1$). Cuando no se tienen marcos de muestreo previos, como es el caso de esta investigación, se usa un porcentaje estimado de 50%, con lo que se asume que “p” y “q” tienen igual probabilidad (Sampieri, 2006).

El error máximo aceptable se define como el error potencial que se admite como tolerancia que la muestra no sea representativa de la población y en este caso se fijó en un 5% (Aguilar, 2005).

La Tabla 6 indica los datos solicitados para el cálculo de tamaño de la muestra.

Tabla 6. Datos solicitados para el cálculo de tamaño de la muestra.

Datos	Tomeco
Tamaño del universo (viviendas)	90
Error máximo aceptable (%)	5
Nivel deseado de confianza (%)	95
Porcentaje estimado de la muestra (%)	50
Tamaño de la muestra (viviendas)	73

Fuente: Sampieri, 2006

La Tabla 7 resume las características de las entrevistas semiestructuradas elaboradas para los diferentes actores.

Tabla 7. Características de las entrevistas semiestructuradas elaboradas para este estudio.

Entrevista semiestructurada	Fecha de aplicación de encuesta	Ítem (Instrumento de Consulta)	Cantidad de Preguntas	Total preguntas
Representantes Comité de agua potable de la localidad de Tomeco	24 enero	Preguntas Generales	32	85
		Sistema de agua potable	40	
		Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas	13	
Operador planta de agua potable	17 enero	Preguntas generales	17	134
		Captación	21	
		Operación y tratamiento	45	
		Elementos de protección personal(EPP)	38	
		Planes de contingencia	13	
Operador planta de tratamiento de aguas servidas	17 enero	Preguntas generales	25	124
		Operación y tratamiento	51	
		Elementos de protección personal (EPP)	38	
		Planes de Contingencia	7	
		Preguntas relacionadas con humedal	3	
Representantes de SEREMI de Salud región del Biobío	8 noviembre	Planes de Seguridad del Agua – Planes de Seguridad de Saneamiento	2	15
		Programa de Vigilancia agua potable y aguas servidas	11	
		Planes de contingencia y emergencia	2	
Habitantes de localidad de Tomeco	11-18 enero	Preguntas generales	2	51
		Sistema de agua potable	29	
		Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas	20	

Una vez realizadas las entrevistas semiestructurada se procedió a realizar el tratamiento de la información, utilizando la aplicación Microsoft Excel año 2016, para el caso particular del instrumento aplicado a la comunidad y el software Arcgis 10.4 para referenciar espacialmente la información obtenida en percepción de la comunidad sobre los servicios de agua potable y aguas servidas.

En los anexos 3,4,5,6, y 7 se muestran en su totalidad las entrevistas semiestructuradas aplicadas a los diferentes actores.

c) Información obtenida por Ley de transparencia.

Esta ley entró en vigencia en abril del año 2009, con el nombre de Ley de Transparencia de la función Pública y de Acceso a la Información de la Administración del Estado (Ley 20.285).

La información que no estaba disponible por el comité de APR o a través de registros publicados en la web fue solicitada por Ley de transparencia. Se solicitaron los siguientes:

- Registro de análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de SALUD, región de Biobío, unidad de saneamiento oficina provincial Los ÁNGELES, años 2005, 2007 y 2015, con respuesta el 11 de marzo de 2019. Solicitud A0048T000630. Respondido con la carta NUM. 00. En el anexo 8, se muestra la respuesta a la solicitud Ley de Transparencia. En el anexo 9, se muestra la planilla Excel que se envió a la SEREMI de SALUD de Biobío, para completar el análisis de calidad de agua para los años 2005- 2018.
- Memoria técnica Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, localidad de Tomeco, con respuesta el 4 de febrero de 2019.

4.2.2 Elaboración de matriz de peligros y eventos peligrosos en los sistemas de agua potable y de aguas servidas.

Luego de analizar la información obtenida en terreno y por entrevistas semiestructuradas a actores claves se procedió a elaborar una matriz de peligros y eventos peligrosos para el sistema de agua potable de la localidad de Tomeco, a partir de la metodología de los Planes de Seguridad del Agua. Los peligros se definen como agentes físicos, biológicos, químicos o radiológicos que pueden dañar la salud pública. Los eventos peligrosos se definen como eventos que introducen peligros (o impiden su eliminación) en el sistema de abastecimiento (Bartram et al., 2009; OMS, 2011). En función de ello se construyó la matriz clasificada en cinco componentes: captación, desinfección, almacenamiento, sistema de distribución y otros (asociados a aspectos financieros, organizacionales y a factores externos o situaciones de emergencias que pueden comprometer la calidad, cantidad y continuidad del servicio). Con respecto al medio de identificación de eventos peligrosos se estableció la siguiente simbología: I: Inspección; PC: Percepción Comunidad; DC: Datos de calidad de Agua; IB: Información Bibliográfica; ES: Entrevista Semiestructurada. De acuerdo a la causa del origen del evento peligroso se asignó la siguiente simbología: D: Diseño, O: Operación, M: Mantenimiento y E: Factores externos. Los peligros fueron clasificados en: B: Biológico. Q: Químico, F: Físico, I: Asociado a la infraestructura daño a las instalaciones C: Asociado a la cantidad de agua y G: Asociado a la gestión del sistema.

Análogamente, considerando los PSS, se elaboró una matriz para el sistema de aguas servidas en donde la matriz se clasificó en seis componentes: sistema de alcantarillado, pretratamiento, tratamiento secundario, desinfección, manejo y disposición de lodos y otros (asociados a aspectos de financiamiento, organización y factores externos o situaciones que puedan comprometer la calidad y continuidad del servicio brindado a la comunidad). El origen del evento y los peligros identificados para el sistema de aguas servidas fue clasificado utilizando el mismo

código que el del sistema de agua potable, al igual que el medio de identificación del evento peligroso (ver Tabla 8).

Tabla 8. Matriz de peligros y eventos peligrosos para sistema de agua potable y de aguas servidas de la localidad de Tomeco.

Componente del sistema	Medio de identificación evento peligroso	Evento peligroso				Peligro						
		Evento	Clasificación				Clasificación					
			D	O	M	E	B	Q	F	I	C	G

Fuente: Elaboración propia basado en Bartram et al.,2009

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan, basándose en los objetivos planteados en la investigación, adaptando la metodología de los PSA y PSS, fundamentalmente la descripción del sistema de agua potable y de aguas servidas y la identificación de eventos peligrosos y peligros asociados a los diferentes componentes de ambos sistemas.

Primero se aborda íntegramente el sistema de agua potable y luego el sistema de aguas servidas (servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas).

Se describen los sistemas, abarcando aspectos de operación, mantención y gestión y, percepción de la comunidad sobre la calidad y continuidad de los servicios entregados. Una vez realizada la descripción a partir de las diferentes fuentes de información, inspección en terreno, aplicación de entrevistas semiestructuradas a actores relevantes e información obtenida del Comité de agua potable de Tomeco, se procedió a identificar eventos peligrosos para cada componente del sistema y los peligros correspondientes.

Finalmente, una vez identificado los eventos peligrosos se proponen medidas de mejora y recomendaciones para los sistemas de agua potable y aguas servidas de la localidad de estudio.

5.1.1. Descripción del sistema de agua potable.

5.1.1.1 Planta de tratamiento agua potable.

El sistema de Agua Potable Rural fue instalado en Tomeco en el año 1980, mediante fondos ex SENDOS. El año 2005 se realizaron obras de mejoramiento que son las que están actualmente. El sistema cuenta con captación subterránea de dos pozos de 18 y 36 m, solo éste último se encuentra en funcionamiento a la fecha de este estudio.

A través de bombas impulsoras y un sistema de conducción compuesto por tuberías de PVC, el agua es transportada hacia la planta en donde se realiza el tratamiento de desinfección, utilizando como desinfectante, hipoclorito de calcio el que es preparado cada 7 - 8 días, luego el agua potable es almacenada en un estanque elevado, con un volumen de capacidad de 40 m³ para ser distribuida a la población, según la entrevista semiestructurada realizada a los operadores y miembros del Comité de agua potable, no tienen conocimiento de la línea de distribución, ni del tiempo de residencia, lo que se relaciona con el proceso de desinfección en el sistema de distribución de la localidad.

La Figura 14, muestra fotografías de zonas de captación, caseta de cloración y sitio de estanque de agua potable de la localidad de Tomeco.



Figura 14. Sistema de agua potable localidad de Tomeco.
a) y b) zona de captación, c) caseta de cloración, lugar donde se realiza proceso de desinfección, d) estanque de almacenamiento de agua potable.

En las Tablas 9 y 10 se detallan los parámetros de diseño de la planta de agua potable para la captación, conducción, estanque de almacenamiento y sistema de distribución.

Tabla 9. Características de la captación del sistema de agua potable Tomeco.

Componente del sistema	Captación 1
Año de construcción	2003
Tipo	Sondaje
Tipo de fuente	Napa subterránea
Caudal de diseño (l/s)	6,5
Tipo de conducción	Con bomba
Material sondaje	Tubos metálicos
Profundidad sondaje (m)	36
Nivel estático(m)	2,5
Diámetro (m)	0,203
Localización bomba de impulsión	En el agua
Tipo de bomba de impulsión	Sumergible
Año de instalación bomba	2013
Financiamiento	Comité de APR
Potencia máxima bomba de impulsión (HP)	3
Caudal bomba de impulsión (l/s)	3
Fuente de energía	Electricidad
Horas promedio de trabajo de bomba	14,35

Fuente: SIAPR, 2017

Tabla 10. Características de la conducción del sistema de agua potable Tomeco.

Componente del sistema		
Conducción	Ubicación	Desde captación a estanque
	Tipo	Impulsión
	Año de construcción	2005
	Material	PVC
	Longitud (m)	700
	Diámetro (pulgadas)	3
	Nº de válvulas	3
	Cantidad de estanques	1
Estanque	Tipo	Elevado
	Propiedad	Comité APR
	Año de construcción	2005
	Material	Metálico
	Altura (m)	20
	Volumen (m3)	40
	Localización	Camino
Sistema de distribución	Año de construcción	2005
	Material	PVC
	Longitud (m)	1810
	Nº válvulas	10
	Arranques	96
	Tipo	Red eléctrica
Suministro eléctrico	Empresa proveedora	Coelcha
	Capacidad transformador (KVA)	15
	Generador	Ausencia
	Diámetro caudalímetro (mm)	80
Otros	Tipo	Metálico
	Desinfectante	Hipoclorito de calcio

Fuente: SIAPR, 2017

Importante destacar que al realizar la inspección se observa falta de mantención (tuberías con presencia de óxido) y limpieza en la zona de captación (ver anexo 10). En la caseta de cloración se pudo observar falta de mantención (falta de pintura al interior, presencia de óxido en tuberías). También mencionar que en el área se encuentran filtros y sedimentadores los que están en desuso, la función de ellos era disminuir la concentración de hierro (ver anexo 11).

Con respecto a la utilización de Elementos de Protección Personal (EPP), por parte del operador, durante la inspección éste no los utiliza, a pesar de que los tiene, ya que mencionó que no se sentía cómodo con ellos ni tampoco existe una exigencia por parte del comité en cuanto a su uso.

5.1.1.2 Calidad de agua potable localidad de Tomeco.

En Chile los servicios de agua potable para el sector rural deben cumplir con los requisitos de calidad que establece la autoridad sanitaria. La norma NCh 409, establece los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable destinada a la bebida proveniente de cualquier sistema de abastecimiento, junto con los procedimientos de inspección y muestreo para verificar su cumplimiento.

Se analizan los resultados de los parámetros de calidad de agua de Tomeco, que presentan interés, producto de que son indicadores de problemas de funcionamiento del sistema, los que pueden afectar la calidad de agua potable, afectando a la salud y calidad de vida de la población.

Los parámetros de análisis son turbiedad, pH, cloro residual, cobre, plomo y nitratos. Los registros no incluyen especificidad.

a) Análisis de turbiedad.

La turbiedad del agua se produce por la presencia de partículas de materia que provienen de la fuente o bien de los sistemas de distribución.

La turbidez es un parámetro de control importante en el control de los procesos de tratamiento, indicando la presencia de problemas en la coagulación, sedimentación y filtración.

La Figura 15 muestra los resultados para el análisis de turbiedad, realizados por el laboratorio Biodiversa para el periodo 2005- 2018, en donde se tiene que un 4,1% de las muestras tomadas presentaron valores sobre 2 NTU, que es el valor máximo permitido para el promedio mensual de turbiedad, de acuerdo a la normativa. Para el caso de Tomeco el análisis de turbiedad tiene una frecuencia mensual, por lo que se tienen 12 registros por año. Los valores máximos detectados fueron 17 NTU en dos oportunidades una en agosto de 2008 y la otra en agosto de 2010.

De acuerdo a la NCh 409/ 2 debería tomarse como mínimo 8 muestras de agua potable mensualmente.

La turbidez se relaciona con el proceso de desinfección para que ésta sea óptima la turbidez debe presentar valores inferiores a 0,1 NTU. A mayores valores el proceso de desinfección no actúa de manera eficaz, causando la proliferación de microorganismos.

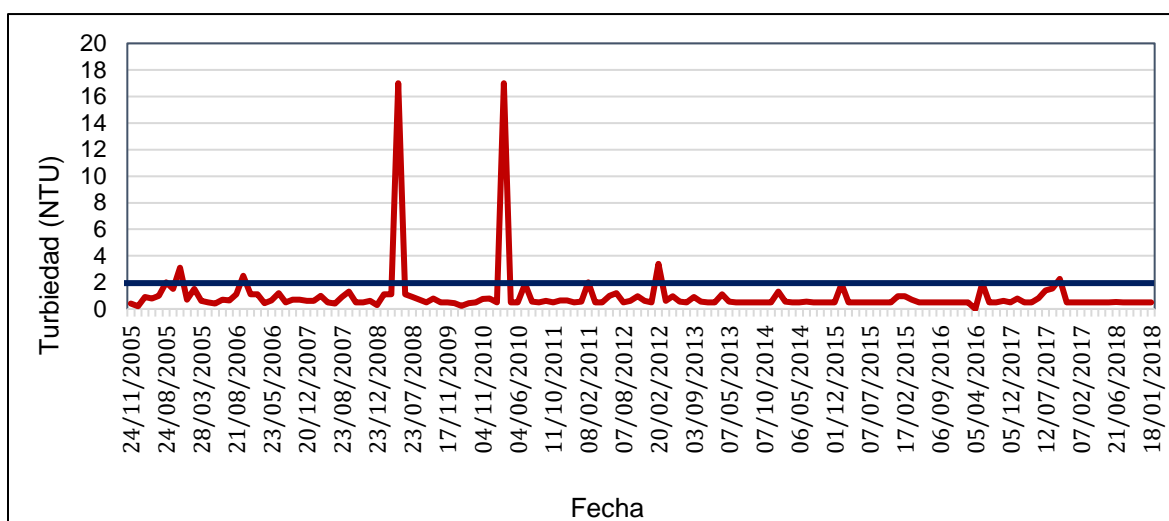


Figura 15. Valores de turbiedad de análisis de calidad de agua realizado por Biodiversa para periodo 2005-2018.
(Línea roja muestra valor máximo admisible de 2 NTU, según NCh 409/1).

b) Análisis de pH.

El pH es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, se debe prestar atención en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que la clarificación y desinfección sean satisfactorias.

Los valores de pH, para el periodo 2005-2018 fluctúan entre 6,95 y 7,90, los que se encuentran en un rango normal de acuerdo a lo establecido por la NCh 409 que es de 6,5 – 8,5, lo que se muestra en la Figura 16.

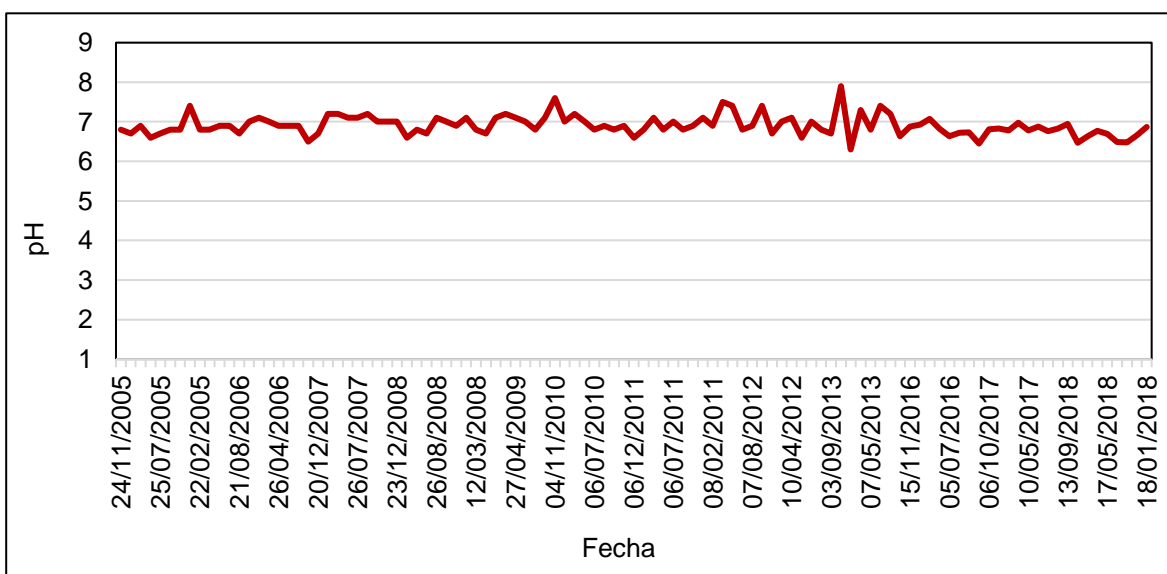


Figura 16. Valores de pH de análisis de calidad de agua realizado por Biodiversa para periodo 2005-2018.

Valores de pH alcalinos necesitan mayor tiempo de contacto y la concentración de cloro residual es mayor para que la desinfección sea adecuada (0,4- 0,5 mg/L a pH 6 – 8, que aumenta a 0,6 mg/L a pH 8 – 9; la cloración puede ser ineficaz si el pH es superior a 9. (OMS, 2006)

A pH inferiores el agua resulta corrosiva lo que afecta de manera principal al sistema de distribución, sobre todo aquellos más antiguos. La corrosión afecta el agua de consumo, provocando efectos adversos en el sabor y aspecto.

c) Análisis de cloro residual.

La desinfección es una operación de importancia para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro. La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.

Dentro de los parámetros de análisis del agua potable está el cloro residual, que se utiliza como medio de desinfección del agua potable que se distribuye por las redes, debiendo existir una concentración residual de desinfectante activo en la red de manera permanente.

Según la NCh 409/1 la concentración máxima residual de cloro libre debe ser de 2 mg/l en condiciones normales de operación en cualquier punto de la red y la mínima concentración residual debe ser de 0,2 mg/L.

La Figura 17, muestra las concentraciones de cloro residual del análisis realizado por el laboratorio Biodiversa, las concentraciones registradas por el operador del APR y la fecha en que la muestra de agua potable fue tomada, para el periodo 2013-2018, los resultados muestran similitud entre ambos valores.

No se superó la norma en todo el tiempo analizado, el mayor valor registrado es de 1,7 mg/L en el año 2016.

Una anomalía registrada se produce en el año 2015 en donde la concentración de cloro residual analizado por biodiversa es de 0 mg/L y el registro del operador de 1 mg/L. En estos casos es importante considerar el lugar de la toma de muestra si es

al inicio o final de la red de distribución, el tiempo de contacto del cloro, lo que no se pudo determinar con la información brindada por el comité de APR de Tomeco. Los registros obtenidos por los informes realizados por el laboratorio Biodiversa y los registros del operador incluyen una definición incompleta del punto de muestreo, solo se identifica la calle, no considera numeración u otra indicación específica del punto de muestreo.

En función a lo discutido con los miembros del comité de APR, no existe un protocolo establecido para la recolección y entrega de la muestra para su análisis.

En el caso de los informes entregados por Biodiversa, las procedencias de las muestras se mencionan a continuación:

- Red.
- Calle y numeración.
- Solo calle.

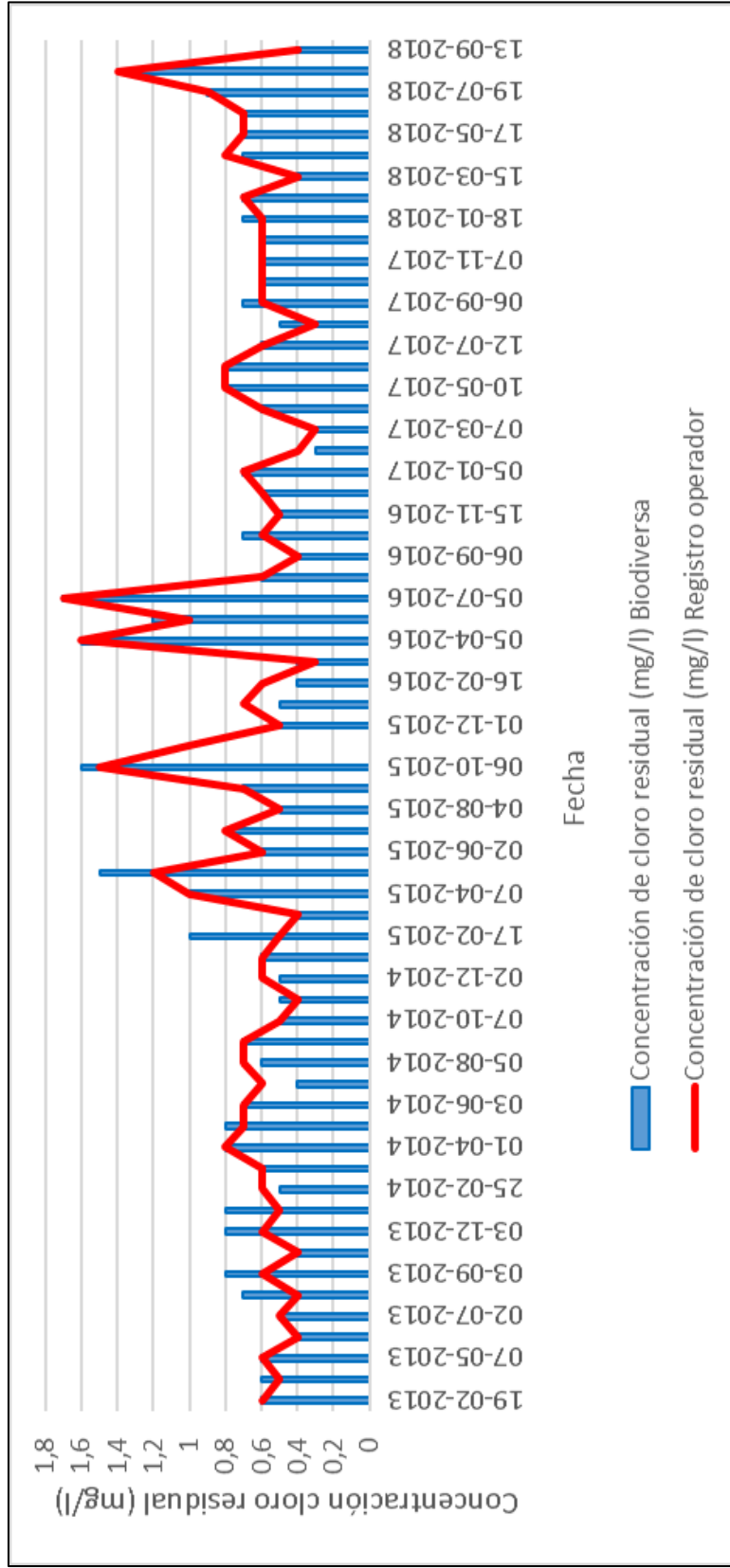


Figura 17. Concentración de cloro residual realizado por laboratorio Biodiversa y Concentración de cloro residual registrado por el operador periodo 2013-2018.

La exposición al cloro, genera efectos en la salud, en bajas dosis provoca irritación del esófago, sensación de ardor en boca y garganta, vómitos, casos de asma que muestran que pueden ser desencadenados por el consumo de agua clorada (Watson SH y Kibler CS, 1933) y casos de dermatitis con la exposición a hipoclorito (USEPA, 1981; Eun HG et al., 1984)

La concentración de cloro residual debe medirse diariamente en los sistemas de agua potable, esta es una de las funciones que realiza el operador, las muestras deben ser tomadas en diferentes lugares y de preferencia en las terminales de la red de distribución.

En la Figura 18 se observa las calles en donde se toma la muestra en Tomeco y cuál es la frecuencia. No se indica numeración del hogar o mayor especificación de donde se toman las muestras. La calle los Carrera presenta la mayor frecuencia con 380 y la iglesia es el lugar con menor frecuencia ya que durante todo el periodo solo en una ocasión se tomó la muestra de agua potable.

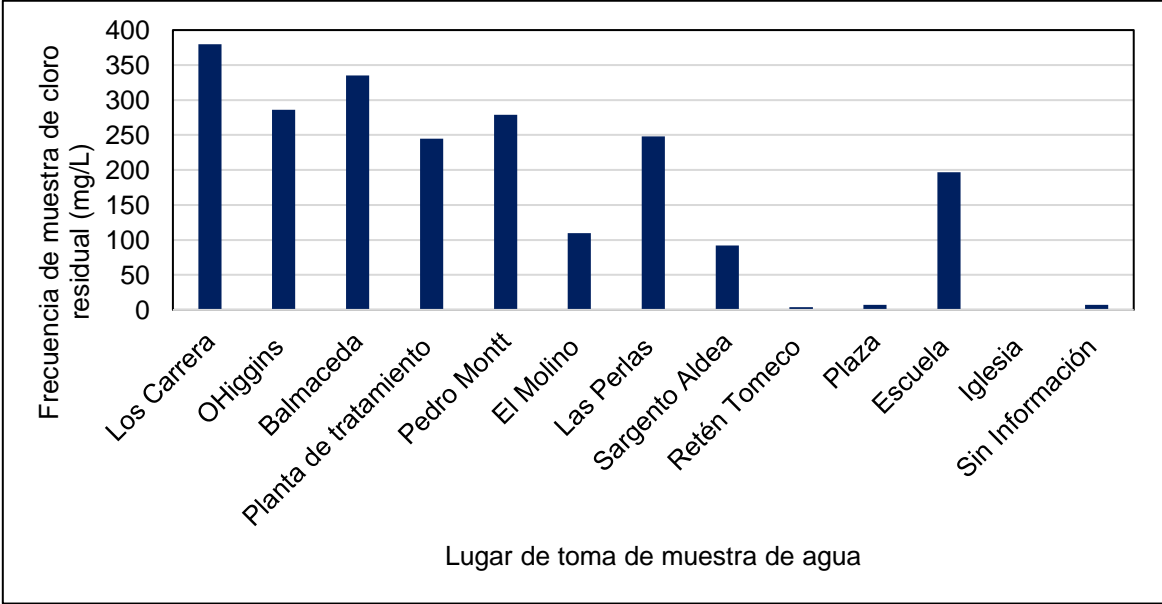


Figura 18. Frecuencia de lugares de toma de muestra de agua Tomeco periodo 2013-2018.

Fuente: Registro cloro residual diario localidad de Tomeco periodo 2013-2018.

d) Análisis de cobre.

La Figura 19 muestra los resultados obtenidos del análisis de cobre realizado por la SEREMI de Salud, para el periodo 2013- 2014 se puede observar que el año 2016 se superó el valor máximo permitido, según la NCh 409 que corresponde a un valor de 2,0 mg/L, lo que es un evento puntual. En cuanto al número de muestras que deben ser tomadas, de acuerdo a lo establecido en la NCh 409/2, es una cuando la fuente es subterránea, como ocurre en el caso de Tomeco.

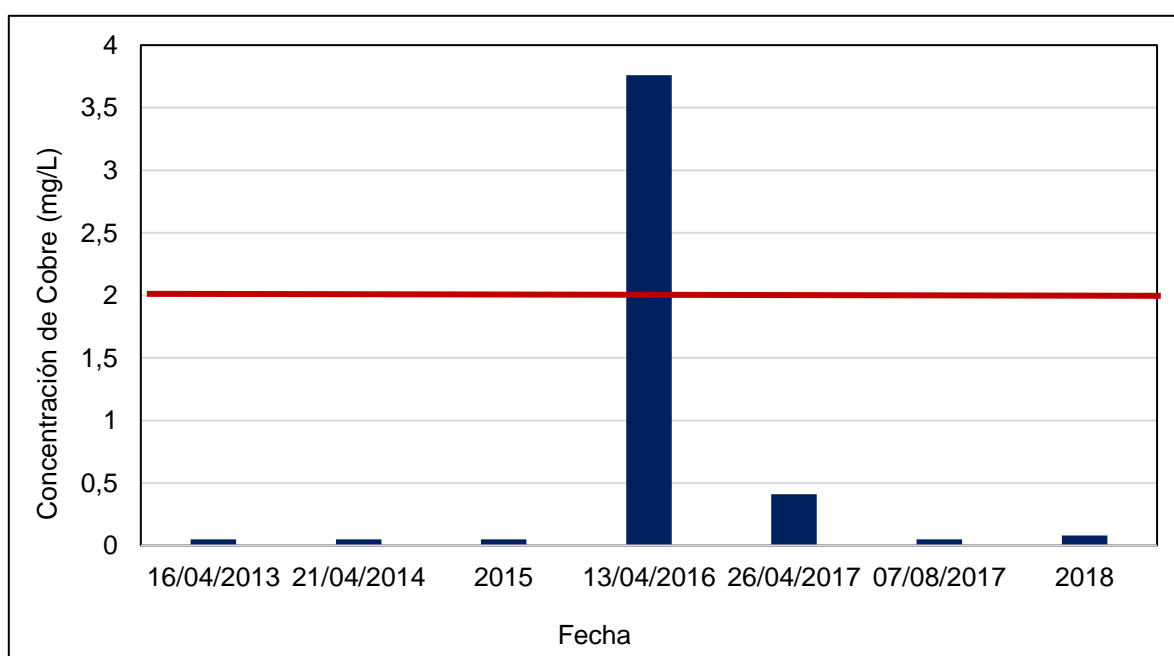


Figura 19. Valores de cobre de análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de Salud para el periodo 2013-2018 (Línea roja muestra valor máximo admisible de 2 mg/L, según NCh 409/1).

El cobre se encuentra en aguas superficiales, subterráneas, marinas y agua potable, pero está principalmente como complejo o material particulado (ATSDR, 2002). La fuente principal de cobre es la corrosión de tuberías interiores (OMS, 2006).

Las concentraciones de cobre en el agua potable a menudo aumentan durante la distribución, especialmente en sistemas con pH ácido o aguas con alto contenido de carbonato con un pH alcalino (USEPA, 1995).

Dosis bajas de cobre pueden causar síntomas típicos de intoxicación (dolor de cabeza, náuseas, vómitos, diarreas).

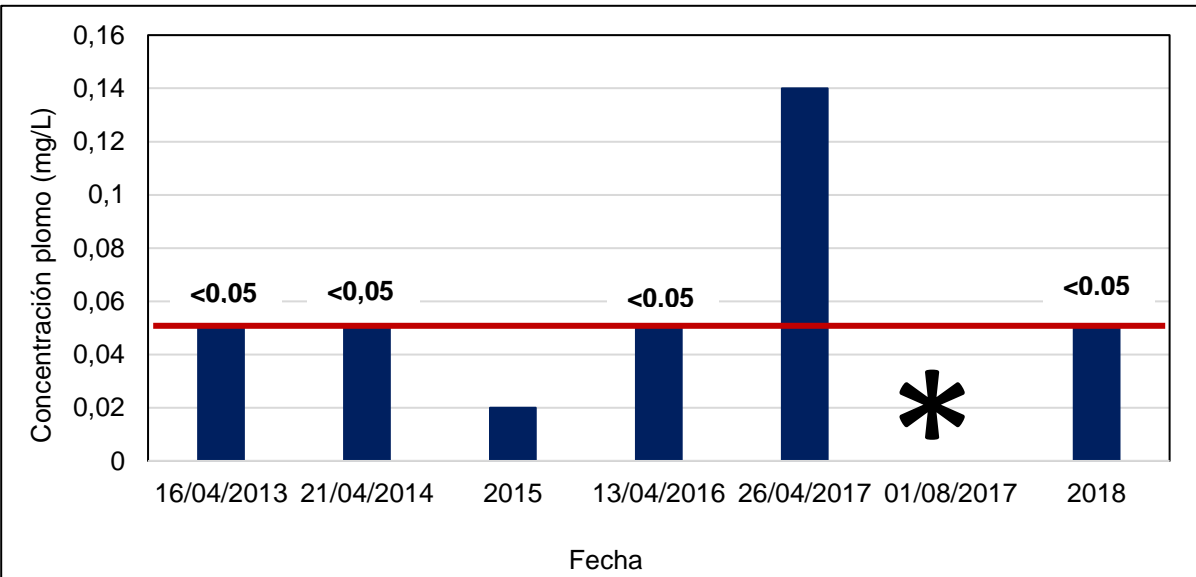
Estudios de casos realizados por (Wyllie, 1957; Spitalny et al., 1984; USEPA, 1987; Knobloch et al., 1994; Low et al., 1996, Stenhammar, 1999), sobre enfermedades gastrointestinales inducidas por cobre en el agua, indican que los síntomas aparecen después de 15 a 60 minutos de exposición.

Según estudio de Agarwal et al., 1993, concentraciones elevadas de cobre se puede generar hemorragia gastrointestinal, hematuria, hemolisis, metahemoglobinemia, toxicidad hepatocelular, insuficiencia renal aguda y oliguria.

La tinción de ropa y de artículos sanitarios se producen en concentraciones de cobre superiores a 1 mg/L.

e) Análisis de plomo.

La Figura 20 muestra los resultados obtenidos del análisis de plomo realizado por la SEREMI de Salud, para el periodo 2013- 2014 se puede observar que en abril del año 2017 se superó el valor máximo permitido, según la NCh 409 que corresponde a un valor de 0,05 mg/L, es solo un fenómeno puntual ya que el resto del periodo los valores son normales. Importante mencionar que, si bien se realizó nuevamente una muestra en el mes de agosto, no arrojó resultados ya que el parámetro no pudo ser evaluado por incapacidad técnica temporal. En cuanto al número de muestras que deben ser tomadas, para este parámetro, según la NCh 409/2, es una cuando la fuente es subterránea, como ocurre en este caso.



(*) = Parámetro no evaluado por incapacidad técnica temporal

Figura 20. Valores de plomo (mg/L) de análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de Salud para el periodo 2013 -2018 (Línea roja muestra valor máximo admisible de 0,05 mg/L, según NCh 409/1).

Las principales fuentes de plomo en los sistemas de agua potable son: tuberías, soldaduras, accesorios o conexiones de los servicios en los hogares.

La cantidad de plomo disuelto en el sistema de tuberías depende de diversos factores, incluida la presencia de oxígeno disuelto, pH y temperatura.

El plomo también puede ser liberado al desprenderse de depósitos de carbonato de plomo en sedimentos de hierro, tuberías antiguas galvanizadas que llevan periodos de tiempo acumulando plomo (OMS, 2006).

En la Tabla 11, se muestra los niveles de plomo en sangre (ug/dL) y los efectos en la salud de la población.

Tabla 11. Niveles de plomo en sangre y los efectos producidos en la salud.

Niveles de plomo en sangre (ug/dL)	Efectos en la salud
110-120 (adultos) 80- 100 (niños)	Signos de intoxicación aguda, inquietud, irritabilidad, falta de atención, dolores de cabeza, temblor muscular, calambres abdominales, daño renal, alucinaciones, pérdida de memoria y encefalopatía
50- 80 (adultos)	Síntomas gastrointestinales
40- 80	Daño a los riñones
>37	Aumento en la hipertensión
50 (adultos) 40 (niños)	Anemia
40-50 (adultos)	Disfunción gonadal en hombres, disminución en el recuento de espermatozoides

Fuente: OMS, 2006.

f) Análisis de nitratos.

El nitrato puede alcanzar tanto el agua superficial como subterránea por actividad agrícola (se incluye el exceso de aplicación de fertilizantes nitrogenado), provenientes de las aguas residuales y de la oxidación de productos nitrogenados en excretas humanas y de animales (OMS, 2006).

Al realizar las visitas a terreno y conversar con los habitantes de Tomeco, estos indican que en la cercanía al radio habitado no existe actividad agrícola y ganadera, asociado a los cambios laborales y actividades productivas de los pobladores en las últimas décadas. por lo tanto, no se puede mencionar como causa de los elevados niveles de nitrato, debiendo considerar otras fuentes de ingreso al sistema.

Esto difiere a la información obtenida de los usos de suelo de CONAF del año 2015 en donde para la cuenca a la cual pertenece la localidad existe actividad agrícola.

El principal efecto en los seres humanos es la incapacidad para transportar oxígeno a los tejidos, metahemoglobinemia, la que causa cianosis y en concentraciones elevadas asfixia (OMS, 2006).

Con respecto a la exposición a nitrato los bebés tienen mayor riesgo debido a una ingesta relativamente alta de nitratos en relación con su peso corporal y una mayor reducción de nitrato a nitrito producto de la baja producción de ácido láctico (FAO/OMS,1996).

Otros grupos susceptibles a la formación de metahemoglobinemia incluyen mujeres embarazadas y personas deficientes en glucosa 6 fosfato deshidrogenasa (Speijers et al.,1989).

Se ha estudiado las posibles relaciones entre la ingesta de nitrato y los efectos en la tiroides. Heltche, 1956 descubrió una asociación entre las altas concentraciones de nitrato en agua potable y la incidencia de bocio. Tanto estudios experimentales como epidemiológicos plantean que el nitrato presente en el agua potable tiene un efecto mayor en la función tiroidea que el nitrato que se encuentra en los alimentos. Por lo tanto, en Tomeco el riesgo que se produzcan casos de metahemoglobinemia y enfermedades producidas por aumento de nitratos en el agua de consumo es bajo.

Además, si bien las concentraciones de nitrato se encuentran en rangos normales en el periodo de análisis se ha visto un aumento sostenible en el tiempo, alcanzando valores cercanos a los 50 mg/L concentración máxima permitida según la NCh 409, llegando a 44,8 mg/L en el año 2017, lo que se observa en la Figura 21.

Al verse una mayor concentración de estos parámetros en el agua potable, existe la posibilidad que se genere un deterioro en componentes del sistema, sufrir fenómenos de corrosión, daño a tuberías, principalmente en la red de distribución, esto tiene efectos en la calidad de agua de bebida y a largo plazo en la salud de la población de Tomeco.

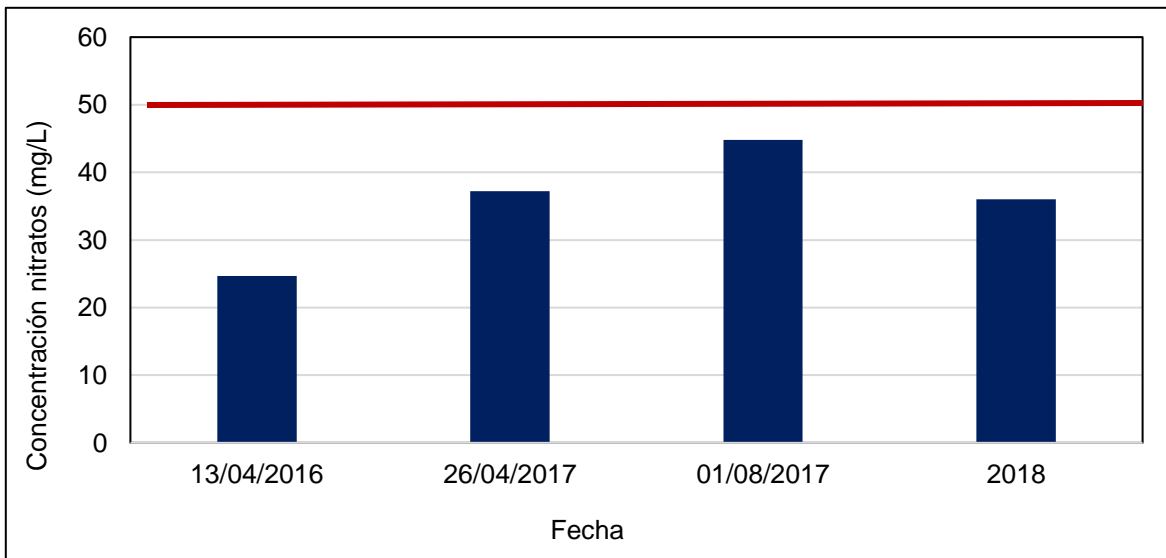


Figura 21. Valores de nitratos de análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de Salud para el periodo 2016-2018.

La Tabla 12 muestra los valores de parámetros de calidad de agua analizados por la SEREMI de SALUD, para los años 2005, 2007 y 2013- 2018 y el valor máximo permitido por la NCh 409 para cada uno de ellos.

Tabla 12. Análisis de calidad de agua realizado por SEREMI de SALUD años 2005, 2007, 2013-2018

Parámetro	Fecha análisis de agua potable										NCh 409
	2005	2007	Abril 2013	Abril 2014	2015	Abril 2016	Abril 2017	Agosto 2017	2018	2018	
Turbiedad (NTU)	0,5	0,15	1	0,45	0,4	0,3	0,6	0,75	<0,1	20	
Conductividad (Us/cm)	SI	SI	335	337	368	335	34,1	365	SI	SI	
Olor	inodora	inodora	inodora	inodora	inodora	inodora	inodora	inodora	inodora	inodora	
Sabor	insípida	insípida	insípida	insípida	insípida	insípida	insípida	insípida	insípida	insípida	
pH	6,8	6,52	6,59	6,96	6,7	7,41	6,74	7,02	6,5	6,5-8,5	
Cloruros (mg/l)	SI	19,6	20,8	21,98	21,4	25,4	26,4	24,2	22,2	400	
Sulfatos (mg/l)	SI	<12	<20	<20	<20	<20	<20	<20	9,0	500	
Sólidos disueltos totales (mg/l)	SI	256	243	225	268	265	279	326	259	1500	
Cobre (mg/l)	SI	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,76	0,41	<0,05	<0,8	2,0	
Cromo total (mg/l)	SI	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,05	0,05	
Fluoruro (mg/l)	SI	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,1	1,5	
Magnesio(mg/L)	SI	13,7	10,45	11,65	12,15	19,6	11,4	12,75	11,8	125	
Hierro (mg/l)	SI	<0,05	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,3	0,3	
Manganeso (mg/l)	SI	<0,5	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	0,05	<0,05	<0,1	0,1	
Selenio (mg/l)	SI	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	
Zinc (mg/l)	SI	0,432	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	3,0	
Arsénico (mg/l)	SI	<0,001	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,01	0,01	
Cadmio(mg/l)	SI	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	0,01	
Mercurio (mg/l)	SI	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SI	<0,001	0,001	
Nitrato(mg/l)	SI	SI	SI	SI	SI	24,7	37,2	44,8	36	50	
Nitrito (mg/l)	SI	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3,0	
Plomo(mg/l)	SI	SI	<0,05	<0,05	<0,02	<0,05	0,14	SI	<0,05	0,05	

Fuente: SEREMI de SALUD 2005 – 2018; NCh 409, 2005

En el anexo 12, se muestra la frecuencia de toma de muestras anuales para el periodo 2005- 2018 realizados por el laboratorio Biodiversa y la SEREMI de SALUD, Región del Biobío, para parámetros bacteriológicos (Coliformes fecales y Escherichia Coli) y físico- químico.

En el caso de la Escherichia Coli para el periodo 2005- 2018, en prácticamente el 100% de las muestras se observa una ausencia de este parámetro, excepto en

5.1.1.3 Cantidad de agua potable.

a) Producción de agua potable.

En la Tabla 13, se observa la producción anual de agua potable (m^3), para el periodo 2014- 2018, la máxima producción y el mes en que se produjo, al igual que la mínima producción y cuando ocurrió.

El año 2016 fue la máxima producción con $16.336 m^3$, por otra parte, el año 2014 se produjo la menor cantidad de agua potable con $11.168 m^3$. El mes de mayor producción durante el periodo de análisis fue marzo de 2018, esto es debido al mayor consumo por parte de la población, además, que se encuentra en funcionamiento la escuela de la localidad, en general la máxima producción se genera en época estival, ya que existe mayor uso del agua potable sobre todo para riego, piscina.

Los meses de mínima producción (julio, agosto, septiembre), corresponden a la época de invierno, en donde el consumo de agua disminuye. El mes de septiembre de 2018 fue el de menor producción en todo el periodo de análisis con $479 m^3$, producto de trabajos realizados por trabajos de la bomba.

Tabla 13. Producción de agua potable (m³) periodo 2014 - 2018.

Año	Producción anual (m ³)	Máxima producción mensual (m ³)	Mes de máxima producción	Mínima producción mensual (m ³)	Mes de mínima producción
2014	11.168	1.292	diciembre	1.002	agosto
2015	13.593	1.436	diciembre	832	julio
2016	16.336	1.579	diciembre	1.175	agosto
2017	15.348	1.490	septiembre	1.261	noviembre
2018	15.309	1.758	marzo	479	septiembre

Fuente: Registro diario de volumen de producción periodo 2014-2018, Tomeco.

b) Consumo de agua potable de la localidad de Tomeco.

El principal consumidor de agua potable en Tomeco es el colegio, con un 24% de consumo para el periodo de estudio 2008- 2018, el que es una fuente de ingresos importante para cubrir los gastos del comité de agua potable. El 75% restante de consumo es por parte de todos los socios del comité y solo un 1% el consumo corresponde al retén de carabineros con 1.407 m³ para el periodo de estudio (ver Figura 22).

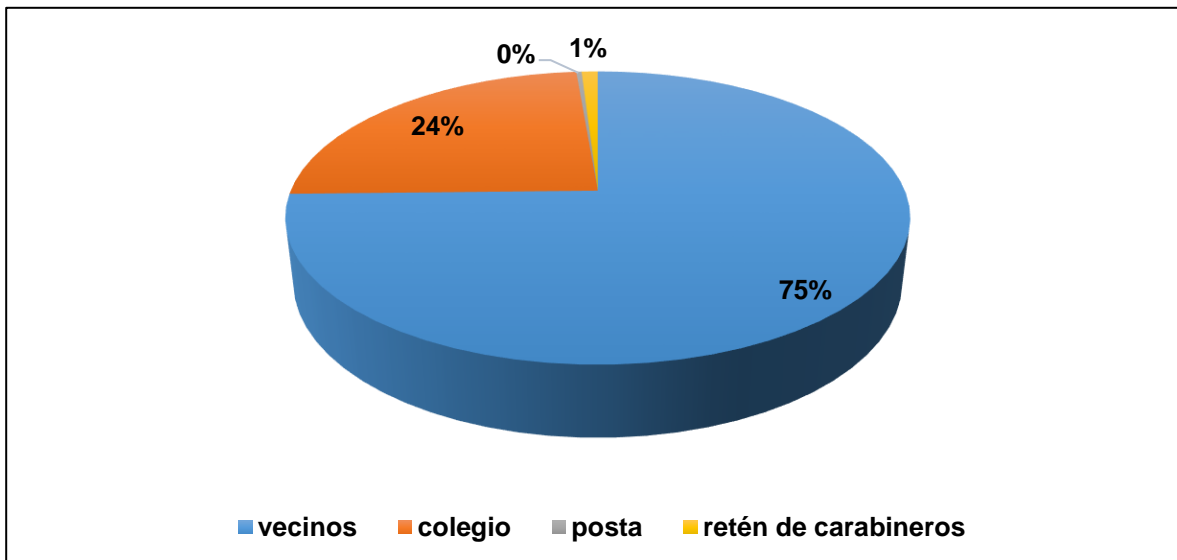


Figura 22. Relación de consumo de agua potable periodo 2008 – 2018 entre el colegio, socios del comité de agua potable de Tomeco, posta y retén de carabineros.

Fuente: Elaboración propia basado en registros de consumo de la localidad de Tomeco periodo 2008-2018.

La Figura 23, muestra la evolución del consumo de agua potable para Tomeco en el periodo 2008- 2018. El consumo máximo para los vecinos es de 12.548 m³ y fue el año 2014. Para la escuela el máximo consumo fue el año 2013 con 4.350 m³. El consumo de agua de los vecinos entre los años 2008 y 2011 se mantienen estables entre los 6.000 y 8.000 m³. Desde el año 2012 en adelante ha aumentado el consumo a entre 10.000 y 12.000 m³. Esto debido a un aumento en el número de personas conectadas al sistema de agua potable. De acuerdo a proyecto de memoria, el año 2002 la cantidad de socios del comité era de 60 y actualmente es de 91 socios.

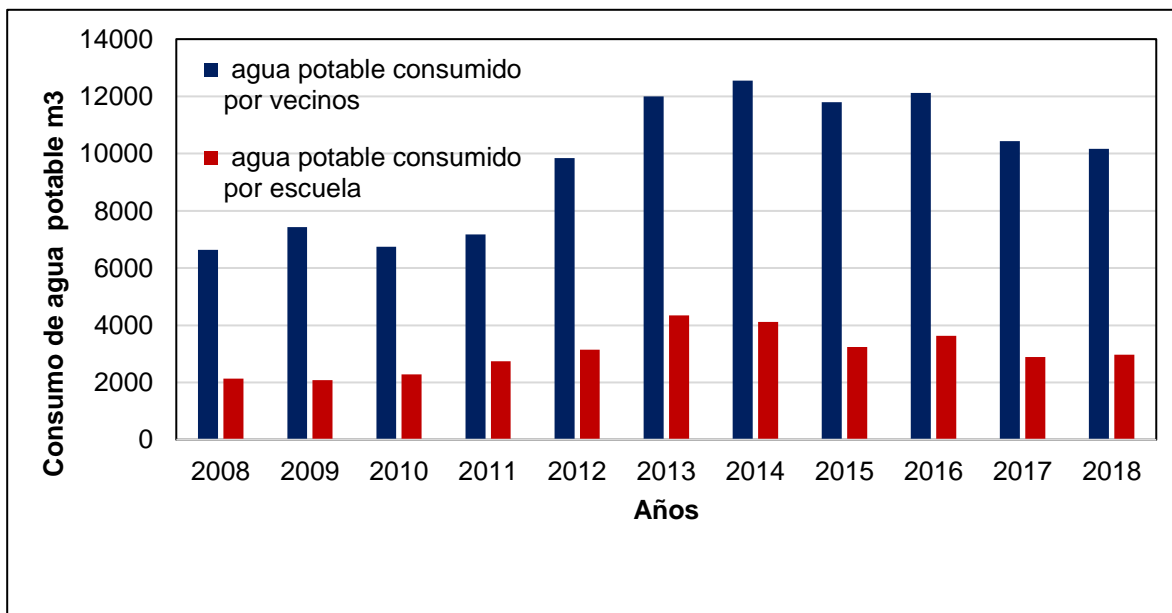


Figura 23. Evolución temporal consumo de agua potable (m³) (2008-2018) de la escuela y vecinos de la localidad de Tomeco.

Fuente: Elaboración propia basado en registros de consumo de la localidad de Tomeco periodo 2008-2018.

En general el máximo consumo de los vecinos durante el periodo de estudio se da en época estival (enero, febrero). El máximo consumo fue en el mes de enero de 2014 con 1.380 m³ que coincide con el año de mayor consumo. El aumento del consumo es por un aumento de la población en época estival en la localidad y el mayor uso de agua potable sobre todo para otros usos como riego, lavado de autos, piscinas entre otros.

El máximo consumo del colegio se produjo en el mes de marzo de 2018 con 833 m³ se infiere que este valor es producto de fugas a través de cañerías, ya que este valor se desvía de manera considerable del consumo promedio de 303 m³. El uso principal que se le da al agua potable en el colegio es para cocinar ya que cuenta con jornada escolar completa.

El consumo de agua potable de Tomeco para el periodo de análisis es mínimo en invierno (mayo- agosto), esto se debe a que no se considera la población flotante y existe un menor requerimiento de esta. El mínimo consumo se produce en el mes de junio de 2009 con 455 m³.

En el caso de la escuela el mínimo consumo se registró en junio de 2015 con 51 m³, situación que se desvía de la tendencia, ya que el colegio se encuentra en funcionamiento. En general el periodo de mínimo consumo es en época estival (enero-febrero) meses que el colegio no funciona. Problemas en el micromedidor pueden ser considerados para esta situación.

La Tabla 14 muestra la variación del consumo para los vecinos y la escuela de Tomeco para el periodo 2008-2018, en donde se ve el consumo anual en m³ y los meses en que se produce el máximo y mínimo consumo.

Tabla 14. Consumo de agua potable colegio y socios de comité de agua potable periodo 2008 – 2018.

Año	Consumo anual (m ³)		Máximo consumo (m ³)		Mes de máximo consumo		Mínimo consumo (m ³)		Mes de mínimo consumo	
	Vecinos	Colegio	Vecinos	Colegio	Vecinos	Colegio	Vecinos	Colegio	Vecinos	Colegio
2008	6638	2135	607	240	noviembre	junio	476	112	julio	enero
2009	7426	2087	734	222	febrero	noviembre	455	105	junio	julio
2010	6745	2285	692	310	enero	mayo	490	73	agosto	febrero
2011	7179	2737	683	282	febrero	noviembre	524	63	mayo	enero
2012	9848	3147	1079	302	noviembre	marzo	671	148	junio	enero
2013	11995	4350	1338	583	diciembre	agosto	639	70	mayo	febrero
2014	12548	4122	1380	490	enero	octubre	886	73	agosto	febrero
2015	11799	3236	1342	473	enero	noviembre	800	51	julio	junio
2016	12117	3632	1239	640	febrero	julio	828	78	octubre	enero
2017	10439	2855	1098	434	enero	marzo	694	92	agosto	enero
2018	10167	2965	1136	833	enero	marzo	844	96	junio	septiembre

Fuente: Elaboración propia basado en registros de consumo de la localidad de Tomeco periodo 2008-2018.

c) Pérdidas de agua potable.

A partir de los datos obtenidos, no se pudo calcular porcentajes de pérdidas para todo el periodo, no obstante, se tienen resultados a destacar, el mayor porcentaje de pérdida fue en agosto de 2017 con un 53,4% y el menor porcentaje ocurrió en junio de 2016 con un 2,3%, estos valores no se consideran dentro de un rango aceptable de un 15%, según la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) ni de lo establecido por la International Water Association (IWA), con un 10%. Se debe considerar que países sujetos a continuos movimientos sísmicos, poseen una tendencia intrínseca a tener mayores pérdidas de agua, como es el caso de Chile, que países sin tales procesos (Fischer y Serra 2007). No obstante, no existe norma alguna que se pronuncie sobre la necesidad de reducir pérdidas de agua, tanto en zonas rurales como urbanas.

Las Figuras 24, 25, 26, 27 y 28 muestran los detalles de los volúmenes de producción, de lo facturado y no facturado para el periodo 2014 – 2018.

Se observan valores negativos en el volumen no facturado (m^3) lo que significa que el consumo de agua potable es mayor con respecto a la producción.

Se puede inferir que algunas de las causas de que el volumen no facturado sea negativo, es el funcionamiento irregular del equipo de medición ubicado a la salida del estanque, el traspaso incorrecto del volumen de producción o bien que la fuente de abastecimiento de agua potable sea a través de camiones aljibes que inyectan el agua al estanque de almacenamiento. Este último fue identificado a partir de la entrevista con la tesorera del comité donde camiones aljibes de la municipalidad de Yumbel aportan con agua en el estanque de almacenamiento.

Al ver los registros de los volúmenes de producción hay meses en los que no se tiene la información, por lo tanto, no se pudo calcular el volumen no facturado.

La mayor pérdida fue de $343 m^3$, que se produjo en noviembre de 2018.

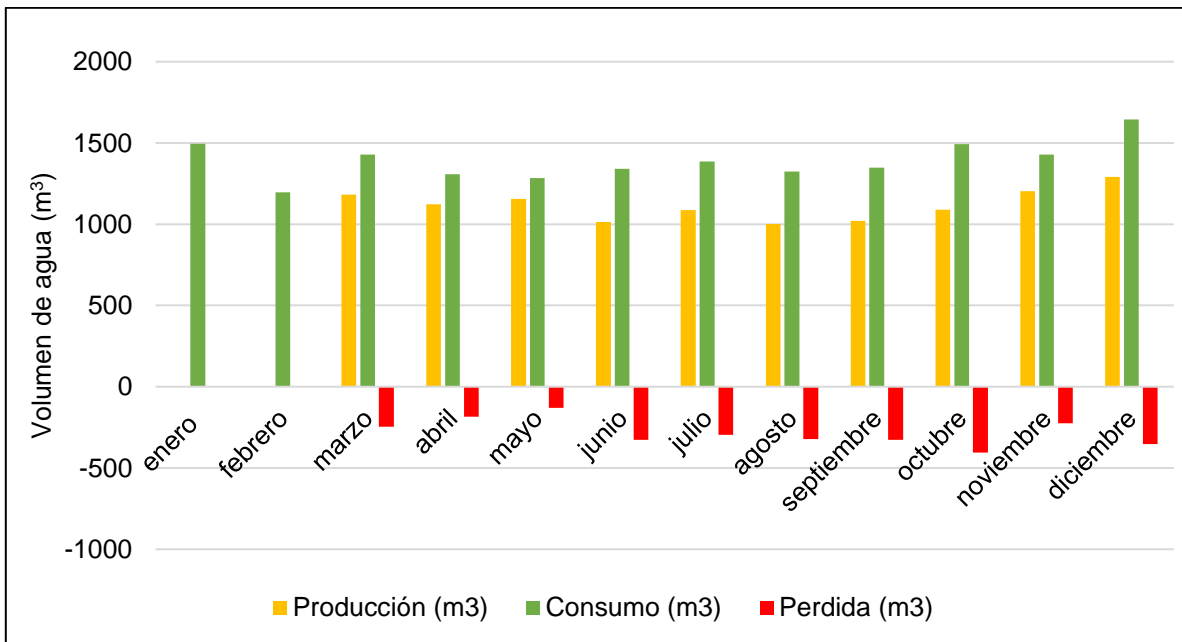


Figura 24. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2014.

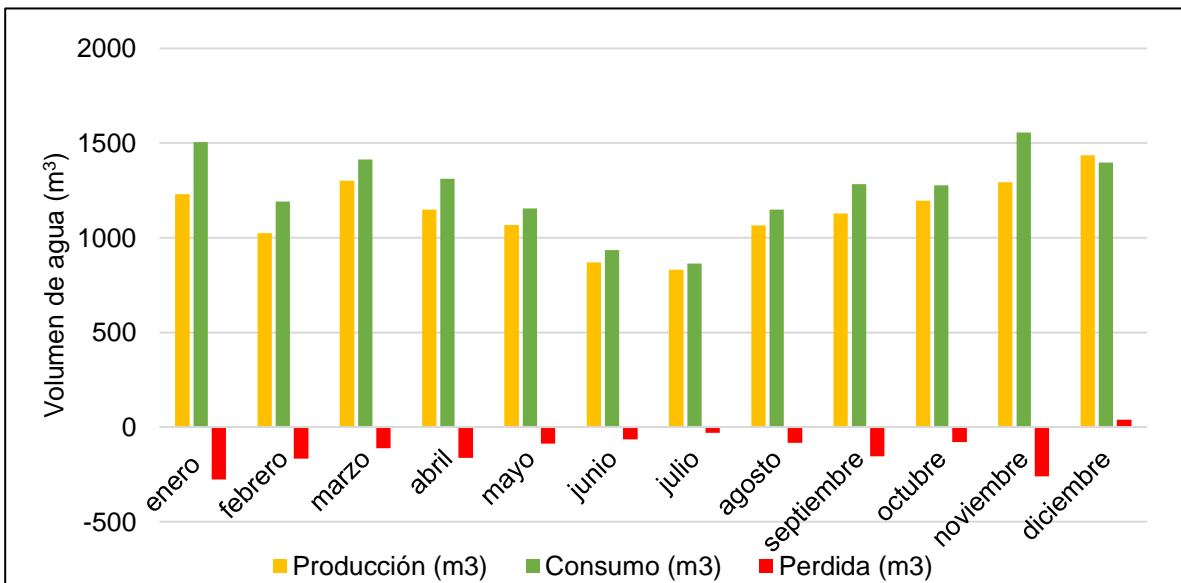


Figura 25. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2015.

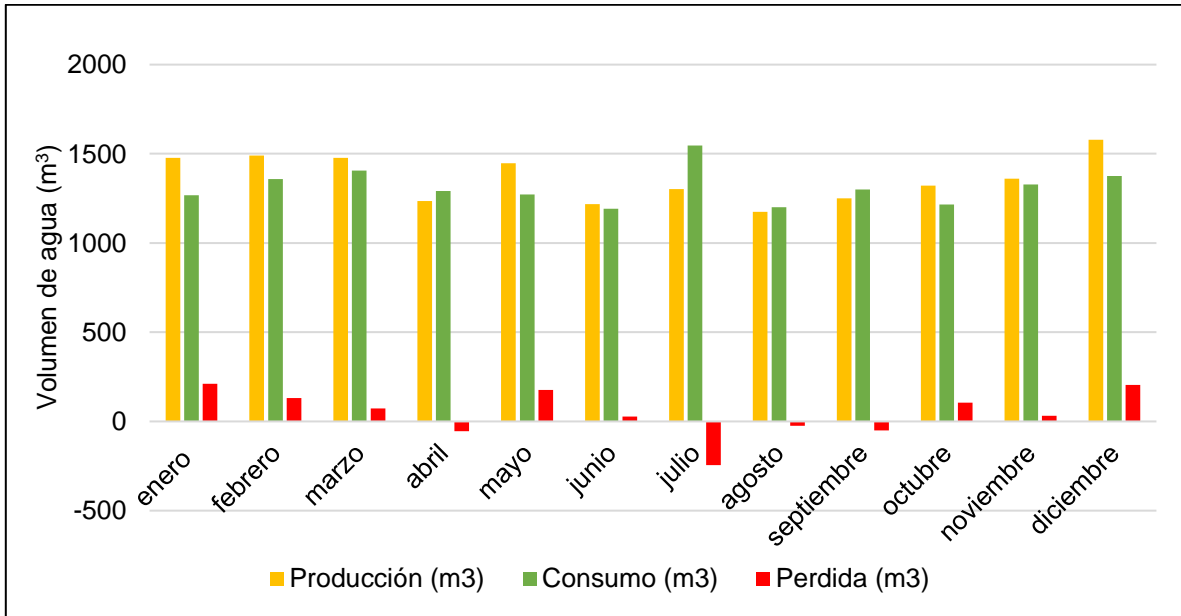


Figura 26. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2016.

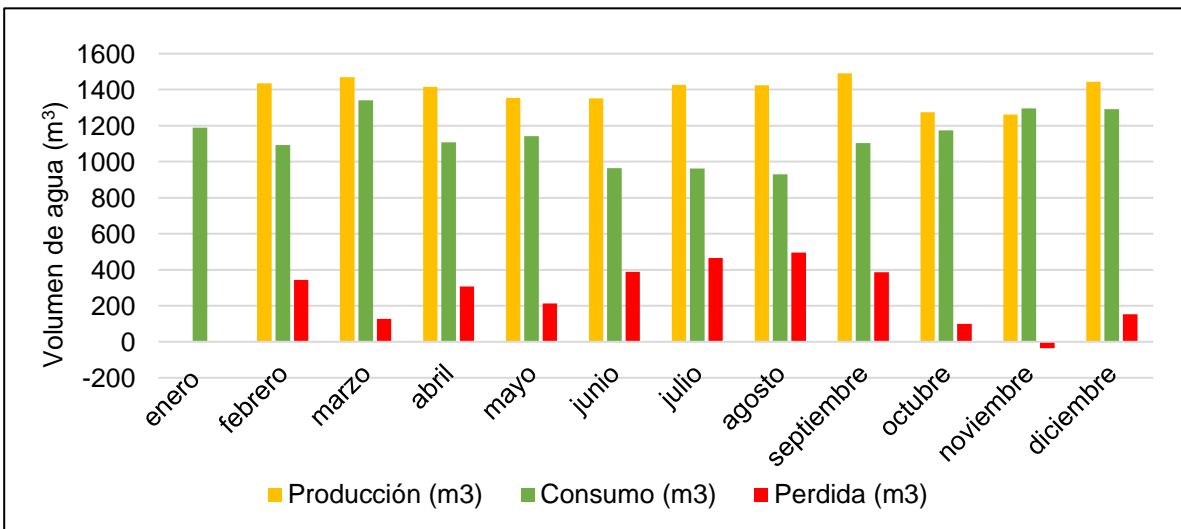


Figura 27. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2017.

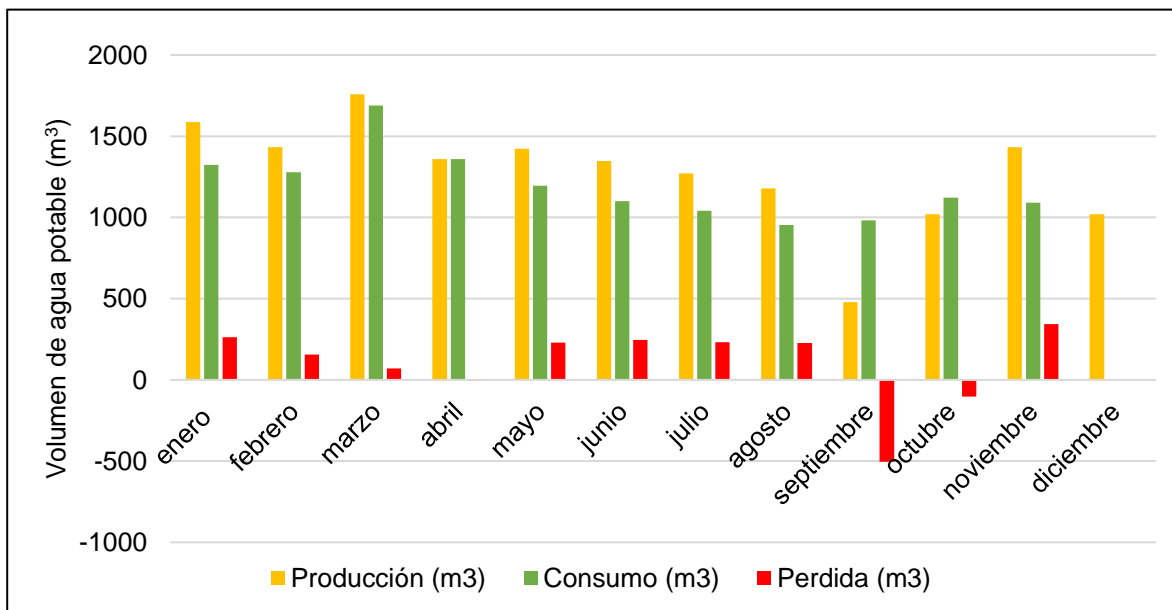


Figura 28. Producción, consumo y pérdidas de agua potable localidad de Tomeco año 2018.

5.1.1. 4 Gestión comité agua potable rural de Tomeco.

El comité de agua potable de la localidad de Tomeco, es una organización comunitaria que forma parte del programa de agua potable rural, se rige por la Ley N° 19.418, de Juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias.

El directorio está conformado por Presidente, Tesorera y Secretaria.

A la fecha de este estudio el Presidente lleva 11 meses en su cargo y sus responsabilidades son: representar legal y extrajudicialmente al comité, presidir las reuniones del directorio y asambleas generales, suscribir los contratos para la compra de materiales y contratación del personal y responsabilizarse con el tesorero sobre el manejo de los fondos.

La Tesorera lleva 11 años en su cargo y dentro de sus funciones se encuentran: asegurar el pago de remuneraciones del personal, mantener al día la documentación contable del comité, preparar lista de materiales requeridos para el buen funcionamiento del sistema y gestionar la compra de materiales, supervisar de manera periódica las recaudaciones y mantener al día el inventario de los bienes del comité.

En función de lo recolectado en la inspección y a través de los instrumentos de consulta se observó lo siguiente:

- Todos los meses realizan asambleas, para informar a la comunidad sobre las actividades realizadas, compra de equipos y material, mantenciones y trabajos.
- El comité no cuenta con derechos de agua, este se encuentra en trámite.
- Hay 91 socios en el comité.
- La tarifa de agua potable a pagar es la suma de un cargo fijo y costo variable. El cargo fijo corresponde a un valor de \$ 4.000 y el valor mínimo de costo variable es de \$ 400 (consultado en enero de 2019).
- 22 socios son beneficiados con subsidios de un 50% y 3 socios tienen un subsidio del 100% hasta los 15 m³.
- Existe una relación formal con la Ilustre Municipalidad de Yumbel, este organismo brinda apoyo en la compra de equipos y suministra agua potable en situaciones de emergencia a través de camiones aljibes, en cuanto a este medio el comité desconoce el lugar de extracción, el volumen de agua transportado y la cantidad de veces que lo han solicitado.
- Anualmente la SEREMI de SALUD, realiza una inspección sanitaria en donde toma muestras de agua y realiza análisis microbiológicos, físico y químicos, lo que es fundamental para brindar agua segura a la comunidad.
- Periódicamente el comité participa en capacitaciones, realizadas por Essbio en materias de contabilidad y de nuevas tecnologías de tratamiento de agua potable, por lo tanto, se puede mencionar que esto es una fortaleza, ya que

muestra el interés por tener mayor conocimiento y realizar mejoras en el servicio.

- Un punto a destacar es que los miembros del comité, no tienen conocimiento sobre la Ley de Servicios Sanitarios Rurales, esto se debe a que no ha habido instancias en las que autoridades competentes en la materia, realicen charlas para brindar información.

Por lo que se observó en terreno, si bien se realizan análisis de calidad de agua mensualmente por el laboratorio Biodiversa y anualmente por la SEREMI de SALUD, los miembros del comité no analizan los resultados ni verifican que cumplan con los valores que establece la normativa y en caso de que exista alteración en alguno de ellos, no exigen un re-muestreo ni realizan seguimiento. Por ejemplo, lo que sucedió con el parámetro de plomo, el año 2017 superó el valor establecido (0,05 mg/L), llegando a 1,14 mg/L, se realizó por parte de la SEREMI de SALUD un re-muestreo el cual no pudo ser analizado por incapacidad técnica temporal de acuerdo a lo que menciona en el informe. Esta situación en particular no fue de análisis para los miembros del comité del APR, ni fue explicada por parte de la SEREMI de SALUD. Es posible que exista desconocimiento por parte de los miembros del comité, de cómo leer los análisis e interpretarlos.

En las visitas, se observó la falta de registros, que la información disponible es escasa, discontinua hay periodos de tiempo en los que no hay registros y no se encuentra en versión digital, por lo que, se sugiere implementar planillas de registros de información.

La Tabla 15 muestra parte de las preguntas realizadas al presidente y tesorera del comité.

Tabla 15. Muestra de preguntas aplicadas al comité de agua potable.

Pregunta	Presidente	Tesorera
¿Hace cuánto tiempo cumple un rol administrativo en el comité?	abril 2018	11 años
¿Tiene conocimientos sobre la nueva Ley de Servicios Sanitarios Rurales?	No	No
¿Ha participado en programas de educación y capacitación?	Si	Si
¿En qué fecha se realizó la capacitación?	septiembre- octubre 2018	mayo
¿Cuál es el tema central de la capacitación?	Presentar proyectos y maquinarias para agua potable	Capacitación anual de Essbio sobre contabilidad
¿Cuáles son las principales dificultades que les ha tocado enfrentar en el APR?	Destapar alcantarillas	Falta de agua
¿Cuáles son los principales desafíos que se plantean como comité ?	Tratar de implementar el comité con más equipos	Construcción nuevo pozo
¿Tiene relación formal con la municipalidad?	Si	Si
¿Tiene relación formal con miembros de la SEREMI de SALUD?	No	Si
¿Han sido visitados por la SEREMI de SALUD?	Si	Si
¿ En qué consistió la visita de la SEREMI de SALUD?	Revisión	Toman muestras de agua para análisis físico químico anual
¿Tiene relación formal con miembros del departamento de salud municipal?	No	No
Al suspender el servicio de agua potable. ¿De dónde obtiene el agua para abastecer a la comunidad?	Camiones aljibes de la municipalidad de Yumbel	Camiones aljibes de comuna de Yumbel
¿Cómo se contactan para solicitar el agua?	Teléfono con la municipalidad	Teléfono con dirección de obras.
¿Cómo hacen para distribuir esta agua a la comunidad?	Se inyecta al estanque	Se inyecta al estanque

5.1.1.5 Percepción en la calidad y continuidad del servicio de agua potable.

La percepción de la comunidad sobre la calidad del servicio de agua potable es importante, por lo tanto, en el estudio se aplicó un instrumento de consulta (encuesta) a los habitantes de la localidad de Tomeco. Para una población de 90 viviendas, la muestra obtenida fue de 73 viviendas.

a) Muestra de la localidad de Tomeco en las que se efectuó el instrumento de consulta.

Los instrumentos de consulta fueron aplicados por vivienda, en donde la totalidad de entrevistas realizadas fueron de 47, lo que se puede apreciar en la Tabla 16, además, en ella se indica la localización de las viviendas (calles), el número de viviendas encuestadas y no encuestadas y la razón por la cual no se pudo aplicar la encuesta, en este caso la principal causa de no poder aplicar la encuesta es que el morador de la vivienda no abre, o bien no se encuentra en ella durante el día.

Tabla 16. Resumen de encuestas realizadas en la localidad de Tomeco.

Calle	Viviendas Encuestadas	Encuestas Adicionales	Viviendas no Encuestadas	Razón de Viviendas no encuestadas
O'Higgins	8	0	6	1: Socio con dos medidores 1: vacía durante el día 1:Socio con dos viviendas 3:No abre
Balmaceda	11	Reten de carabineros	8	2: no responde 2: vacía durante el día 1: deshabitada 1: Vivienda peligrosa 2:No abre
Las Perlas	12	Iglesia	7	5: No abre 1: Desehabitada 1: No responde
Carrera	3	0	2	2: No abre
Pedro Montt	8	0	5	2: Desehabitada 1: No abre 1: Vivienda Peligrosa 1: Inaccesible
El molino	1	0	9	4: Vivienda Peligrosa 1:Desehabitada 4:Vacía durante el día
Sargento Aldea	2	0	5	1:Desehabitada 2:No abre 1:Socio con dos viviendas 1:Vacía durante el día
Ruta 146	0	0	3	1: Vivienda peligrosa 1:No abre 1:No responde
Total	45	2	45	45

b) Caracterización de la muestra a la que se le aplicó el instrumento de consulta de la localidad de Tomeco.

En el perfil de los encuestados predominó, el género femenino con un 66% por sobre el masculino, con un promedio de edad de 56 años (máximo: 83 años; mínimo: 27 años). Al consultar si en el grupo familiar existen embarazadas el 100% respondió que no y, hay 7 niños menores de 5 años (ver Tabla 17).

Tabla 17. Caracterización de la población a la que se le aplico encuesta en la localidad de Tomeco.

Total de personas encuestadas	47
Mujeres encuestadas	31
Hombres encuestados	16
Embarazadas	0
Menores de 5 años	7

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las personas más vulnerables a contraer enfermedades transmitidas por el agua son los recién nacidos, niños menores de 5 años, embarazadas y adultos mayores. De acuerdo a ello el riesgo de contraer estas enfermedades por parte de la población, es baja. Además, de ello no se han reportado casos masivos en Tomeco de intoxicación por consumo de agua potable contaminada.

La Tabla 18 muestra el porcentaje y la frecuencia del rango etario de las personas encuestadas, concentrándose entre los 60 y 69 años de edad.

Tabla 18. Rango etario personas entrevistadas.

Rango etario	Porcentaje (%)	Frecuencia
25-29	4	2
30-34	4	2
35-39	9	4
40-44	2	1
45-49	13	6
50-54	13	6
55-59	9	4
60-64	17	8
65-69	15	7
70-74	6	3
75-79	6	3
80-84	2	1

c) Principales resultados sobre la percepción en el servicio de agua potable.

La percepción es de carácter subjetivo, ya que los usuarios no utilizan criterios técnicos, ni instrumentos especializados para distinguir dichas características en el agua que reciben en sus viviendas.

La información obtenida a partir de la percepción, es de relevancia para estimar la calidad del servicio, ya que según la OMS “los consumidores evalúan la calidad del agua de consumo basándose, principalmente, en sus sentidos, pueden considerar que el agua es muy turbia, con mucho color, con sabor u olor desagradable, lo que la vuelve insalubre”

La concentración de los componentes que producen olor y sabor desagradable para los consumidores es variable y depende de factores individuales y locales, como la calidad del agua a la que está acostumbrada la comunidad y diversas consideraciones de carácter social, medioambiental y cultural.

El agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Generalmente, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua. También puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa.

Los principales resultados de las entrevistas semiestructuradas aplicadas a la comunidad de Tomeco durante el año 2018 son los siguientes:

- El 60% de las personas manifestó que el agua le salió de un color diferente, blanco principalmente. El color blanco de acuerdo a la literatura se debe al aumento de la presión del agua. Por lo tanto, es recomendable investigar el origen de la coloración.
- El 23% de los entrevistados percibió un olor extraño en el agua (no se especificó la tipología de olor percibida).
- El 45 % manifestó presencia de arena en el agua potable en cuanto a su distribución espacial no se concentra en ningún lugar específico si no que, en toda la localidad, lo que se muestra en la Figura 29.

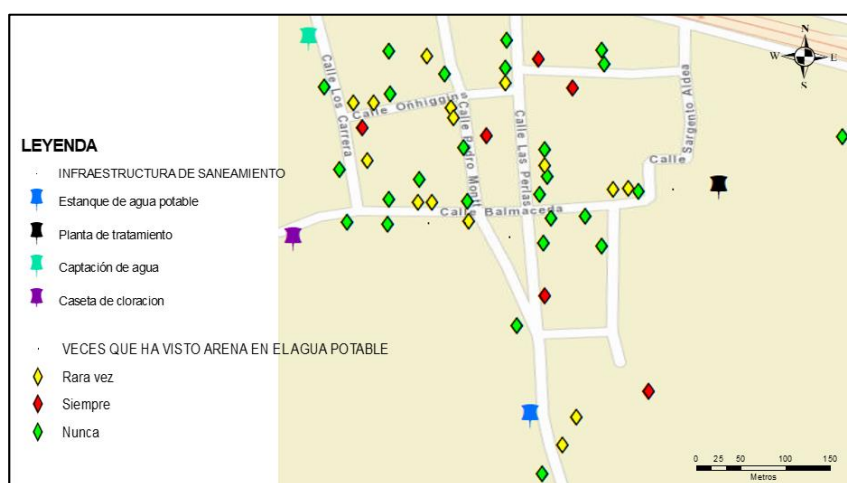


Figura 29. Distribución de la percepción de la comunidad frente a la presencia de arena en el agua potable.

- El 36% ha tenido problemas de presión. En general todas estas manifestaciones ocurrieron entre 1- 5 veces en el año. La Figura 30 muestra la distribución espacial de las viviendas en las que indicaron tener problemas de presión, estas se encuentran concentradas cercanas a la calle Balmaceda.

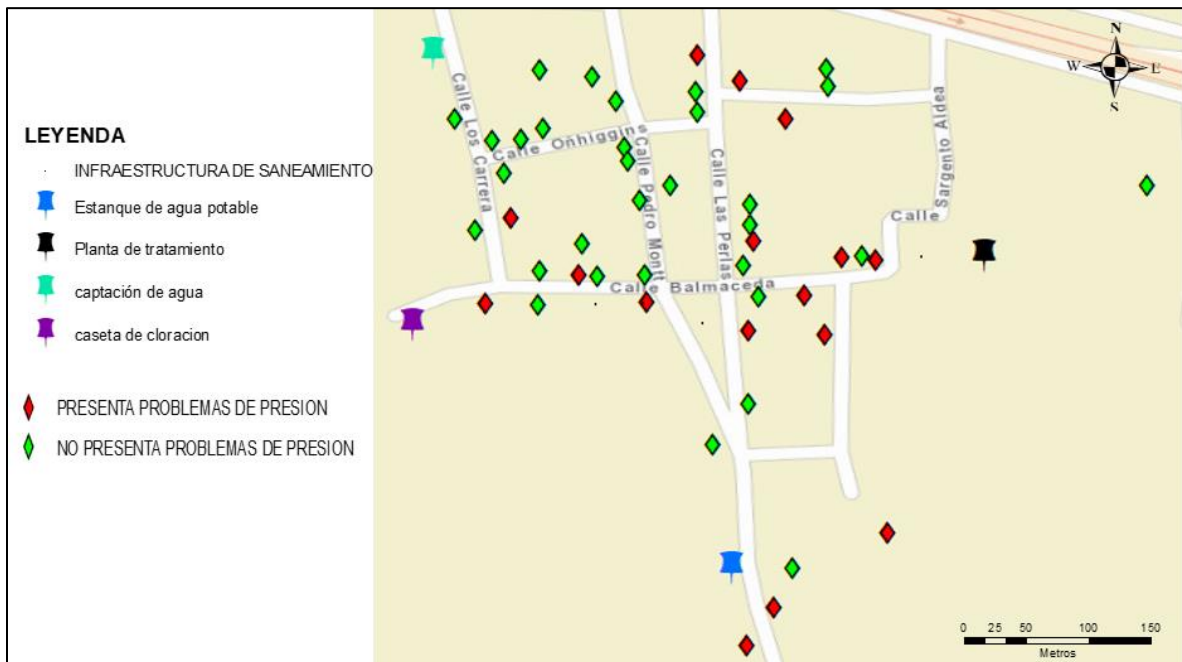


Figura 30. Distribución territorial de la percepción de la comunidad frente a la presencia de problemas de presión en el agua potable.

Según las guías de calidad de agua de la OMS, el origen del sabor y olor del agua pueden tener su origen en contaminantes químicos naturales, orgánicos e inorgánicos y fuentes o procesos biológicos (por ejemplo, microorganismos acuáticos), o en la contaminación debida a sustancias químicas sintéticas, o pueden ser resultado de la corrosión o del tratamiento del agua (por ejemplo, la cloración). También pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución sabores y olores debidos a la actividad microbiana.

Por lo tanto, puede indicar la presencia de sustancias potencialmente dañinas. Se debe investigar la causa y consultar a las autoridades de salud pertinentes.

- El 66% de los entrevistados indica o señala haber sufrido cortes de agua, la duración de ellos ha sido por un par de horas, mientras realizan trabajos en el sistema, por lo que son avisados previamente. Mientras se encuentran sin suministro el 45% almacena agua y el 29% es abastecido por camiones aljibes. La Figura 31 muestra la distribución de los hogares señalan que sufrieron cortes en el suministro de agua potable y cuál fue su duración.

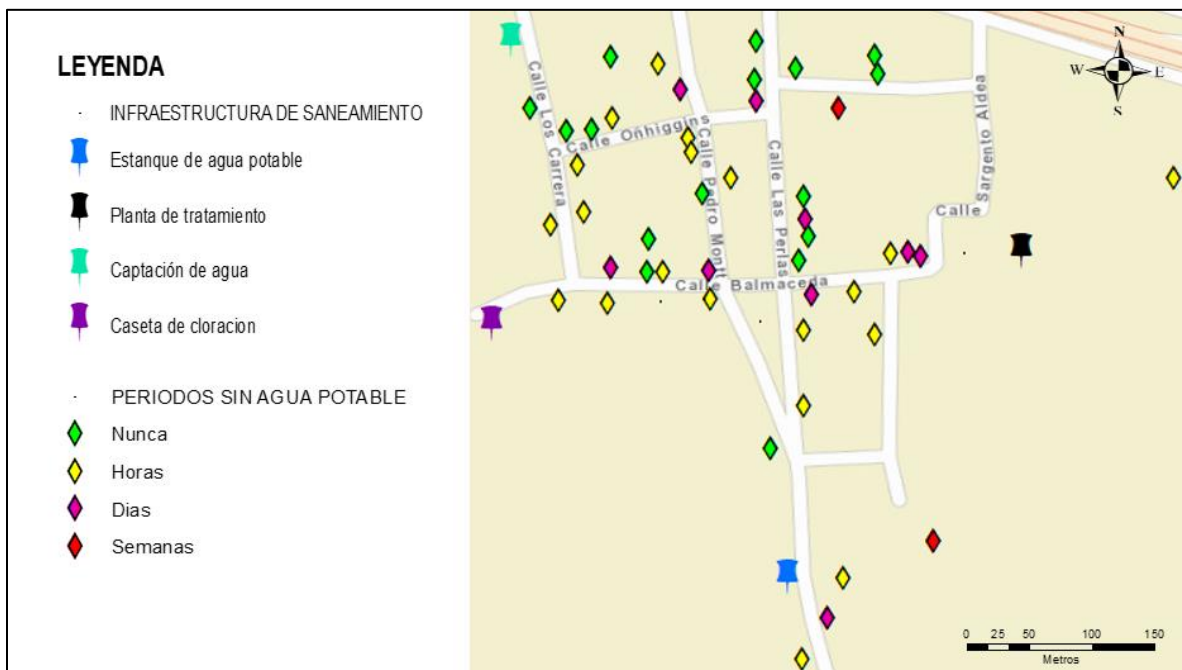


Figura 31. Distribución territorial de la percepción de la comunidad en relación al tiempo sin suministro de agua potable.

- El 15 % de las personas entrevistadas manifestó como fuente alternativa de agua punteras y un 6% pozos.
- Un 43% de los encuestados, indicó que utilizaba el agua para un fin distinto al de consumo para bebida y de ellos los usos principales mencionados son

riego con un 85%, lavado de vehículos con un 10% y el porcentaje restante para el cuidado de mascotas.

- Además, las entrevistas semiestructuradas muestran la percepción de la comunidad con respecto al rol del comité de APR de Tomeco. El rol del comité es encargarse del buen funcionamiento del sistema que brinde un servicio de calidad, cantidad y continuidad a la comunidad, como también brindar información sobre el cuidado y uso responsable del recurso hídrico sobre todo en época estival.

Los resultados sobre la percepción de la comunidad con respecto al rol del comité de APR indican lo siguiente:

- El 75% de los entrevistados recalcó que se le entrega información al respecto del cuidado y uso responsable del agua potable.
- Un 83% percibió que existe preocupación e interés por parte del comité en entregar un servicio de calidad. Por lo tanto, la comunidad tiene un alto grado de confianza en los organismos encargados con el sistema de abastecimiento como es el caso de la municipalidad y del comité de agua potable.

En el anexo 13 muestra las principales preguntas aplicadas en la entrevista semiestructurada a la comunidad de Tomeco sobre la percepción sobre el servicio de agua potable.

5.1.2 Descripción sistema de aguas servidas.

5.1.2.1 Planta de tratamiento de aguas servidas.

La planta opera desde el año 2006. El proceso del sistema se describe a continuación.

Las aguas servidas provienen del sistema de alcantarillado, ingresan a la planta elevadora de hormigón armado, que se ubica al interior del recinto y que cuenta con dos bombas sumergibles, que funcionan de manera alternada. Para retener sólidos

gruesos existe un canastillo de 10 mm de capacidad de paso. Los sólidos son dispuestos en recipientes, que son retirados por camiones municipales.

La planta cuenta con un by pass el cual se utiliza solo en casos de emergencia, cuando no existe forma de bombear el caudal del afluente hacia el reactor. El by pass consiste en un tubo de PVC de 110 mm.

El agua es impulsada desde la estación elevadora y el lodo activado recirculado ingresa en el reactor biológico y se mezclan con aire disuelto, en donde se realizan los procesos de adsorción, floculación y oxidación de la materia orgánica. Los sólidos del lodo activado se separan en el sedimentador secundario.

El reactor biológico tiene un volumen de 22,5 m³, el tiempo de retención hidráulica es de 11,7 horas para el caudal medio y la edad de lodos es de 5 días.

La incorporación del aire se realiza a través de sopladores de potencia de 1,5 HP y de 1500 rpm y difusores, además, se entrega aire caliente lo que permite mantener una temperatura óptima para el desarrollo de biomasa bacteriana.

En la planta hay un sedimentador, en donde el agua servida es retenida, permitiendo que decanten las partículas sólidas en suspensión.

Una parte de los lodos estabilizados que sedimentan son recirculados al reactor o bien purgados hacia el sistema de estabilización.

El lodo estabilizado será enviado al proceso de deshidratación mediante lechos de secado y finalmente serán dispuestos en la zona de acopio.

El afluente tratado no recibe proceso de desinfección, producto de que existe un proyecto de un sistema de humedal el cual a la fecha no se encuentra operativo y desde éste las aguas escurren por la superficie hacia terrenos aledaños a la planta, por lo que no existe un punto de descarga del efluente tratado. En la Figura 32 se observa un esquema de la planta de tratamiento.

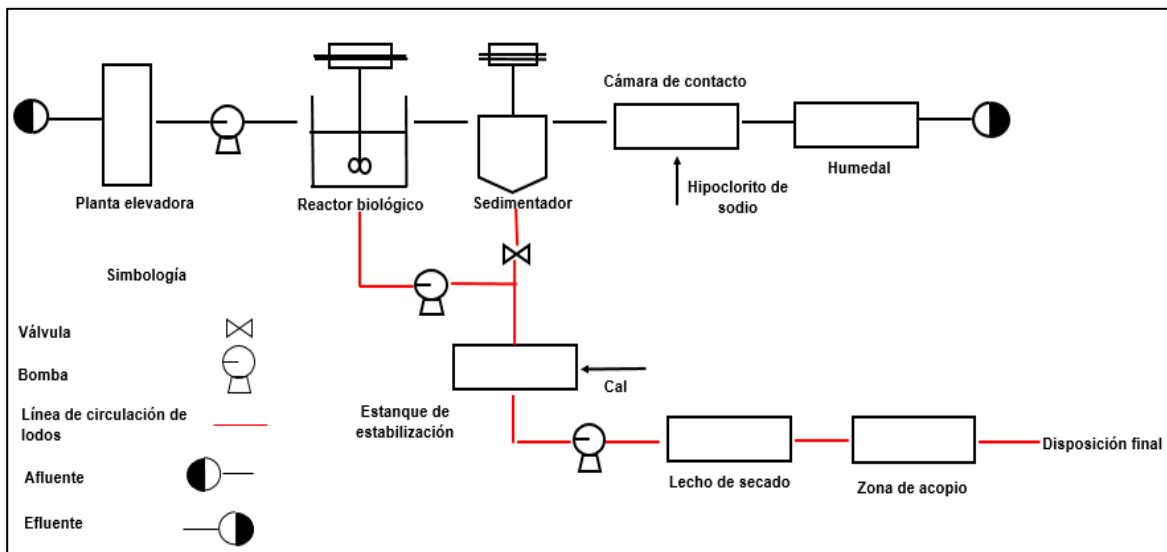


Figura 32. Esquema de planta de tratamiento.

En la Tabla 19 se muestran los diferentes parámetros de diseño para la planta de tratamiento.

Tabla 19. Parámetros de diseño Planta de Tratamiento de aguas servidas Tomeco.

Parámetro	Unidad	Condición de diseño
Población equivalente	Hab	350
Caudal medio	l/s	0,6
Caudal máximo horario	l/s	2,2
DBO₅ media anual	gr/hab/día	35
DBO₅ media anual	mg/l	259,3
DBO₅ media anual	Kg/día	12,3
Sólidos suspendidos totales medio anual	gr/hab/día	35
Sólidos suspendidos totales medio anual	mg/L	259,3
Sólidos suspendidos totales medio anual	Kg/día	12,3
Temperatura media del agua	°C	10
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,0 x 10 ⁷
Altitud del terreno con respecto al nivel del mar	m.s.n.m	101,3

Fuente: Manantial S.A Memoria técnica Planta de Tratamiento de aguas servidas, Tomeco.

En el anexo 14 se muestra en detalle los parámetros de diseño de la planta de tratamiento de aguas servidas de la localidad de Tomeco.

En la Tabla 20 se observa el efluente requerido por diseño para DBO₅, Sólidos Suspendidos y Coliformes fecales en la planta de tratamiento. Es importante destacar que, de acuerdo a la información obtenida, en la Planta de tratamiento de Tomeco, no existen registros de parámetros de calidad de aguas servidas, ni tampoco realizan muestras.

Tabla 20. Efluente requerido para parámetros en planta de tratamiento.

Parámetro	Unidad	Efluente requerido
DBO₅	mg/L	≤35
Sólidos suspendidos	mg/L	≤80
Coliformes fecales	NMP/100 mL	≤1000

Fuente: Manantial S.A Memoria técnica Planta de Tratamiento de aguas servidas, Tomeco.

En el anexo 15 se muestran fotografías realizadas durante la inspección y visitas a terreno a la localidad de Tomeco. En ella se observa falta de mantención en la planta elevadora ya que se muestra signos de corrosión, el color del agua en la planta se veía café oscuro, lo que puede ser indicador que falta control en la operación de éste, existe desorden y cuidado en la zona donde ésta ubicada la cancha de acopio. Además, se observa el humedal construido y la planta de tratamiento de aguas servidas que están cercanas al colegio. Esta situación es importante en relación a la percepción de la comunidad frente a los olores emanados por la planta de tratamiento. Por lo que es claramente una situación que afecta la calidad de vida de la población de Tomeco.

5.1.2.2 Gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas.

El sistema de aguas servidas de la localidad, está administrado por el comité de agua potable rural.

En la planta de tratamiento trabajan dos operadores por sistema de turno 4 horas diarias, 6 días de la semana.

La tarifa de servicio de alcantarillado al año 2019, tiene un valor mínimo de \$6.000 y alcanza un máximo de \$13.000, dependiendo de la cantidad de m³.

En la Tabla 21 se muestra un extracto de las preguntas realizadas al presidente y secretaria sobre el sistema de aguas servidas.

Cabe destacar la diferencia en las respuestas de algunas de las preguntas realizadas a dos integrantes del comité, se establece incorporar documentación y canales de comunicación efectiva entre los participantes.

Tabla 21. Extracto de instrumento de consulta aplicadas al Comité de Agua Potable sobre aguas servidas.

Pregunta	Presidente	Tesorera
Años en el Comité de Agua Potable	1 año	11 años
¿Las personas que trabajan dentro del recinto de la planta de tratamiento, están vacunadas contra la hepatitis A?	Si	No
Si no ha recibido la vacuna. ¿Cuál ha sido el motivo?	-	Por desinformación
¿Se han realizado obras de mejoramiento o reparación en la planta de tratamiento?	Si	Si
¿Qué obras se han realizado?	Reparación de tubos y bombas	Cambio de bomba y tuberías planta elevadora, trabajos realizados en el humedal
¿Ha habido problemas por malos olores provenientes de la planta de tratamiento?	Si	Si
¿Hacia dónde descarga la planta de tratamiento?	Hacia humedal y sitios aledaños	Hacia un sitio, por dren

5.1.2.3 Percepción en la calidad y continuidad del servicio de aguas servidas.

De las personas entrevistadas el 94% se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado. Respecto a otras alternativas sanitarias un 4% de las personas tiene pozo negro en su vivienda y un 15% fosa séptica, las que no son utilizadas, estas son previas a la instalación del sistema de alcantarillado. La distribución espacial se muestra en la Figura 33.



Figura 33. Distribución territorial de servicios sanitarios (alcantarillado, fosa séptica y letrina sanitaria).

De las personas conectadas al sistema de alcantarillado un 4% ha manifestado tener problemas, principalmente tuberías tapadas, lo que ha ocurrido en diferentes sectores de Tomeco y han sido eventos puntuales. En la Figura 34 se muestra la ubicación de las viviendas que han sufrido problemas.



Figura 34. Distribución territorial percepción de la comunidad frente a problemas en el sistema de alcantarillado.

El 43% de las personas entrevistadas se ve afectada por los malos olores, las personas afectadas son aquellas en las que sus viviendas se encuentran cercanas a la planta de tratamiento como se observa en la Figura 35.

El problema de olores se presenta con mayor frecuencia en verano con un 75% y un 15% lo percibe durante todo el año.

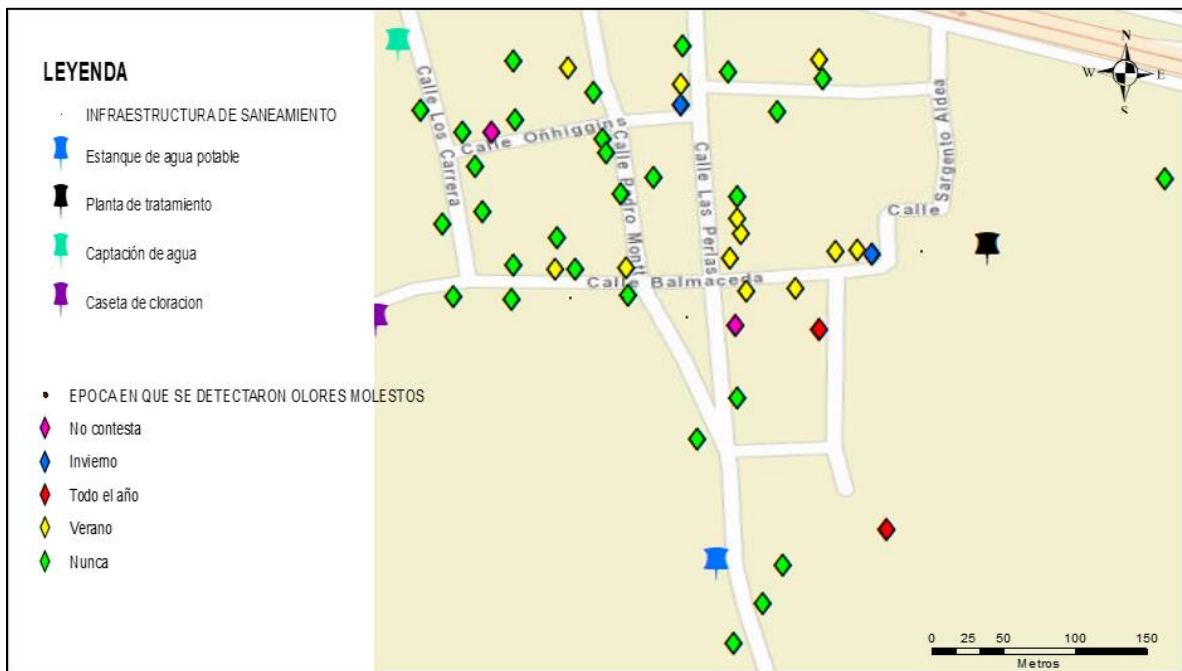


Figura 35. Distribución territorial percepción de la comunidad frente a época en la que se detectaron olores molestos.

Respecto a la presencia de vectores (moscas y ratones) en la localidad de Tomeco, esta se da con mayor frecuencia en época estival y especialmente en aquellos hogares que se encuentran cercanos a la planta de tratamiento de aguas servidas. En la Figura 36 muestra la distribución territorial respecto a la percepción de los entrevistados respecto a la época del año en la que se ha detectado mayor presencia de vectores.

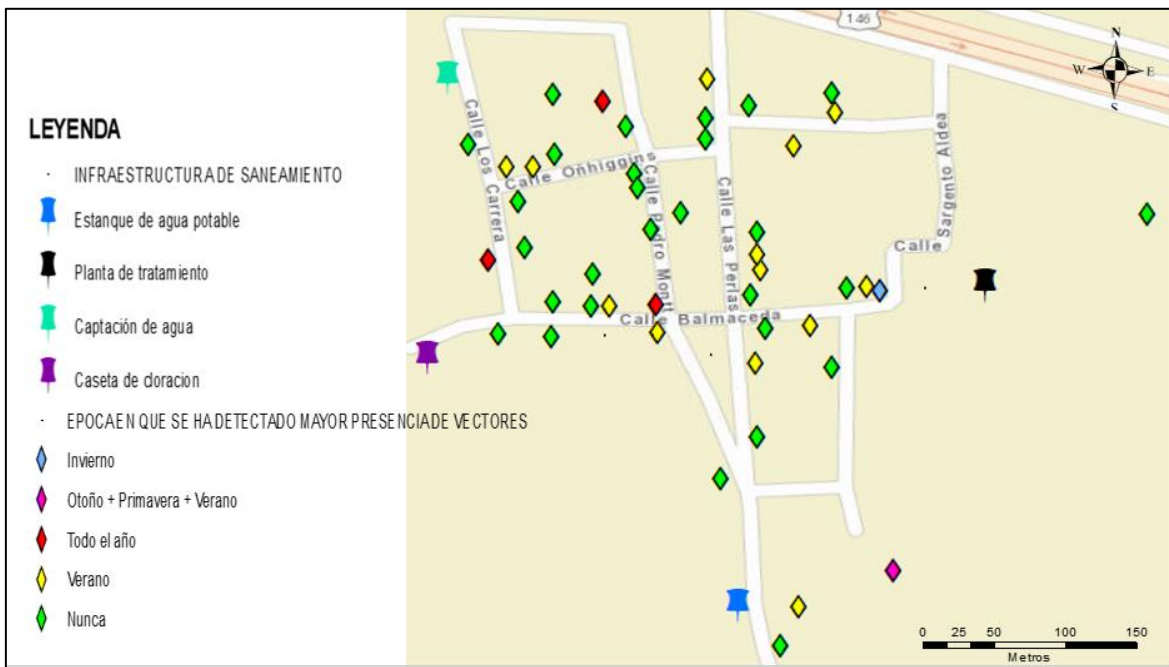


Figura 36. Distribución territorial percepción de la comunidad frente a época en la que se detectaron vectores (moscas y ratones).

De los entrevistados un 77% encuentra bueno el sistema de alcantarillado y un 23% regular.

En relación a la tarifa por servicio de alcantarillado un 50% de las personas entrevistadas están de acuerdo con el valor cobrado por el sistema de alcantarillado, un 43% no está de acuerdo con el valor encontrándolo costoso y un 7% no responde la pregunta.

El cuidado y uso responsable del sistema de alcantarillado por parte de la comunidad, es importante para evitar futuros problemas en este aspecto, el 68% de las personas si ha recibido información sobre los cuidados del uso de sistema de alcantarillado.

La información se da principalmente en las reuniones de la junta de vecinos, el 21% acusa de que no ha recibido ninguna información y el 11% no contesta la pregunta. Dentro de las mejoras a realizar los entrevistados mencionaron que el principal problema es la falta de control de olores con un 17%, mayor mantención al sistema (11%) y la ubicación de la planta (9%), ya que esta se encuentra cerca del colegio y de viviendas.

En el anexo 16, se muestra un resumen de la entrevista semiestructura, realizada a la comunidad, sobre la percepción en el servicio de aguas servidas.

5.2.1 Determinación de eventos peligrosos y peligros del sistema de agua potable.

A partir de las inspecciones realizadas en terreno, la aplicación de las diferentes entrevistas semiestructuradas, se caracterizó el sistema de agua potable para posteriormente por componente identificar los eventos peligrosos y determinar los peligros que afectan al sistema. Los componentes son captación, filtros, desinfección, almacenamiento, distribución y otros (todos aquellos aspectos externos, que afecten la cantidad y continuidad del servicio).

La clasificación de las causas eventos peligrosos son: E: externo; O: operación; D: diseño; M: mantención; y los peligros son: B: biológico; Q: químico; F: físico; G: gestión; I: Infraestructura; C: Cantidad de agua. Esto se observa en la Tabla 22.

Tabla 22. Identificación de eventos peligrosos y peligros en el sistema de agua potable de la localidad de Tomeco.

Componente	Medio de identificación evento peligroso	Evento peligroso	Clasificación causa de evento peligroso	Clasificación peligro
Captación	IB	Inundación	E	B, Q
	DC	Aumento sostenido de niveles de nitratos	O	Q
	I	Falta de limpieza en área de captación	M	B,Q,I
	IB	Disminución de precipitaciones	E	B,Q,C
	IB	Sequía	E	B,Q,C
	IB	Falla de la bomba	O,M	C
	ES	No tienen registro de niveles freáticos.	O	G
	I	Falta limpieza y orden en la caseta donde se encuentra equipo eléctrico.	M	I
Filtros	I, ES	Filtros no utilizados y sin mantención (no hay claridad de su estado en caso de requerir nuevamente su operación)	D,O	Q,G
Desinfección	I	Manipulación inadecuada del desinfectante	O	B
	ES	Interrupción del suministro eléctrico	E	B
	I	Falta de mantención del equipo de cloración.	M	B
	I	Producto de desinfección ubicado a ras de piso	O,M	I
Almacenamiento	ES,	Macromedidor en mal estado	M, O	C
Distribución	ES	Rotura de tuberías	M	B,Q,C
	PC,ES	Disminución de presión en temporada estival	E	C
	ES, I	Falta de registro del sistema de redes de distribución. Desconocen los tiempos de residencia.	D	G,C
Otros	I	Falta de registro de fallas, mantenciones de equipos	E	G
	ES, I	El comité no tiene acceso a los documentos del proyecto de la planta.	E	G
	I, ES	Falta de registro de pH	E	G
	ES	Falta de registros diarios de parámetro de turbidez *	O	B,Q

DC	Falta de seguimiento en otros parámetros de calidad de agua potable relevantes (ejemplo nitrato)	O,M	Q
I, ES	Falta de protocolo frente a incendios	E	G
I, ES	Falta de protocolo a terremotos	E	G
ES	Falta de recursos económicos para mejoramientos y compra de equipos.	E	G
I,ES	Operador no utiliza Elementos de Protección Personal (EPP)	O	B,Q,F

Causas evento peligroso: E: externo; O: operación; D: diseño; M: mantención; Peligros: B: biológico; Q: químico; F: físico; G: gestión; I: Infraestructura; C: Cantidad de agua.

Medio de identificación de eventos peligrosos: I: Inspección; PC: Percepción Comunidad; DC: Datos de calidad de Agua; IB: Información Bibliográfica; ES: Entrevista Semiestructurada

*Se cuenta solamente con datos mensuales proporcionados por asesoría externa, Biodiversa

En la Figura 37 se muestra el porcentaje de los eventos peligrosos identificados en el sistema de agua potable por componente. Según la matriz de identificación de peligros y eventos peligrosos, luego del componente “otros”, la captación presenta un 31% de los eventos peligrosos identificados en el sistema de agua potable. Es importante que el comité considere y enfatice medidas preventivas, como tomar muestras de agua cruda y tener un registro de éstas, para evaluar su evolución en el tiempo, además, mantener el área de la captación limpia y cercada para evitar el ingreso de animales, en esta etapa ya que es el inicio del sistema.

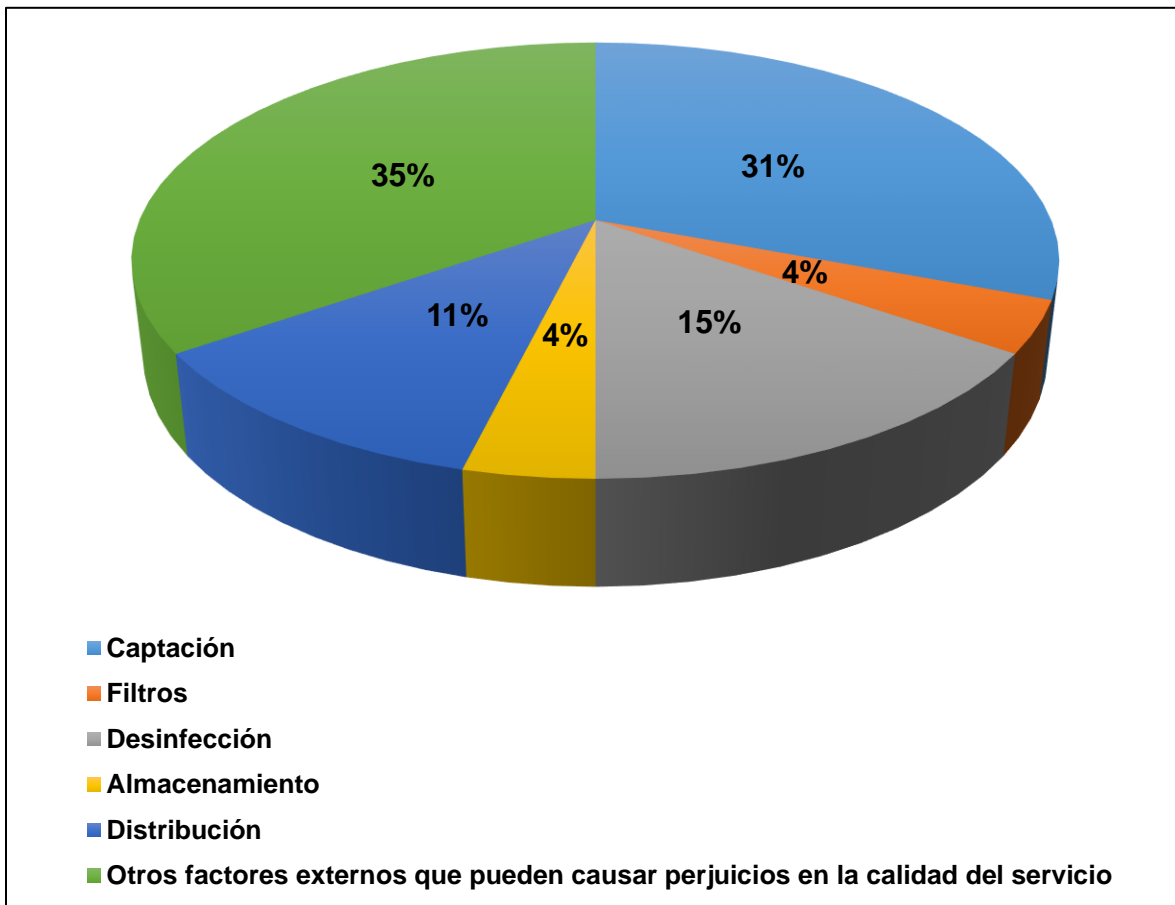


Figura 37. Porcentaje de eventos peligrosos identificados por componentes en el sistema de agua potable.

Las principales causas de los eventos peligrosos en el sistema de agua potable de Tomeco, sin considerar aquellos externos son operación con 32% y mantenimiento con un 26%, lo que se muestra en la Figura 38.

Esto se genera por fallo en equipos, errores humanos, falta de insumos. En cuanto a los errores humanos puede ser por desconcentración del operador ya que en las labores realizadas son mecánicas.

Otro punto a considerar es que, si bien el operador es capacitado, no hay una supervisión periódica, ni fiscalización sobre la operación y funcionamiento de la planta de agua potable.

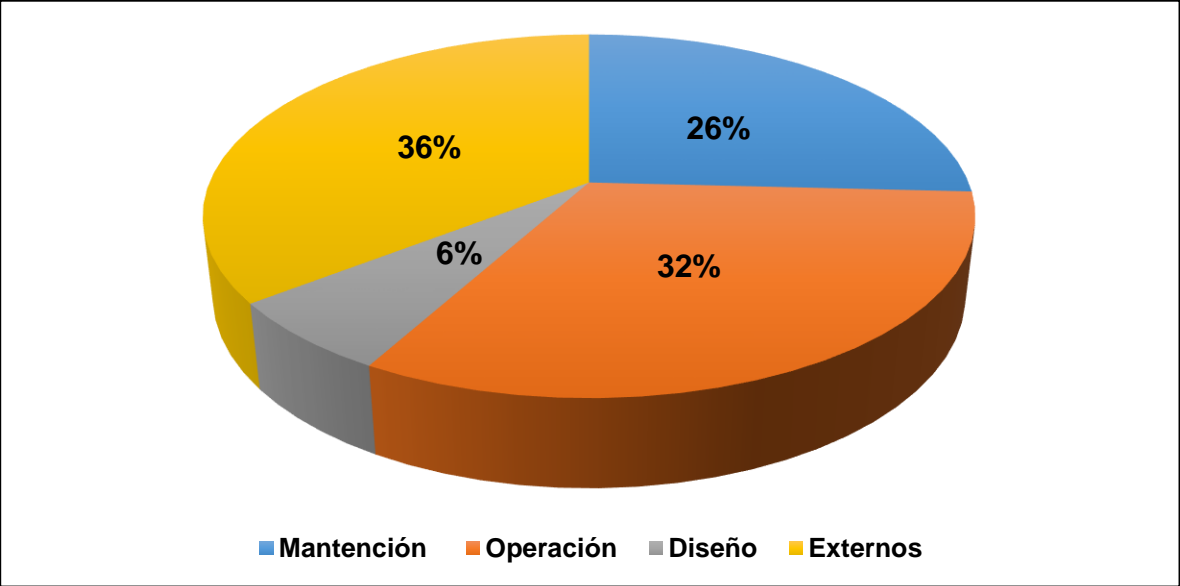


Figura 38. Porcentaje de las causas de eventos peligrosos en el sistema de agua potable.

Los peligros biológicos y químicos son los que afectan mayoritariamente al sistema de agua potable ambos con un 26%, esto se puede observar en la Figura 39.

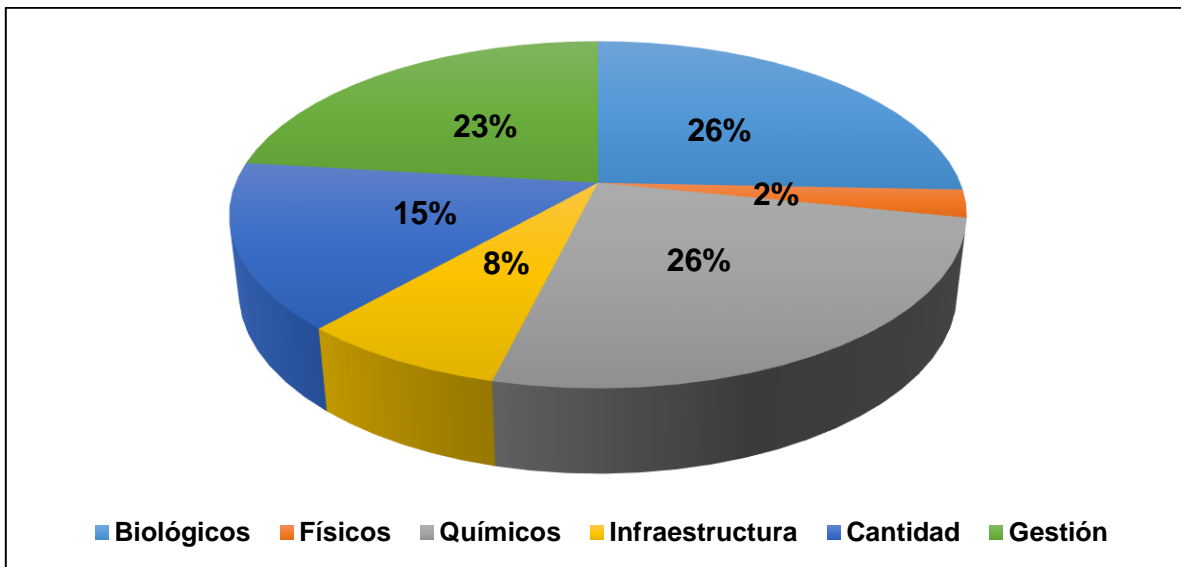


Figura 39. Porcentaje de peligros identificados en el sistema de agua potable.

5.2.2 Determinación de eventos peligrosos y peligros en el sistema de aguas servidas.

Según Viera y Morais, 2005; Bartram et al., 2009 la descripción y funcionamiento de los sistemas de aguas residuales, es primordial para determinar los puntos vulnerables en los que se producen eventos peligrosos e identificar los peligros producidos.

Al igual que en el sistema de agua potable se identificaron los eventos peligrosos en los diferentes componentes: sistema de alcantarillado, pretratamiento, tratamiento secundario, desinfección, manejo y disposición de lodos y otros. El origen de los eventos peligrosos y los peligros asociados, lo que se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Identificación de eventos peligrosos y peligros del sistema de aguas servidas.

Componente	Medio de identificación evento peligroso	Evento peligroso	Clasificación causa de evento peligroso	Clasificación del peligro
Sistema de alcantarillado	I, PC	Presencia de malos olores	M	F
	ES	Tuberías tapadas	M	F
Pretratamiento	ES	Falla bomba planta elevadora	O,M	B,Q,F
	I	Falta de mantención de planta elevadora	M	B,Q,F
Tratamiento secundario	I	Presencia de espuma muy oscura en el reactor biológico. *	O	B,Q
	I,ES	Falta control de oxígeno disuelto en tanque de aireación	O	B,Q
	ES	Falta control de oxígeno disuelto en sedimentador a la salida del efluente	O	B,Q
	ES	Falta de control de pH en tanque de aireación	O	Q
	ES	Falta de control de temperatura en tanque de aireación	O	Q
	ES	Falta de control de sólidos suspendidos en el tanque de aireación	O	Q
	Desinfección	ES,I	Detención del proceso de desinfección	M,O
Manejo y disposición de lodos	I	Presencia de malos olores	O,M	F
	ES	Falta de registro de la cantidad de lodos generadas.	E	G
	I	El químico se encuentra a ras de piso**	M	I
	I	No tienen la ficha de la sustancia química.**	M	G
	I,ES	Operador no sigue instrucciones en la preparación del químico.**	O	B,Q

	I	Falta de mantención y orden en cancha de acopio.	M	I
	I	Escuela cercana a planta de tratamiento	D	F
	ES	Falta de registro de observaciones del operador	E	G
	ES	Ausencia de control de parámetros operacionales	E	G,B,Q
	I	Olor en torno a la planta de tratamiento de aguas servidas	M,O	F
	ES	Falta de capacitación de los operadores de la planta de tratamiento	O	G
Otros	ES	Falta de protocolo frente a incendios.	E	G
	ES	Falta de recursos económicos para mejoramientos y compra de equipos.	E	G
	I	Falta de orden en caseta donde se encuentran herramientas	M	F,I
	I,ES	Operador no utiliza elementos de protección personal	O	B,Q,F
	ES	Falta de protocolo frente a terremotos.	E	G
	ES	Operadores no se encuentran vacunados contra la hepatitis A.	O	G,B

Causas evento peligroso: E: externo; O: operación; D: diseño; M: mantención; Peligros: B: biológico; Q: químico; F: físico; G: gestión; I: Infraestructura.

Medio de identificación de eventos peligrosos: I: Inspección; PC: Percepción Comunidad; IB: Información Bibliográfica; ES: Entrevista Semiestructurada

*En el anexo 15 b, muestra la presencia de espuma muy oscura en el reactor biológico. Al no contar con datos operacionales, la observación realizada durante la inspección el reactor biológico, pudiera estar dentro de la categoría de presencia de espuma oscura, lo que implica aumento de aireación (Oxígeno Disuelto alto), descarga de RILES, bajo SSTLM (Sólidos Suspendidos Totales de Licor Mezclado). (Según Estudio de soluciones sanitarias de la SUBDERE, 2018).

**El químico utilizado es cal.

Según la matriz de identificación de peligros y eventos peligrosos, luego del componente “otros”, el tratamiento secundario y manejo y disposición de lodos representan un 22% y 21% respectivamente de los eventos peligrosos identificados en el sistema de aguas servidas. Lo que se muestra en la Figura 40.



Figura 40. Porcentaje de eventos peligrosos identificados por componentes en sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

La causa principal de los eventos peligrosos se produce por problemas en la operación del sistema, con un 44% esto se debe a la falta de conocimiento y capacitación de los operadores, lo que se observa en la Figura 41.

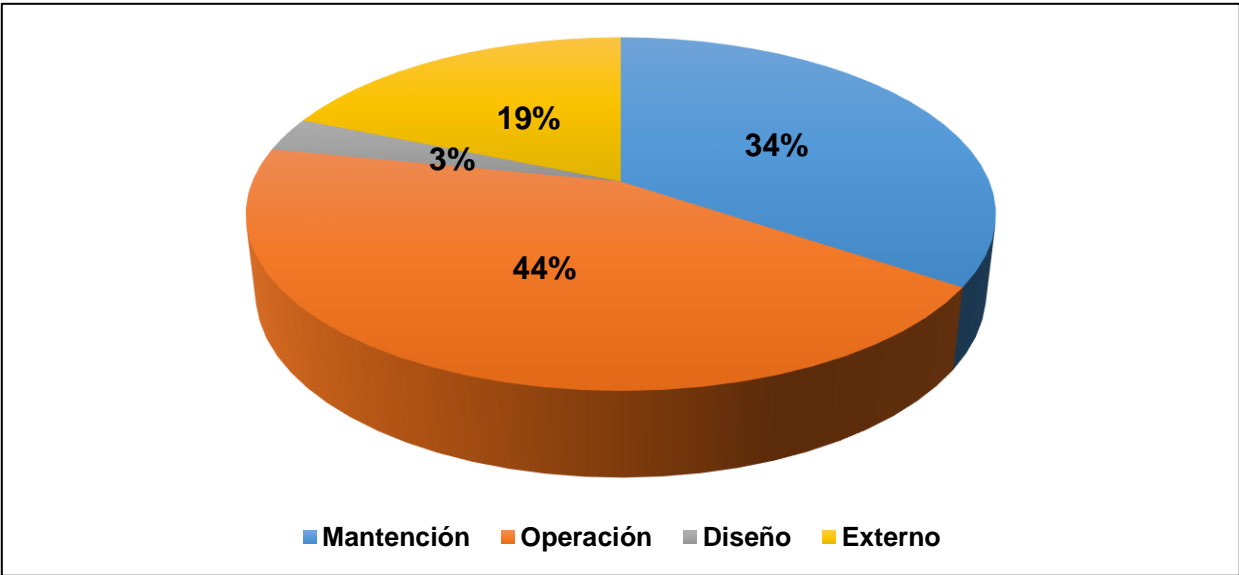


Figura 41. Porcentaje causa de eventos peligrosos identificados en sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

Los peligros producidos en el sistema son en su mayoría químicos con un 26%, el resto de los peligros se observan en la Figura 42.

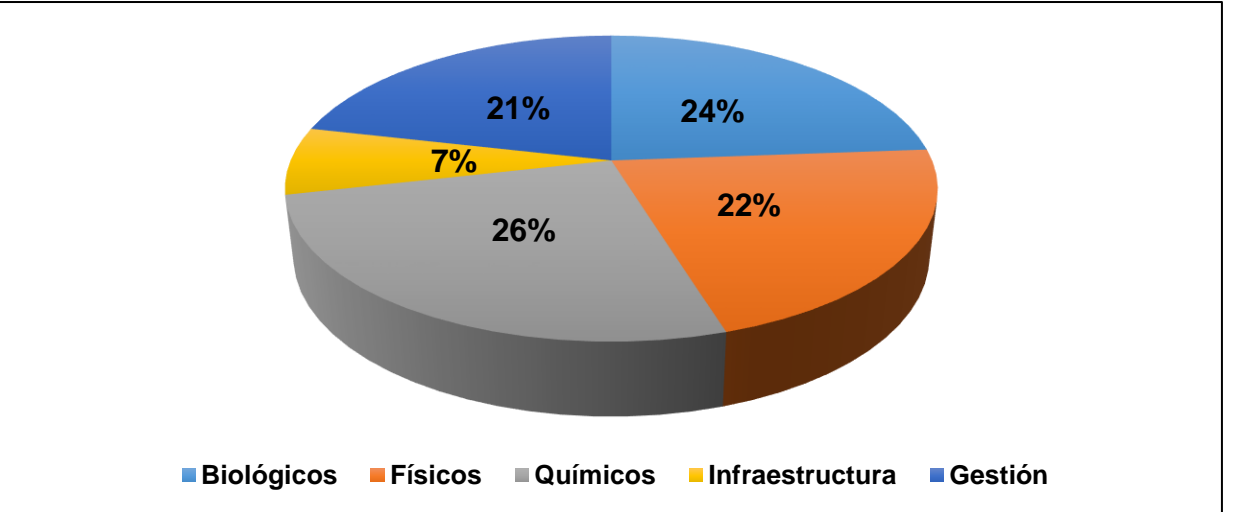


Figura 42. Porcentaje de peligros identificados en sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

5.3.1 Medidas de mejora y recomendaciones para el sistema de agua potable.

Luego de identificar los peligros y eventos peligrosos en el sistema de agua potable se realizan las siguientes recomendaciones al Comité de Agua Potable Rural de la localidad de Tomeco:

- Se sugiere realizar análisis de calidad de agua cruda, tener un registro de ellos y poder realizar un seguimiento de la calidad del agua.
- Realizar un seguimiento al parámetro de nitratos, por su constante incremento en su concentración en el periodo de análisis, para poder determinar las posibles fuentes de ingreso al sistema y tomar medidas de control.
- Se sugiere realizar un seguimiento más frecuente del parámetro de turbidez, ya que es un parámetro de control importante en la calidad del agua, por lo tanto, es recomendable que se viera la posibilidad de comprar un equipo de medición.
- Limpieza y mantenciones periódicas en el sector donde se encuentra la captación, mejorar el cierre y limpiar el tablero eléctrico.
- Identificar equipos críticos, para tener piezas para mantención o equipos de repuestos, por ejemplo, bombas.
- Tener registro de niveles freáticos de los pozos.
- Los elementos químicos utilizados deben encontrarse almacenados en estantes o lugares apropiados no a ras de piso. El operador debe manipular de manera correcta el desinfectante y además debe utilizar Elementos de Protección Personal (EPP).
- Deben realizar procedimientos de mantención periódica al equipo de cloración.
- Reparar el Macromedidor que se encuentra a la salida del estanque de almacenamiento.
- Realizar limpieza de tuberías de manera periódica.

- En caso de incendios y terremotos, se sugiere elaborar un protocolo o medidas a seguir.
- Se recomienda que una vez entregado los resultados de calidad de agua potable estos sean revisados para que distinguan si existen anomalías, poder solicitar remuestreos y verificar que el agua de consumo no afecte la salud de la comunidad.

5.3.2 Medidas de mejora y recomendaciones para el sistema de aguas servidas.

Luego de identificar los peligros y eventos peligrosos en el sistema de aguas servidas se realizan las siguientes recomendaciones al Comité de Agua Potable Rural de la localidad de Tomeco:

- Se sugiere ver alternativas para el control de olores, como filtros o cobertura vegetal. Mantener y limpiar periódicamente tuberías en el sistema de alcantarillado.
- Identificar equipos críticos, para tener piezas para mantención o equipos de repuestos, por ejemplo, bombas.
- Verificar el sistema de aireación del reactor para el tratamiento de lodos.
- Registrar parámetros como pH, temperatura, Oxígeno Disuelto y solidos suspendidos totales y tener un control de ellos.
- Realizar mensualmente análisis de calidad de agua en el afluente y efluente de la planta de tratamiento. Considerar procedimientos de acción en caso de alteración de los parámetros.
- Mantener y limpiar sector de acopio de lodos activados.
- Capacitar a los operadores en el funcionamiento de la planta de tratamiento, que reciban la vacuna contra la hepatitis A, producto de su permanente exposición a patógenos en las aguas residuales.
- Retomar el proceso de desinfección, suspendido por proyecto de humedal.
- Se recomienda tener registrado los parámetros de interés en versión digital. Para acceder a la información de manera más rápida.

- El proyecto de humedal, no se encuentra finalizado, no se tiene parámetros de control, por lo tanto, se recomienda controlar su efectividad.

De acuerdo a los resultados de las entrevistas semiestructuradas realizadas a la comunidad, si bien en reuniones de junta de vecinos, hablan sobre el cuidado del agua potable y del uso responsable del sistema de alcantarillado, no existen instancias en donde actores competentes en la materia realicen actividades de educación ambiental a la localidad y a los miembros del Comité de APR, por lo tanto, este estudio puede dar lineamientos para efectuar este tipo de actividades, de manera que exista mayor compromiso por parte de la comunidad.

Se reconoce que para realizar las medidas propuestas es necesario contar con recursos económicos y capacidades humanas, lo cual es una limitación para estos sistemas que son autogestionados.

6. CONCLUSIONES

Los Planes de Seguridad del Agua (PSA) y Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS), son herramientas eficaces, cuyo enfoque es preventivo. Son de gran utilidad para tener conocimiento sobre el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable y de aguas servidas, para brindar mejoras en la salud y calidad de vida de la población. Además, se adaptan a sistemas pequeños, por lo tanto, pueden ser implementados en zonas rurales.

Uno de los pasos fundamentales es la descripción de los sistemas de agua potable y de aguas servidas, por lo tanto, que se requiere de recopilar toda la información disponible. Lo que fue una dificultad de este estudio por la escasa base de datos otorgada por los miembros del comité de agua potable.

La falta de documentación y registros de funcionamiento de los sistemas es una falencia importante ya que no se tiene un conocimiento de hechos anteriores, es muy común que ocurra en sistemas que son gestionados por la propia comunidad, por lo tanto, es recomendable que los operadores lleven un registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en las plantas de tratamiento.

Es de importancia la gestión de la comunidad para un buen funcionamiento de los sistemas, ya que éstos tienen que tomar decisiones, ejercer labores administrativas, realizar acciones y generar recursos para el logro de sus objetivos.

La percepción es de carácter subjetivo y es fundamental para saber cuál es la calidad del servicio entregado y el grado de confianza que adquiere el comité de Agua Potable Rural de la localidad de Tomeco.

En general a partir de la información que se obtuvo a partir de las entrevistas semiestructuradas, el 57% manifestó que el servicio de agua potable en cuanto a calidad es bueno y en cuanto a cantidad un 70%. De las personas que están conectadas al sistema de alcantarillado el 82% de los encuestados señaló que el servicio de aguas servidas es bueno y el 18% regular.

En general las principales causas de los eventos peligrosos identificados en el sistema de agua potable son externos con un 36%, de operación con un 32% y mantenimiento con un 26%. Los peligros fundamentalmente son de origen biológico y químico ambos con 26%.

Por otra parte, para el sistema de aguas servidas la operación es la principal causa de los eventos peligrosos con un 44%. El 26% de los peligros identificados son químicos.

En la operación se ve el desconocimiento por parte de los operadores en el control de parámetros críticos y manipulación de sustancias químicas. En el mantenimiento del sistema se observa falta de limpieza y orden en equipos y herramientas.

En el estudio, el sistema de aguas servidas presenta mayor cantidad de eventos peligrosos, con un 52%, fundamentalmente de aspectos de gestión, en donde existe una gran deficiencia en información, registros de calidad de agua para afluente y efluente y la detención del proceso de desinfección de las aguas servidas. La presencia de olores molestos en áreas cercanas a la planta de tratamiento es uno de los principales problemas que afecta a la población, dándose mayormente en temporada estival, por lo tanto, se recomienda ver alternativas de control de olores.

Respondiendo a la pregunta de investigación, en este estudio existen peligros y eventos peligrosos a los que se deben colocar atención para una mejor gestión, operación y entrega del servicio a la comunidad, por lo tanto, las herramientas basadas en la gestión del riesgo PSA y PSS podrían ser implementadas en la localidad.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agarwal SK, Tiwari SC, Dash SC (1993) Spectrum of poisoning requiring hemodialysis in a tertiary care hospital in India. *International Journal of Artificial Organs*, 16(1):20–22.

Aguilar-Barojas,S. (2005).Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*,11 (1-2), 333-338

ATSDR (2002) Toxicological profile for copper (draft for public comment). Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Subcontract No. ATSDR-205-1999-00024).

Baraño, P. y Tapia L. (2004). Tratamiento de las aguas servidas: situación en Chile. *Revista Ciencia & Trabajo* 13, 111-117.

Bartram J, C. L.; Davison, A.; Deere, D.; Drury, D.; Gordon, B.; Howard, G.; Rinehold, A. and Stevens, M. *Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. Geneva: World Health Organization, 2009. 108p.

Cai, M. Lengaigne, S. Borlace, M. Collins, T. Cowan, M. J.McPhaden, A. Timmermann, S. Power, J. Brown, C. Menkes,A. Ngari, E. M. Vincent and M. J. Widlansky, *Nature*,2012, 488, 365–369.

Chang, Z. Chong,M y Bartram, J (2013). *Analysis of Water Safety Plan costs from case studies in the Western Pacific Region*

Dirección de Obras Hidráulicas (DOH). 2018. *Fichas técnicas de Agua Potable Rural*, Tomeco.

Environmental Criteria and Assessment Office. *Ambient water quality criterion for the protection of human health: chlorine*. Washington, DC, Office of Water Regulations and Standards, US Environmental Protection Agency, 1981.

Eun HC, Lee AY, Lee YS. Sodium hypochlorite dermatitis. Contact dermatitis, 1984, 11:45.

FAO/WHO (1996) Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva, World Health Organization, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series No. 35).

Fischer R, P Serra. 2007. Efectos de la Privatización de Servicios Públicos en Chile. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, DC.

Fonder, N. & Headly, T. (2013). The Taxonomy of treatment Wetlands: A Proposed Classification and Nomenclature System. Ecological Engineering, 51(2), 203-211, doi: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.011.

Fundación Chile. (2014, abril). Tecnología de lodos activados, tecnología convencional de tipo biológico. Recuperado en http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_30.pdf

García, j. Mujeriego, r., obis j., bou, j. (2001), wastewater treatment for small communities in catalonia (mediterranean region). Water policy 3:341-350.

García, j. (2004), humedales construidos para controlar la contaminación: perspectiva sobre una tecnología en expansión. En: garcía j, morató j, bayona j (eds). Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos. Barcelona: cpet, pp 7-16.

García, j., aguirre, p., mujeriego, r., huang, y., ortiz, l., bayona, j. (2004), initial contaminant removal performance factors in horizontal flow reed beds used for treating urban wastewater. Water research 38:1669-1678

García, J. y Corzo, A. (2008). Depuración con humedales construidos: guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial. Barcelona: Editorial UPC.

Hettche HO (1956b) [On the etiology and pathogenesis of endemic goitre.] *Zeitblatt Allgemeine Pathologie*, 95:187–193 (in German).

Howard et al. 2005. Water safety plans for piped urban supplies in developing countries: a case study from Kampala, Uganda. *Urban Water Journal*. 2(3): 161-170.

Ilustre Municipalidad de Yumbel. Plan Estratégico de Desarrollo comunal 2018 – 2021.

Instituto Nacional de Normalización (INN). 1987. NCh 1333 “Norma chilena sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos”

Instituto Nacional de Normalización (INN). 2005. NCh 409 “Norma de calidad de agua potable”

Kadlec, R. y Wallace, S. (2009). *Treatment Wetlands*. Florida: Taylor & Francis Group.

Knobeloch L et al. (1994) Gastrointestinal upsets associated with ingestion of copper-contaminated water. *Environmental Health Perspectives*, 102(11):958–961.

Libralato, G., Volpi, A., & Avezzi, F. (2012). To Centralise or to Decentralise: An Overview of the Most Recent Trends in Wastewater Treatment Management. *Journal of Environmental Management*, 94(1), 61-68, doi: 10.1016/j.jenvman.2011.07.010.

Low BA, Donohue JM, Bartley CB (1996) Backflow prevention failures and copper poisonings associated with post-mix soft drink dispensers. Ann Arbor, MI, NSF International.

Mahmud S.G et al. 2007. Development and implementation of water safety plans for small water supplies in Bangladesh: benefits and lessons learned. *Journal of Water and Health*.

Manantial S.A. (s.f). Memoria técnica planta de tratamiento de aguas servidas, Tomeco.

Mayr et al., 2012. Experiences and lessons learned from practical implementation of a software-supported Water Safety Plan (WSP) approach. *Water science & technology*.

Metcalf y Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment, and Reuse*. New York: McGraw-Hill

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 2001. DS 90 “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales”.

Ministerio de Obras Públicas. 2004. DS 609 “Norma de emisión para la regularización de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado”.

OMS - World Health Organization., *Guidelines for drinking water quality*, Third edition, Vol. 1, Geneva, 2004b.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2006. *Guías de calidad de agua potable: 3° edición*.

Pita Fernández, S., Vila Alonso, M. T., & Carpena Montero, J. (2002). Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. *Cad Aten Primaria* 1997; 4: 75-78. Actualización 19/10/2002. Determinación de los Factores de Riesgo. Disponible en: https://www.fisterra.com/mbe/investiga/3f_de_riesgo/3f_de_riesgo2.pdf.

Plataforma SIAPR, 2017.

Prathumratana L, Sthiannopkao S, Kim KW. The relationship of climatic and hydrological parameters to surface water quality in the lower Mekong River. *Environ Int* 2008; 34:860–6.

Rojas, R., *Planes de seguridad del agua (PSA)*., OMS/OPS/SDE/ CEPIS-SB, Hojas de Divulgación Técnica, HDT –No. 100., ISSN: 1018-5119, marzo, 2006a.

Romero, J. (2004). Tratamiento de Aguas Residuales (3a ed). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. - Singh, M. y Srivastava, R. (2011). Sequencing batch reactor technology for biological wastewater treatment: a review. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 6(1): 3–13

Sampieri, R., Collado, C. F., & Lucio, P. B. 2006. Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. México, 113.

Sandoval Moreno, Adriana, & Günther, María Griselda. (2015). Organización social y autogestión del agua: Comunidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán. *Política y cultura*, (44), 107-135. Recuperado en 09 de marzo de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422015000200006&lng=es&tlng=

Seghezzo et al., 2013 Improved risk assessment and risk reduction strategies in the Water Safety Plan (WSP) of Salta, Argentina. *Water science & technology*.

Speijers GJA et al. (1989) Integrated criteria document nitrate; effects. Appendix to RIVM Report No. 758473012. Bilthoven, National Institute for Public Health and the Environment) (RIVM Report No. A758473012).

Spitalny KC et al. (1984) Drinking-water-induced copper intoxication in a Vermont family. *Pediatrics*, 74(6):1103–1106.

Stenhammar L (1999) Diarrhoea following contamination of drinking water with copper. *European Journal of Medical Research*, 4:217–218.

Stottmeister u., wießner, a., kuschk, p., kappelmeyer, u., küstner, m., bederski, o., müller, r., moormann, h. (2003), effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology advances* 22:93-17.

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). 2009. Manual de soluciones de saneamiento sanitario para zonas rurales.

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). 2018. Estudio de Soluciones Sanitarias para el Sector Rural.

Tanner, c., champion, p., kloosterman, v. (2006), new zealand constructed wetland planting guidelines. National institute of water and atmospheric research report published in association with the new zealand water & wastes association, pp 26.

Urooj Quezon Amjad et al. 2016. Water Safety Plan: bridges and barriers to implementation in North Carolina. Journal of Water and Health

US EPA (1987) Drinking water criteria document for copper. Cincinnati, OH, US Environmental Protection Agency, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office.

US EPA (1995) Effect of pH, DIC, orthophosphate and sulfate on drinking water cuprosolvency. Washington, DC, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development (EPA/600/R-95/085).

United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2000). Manual: Constructed wetlands treatment of municipal wastewaters. Cincinnati: US EPA

Van Vliet MTH, Zwolsman JJG. Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. J Hydrol 2008; 353:1–17.

Vera, I. (2012). Análisis de funcionamiento y patrones asociativos de sistemas de tratamiento convencionales y naturales de aguas servidas para la eliminación de material orgánica y nutrientes. Trabajo de grado, Doctorado Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.

Vera I., Sáez, K. y Vidal, G. (2013). Performance of 14 full scale sewage treatment plants: comparison between four aerobic technologies regarding effluent quality, sludge production and energy consumption. Environmental Technology 34 (15), 2267-2275.

Vieira, J. y Morais, C. Planos de Segurança da Água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Portugal: Universidade do Minho. 2005. 161 p.

Villarroel, C. (2012). Asociaciones Comunitarias de Agua Potable Rural en Chile: Diagnóstico y Desafíos.

Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 380(1-3), 48-65, doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.09.014.

Vymazal, J. y Kröpfelová, L. (2008). Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow. Heidelberg:Springer

Watson SH, Kibler CS. Drinking water as a cause of asthma. *Journal of allergies*, 1933, 5:197-198.

Winkler, M et al (2017). Sanitation safety planning as a tool for achieving safely managed sanitation systems and safe use of wastewater, 34-40.

Wyllie J (1957) Copper poisoning at a cocktail party. *American Journal of Public Health*, 47:617.

World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinkingwater Quality: 4th edition. Genève: WHO, 2011.

8. ANEXOS

Anexo 1. Registro de análisis físico- químico de agua potable realizado por SEREMI DE SALUD REGIÓN DEL BIOBIO.


ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA POTABLE
(DS 735 Reglamento de los Servicios de Agua Destinados al Consumo Humano versión 30-Julio-2010)

MINISTERIO DE SALUD
SEREMI DE SALUD REGION BIO BIO
DELEGACION PROVINCIAL NUBLE

N° PROTOCOLO	1054 Q (51)	T° RECEPCION	10°C
MUESTRA DE	AGUA CONSUMO HUMANO POTABLE CL. 0,0 PPM		
PROCEDENCIA	RED		
RECCION / SECTOR	X: 0711255 Y: 5904000 TOMECO		
MUNICIPALIDAD	YUMBEL		
MUESTRA PROPORCIONADA POR	JUAN CARLOS ROA OFICINA PROVINCIAL BIO BIO		
FECHA MUESTREO	13.04.16	FECHA RECEPCION MUESTRA	14.04.16
HORA MUESTREO	15 : 15	HORA RECEPCION MUESTRA	09 :15
FECHA INICIO ANALISIS	14.04.16	FECHA TERMINO ANALISIS	23.05.16

RESULTADO DE ANALISIS

	Expresado Como	Limite Máximo	Valor Medido
Turbiedad	NTU	-----	0,3
Conductividad	µS/cm	-----	335,0
1.0 PARAMETROS ORGANOLEPTICOS Fisicos	Expresado Como	Limite Máximo	Valor Medido
Color Verdadero	Unidades Pt-Co	20	< 5
Olor		Inodora	Inodora
Sabor		Insipida	Insipida
2.0 PARAMETROS ORGANOLEPTICOS Inorgánicos	Expresado Como	Limite Máximo	Valor Medido
pH		6,5 – 8,5	7,41
		Limite Máximo (mg/l)	Concentración Medida (mg/l)
Cloruros	Cl ⁻	400	25,4
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	500	< 20
Sólidos disueltos totales		1500	265
3.0 ELEMENTOS ESENCIALES	Expresado Como	Limite Máximo (mg/l)	Concentración Medida (mg/l)
Cobre	Cu	2,0	3,76
Cromo Total	Cr	0,05	< 0,02
Fluoruro	F ⁻	1,5	< 0,09
Hierro	Fe	0,3	< 0,08
Manganeso	Mn	0,1	< 0,05
Magnesio	Mg	125	19,6
Selenio	Se	0,01	< 0,01
Zinc	Zn	3,0	< 0,1
4.0 ELEMENTOS NO ESENCIALES	Expresado Como	Limite Máximo (mg/l)	Concentración Medida (mg/l)
Arsénico	As	0,01	< 0,002
Cadmio	Cd	0,01	< 0,005
Mercurio	Hg	0,001	< 0,001
Nitrato	NO ₃	50	24,7
Nitritos	NO ₂	3,0	< 0,1
Razón Nitrato + Nitrito		1	≤ 1,0
Plomo	Pb	0,05	< 0,05



B.Q. RICARDO ORTIZ PEÑA
JEFE LABORATORIO AMBIENTAL NUBLE

LABORATORIO AMBIENTAL NUBLE
SEREMI DE SALUD DEL BIO-BIO
Purén N° 601 CHILLÁN (42) 2585086 Fax (42) 2585095

Esta información no debe ser reproducida total ni parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio Ambiental Nuble

Anexo 2. Informe de ensayo realizado por laboratorio Biodiversa



BIODIVERSA
EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD



SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACIÓN
INN - CHILE
Acreditación LE 127 a LE 128

INFORME DE ENSAYO N° 2351730

N° de Muestra: 2351730
 Fecha Emisión Informe: 24/04/2019
 N° Cotización: _____
 Página: 1 de 2

IDENTIFICACION DEL CLIENTE

Cliente: COMITE APR TOMECO
 Solicitante: _____
 Código de Identificación: _____
 Dirección: Calle Las Perlas S/N
 Comuna: _____

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA

Lugar de Muestreo: _____
 Tipo de Muestra: Agua Potable
 Dirección de Muestreo: _____
 Punto de Control: origen A.P.

CONDICIONES DE MUESTREO

Responsable Recolección: Cliente
 Tipo de Muestreo: Puntual
 Fecha Inicio Muestreo: 18/04/2019
 Hora Inicio Muestreo: 08:00
 Fecha de Recepción: 18/04/2019 16:48

RESULTADOS DE ANALISIS

Parámetro	Unidad de Expresión	Valor Medido	NCh409 Of.2005 ¹	Métodos de Ensayo	Horas Envase	Fecha Análisis
Bacteriológicos						
Formas Totales(A)	Col / 100 ml	<1	0	NCh1620/2 Of.84	9,0	18/04/2019
Escherichia coli(A)	-	Ausencia	Ausencia	Manual SISS ME-02-2007	9,0	18/04/2019
Turbiedad (NTU)(A)	NTU	<0,50	4	Manual SISS ME-03-2007	9,0	18/04/2019
Químicos						
Residual *	mg/L	0,50	0,2-2,0	St. Methods 4500 Cl		18/04/2019
Verdadero(B)	u Pt-Co	<5,00	20	Manual SISS ME-24-2007	9,0	18/04/2019
	-	Inodoro	Inodora	Manual SISS ME-25-2013	9,0	18/04/2019
	-	6,98	6,5 - 8,5	Manual SISS ME-29-2007	9,0	18/04/2019
	-	Insípido	Insípida	Manual SISS ME-26-2013	9,0	18/04/2019
Temperatura Lab(B)	°C	14,30		Manual SISS ME-29-2007	9,0	18/04/2019

NCh409 Of.2005 - Agua Potable

Maria Eugenia Grijalobos Pino
 Jefe de Laboratorio
 Biodiversa Concepción

Procedimientos de Muestreo, PROC.TEC.002, PROC.TEC.003, PROC.TEC.007.

Este informe no debe ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita de BIODIVERSA S.A.
 El laboratorio sólo se hace responsable por los resultados de las muestras ensayadas.

Laboratorio Biodiversa Concepción, Arrau Mendez s/n, Recinto La Mochita, Pedro de Valdivia, Concepción. Fono: 56 91 2347854.

Anexo 3. Entrevista semiestructurada aplicada a representantes de comité de agua potable.



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Ambientales
Centro de Ciencias Ambientales EULA- CHILE



Entrevista semiestructurada Comité de Agua Potable Rural (APR)

Fecha:

Entrevistado:

Nombre del Comité	
Comuna	
Provincia	
Región	

Preguntas Generales			Observaciones
1. ¿Hace cuánto tiempo cumple un rol administrativo en el comité?			
2. ¿Cuáles son las principales funciones que realiza al interior del comité?			
3. ¿Quiénes conforman la directiva del comité?			
4. ¿Cada cuánto tiempo se cita a asamblea?			
5. ¿Cuándo se realizó la última asamblea?			
6. ¿Han tenido asambleas extraordinaria?	Si	No (pasar a la 8)	
7. ¿Cuál fue el motivo?			
8. ¿Cuándo se realizó la última cuenta pública de egresos e ingresos del comité?			
9. ¿Tienen derechos de agua?	Si	No (pasar a la 12)	
10. Si la respuesta es afirmativa. ¿El derecho de agua está a nombre del comité?	Si	No (pasar a la 12)	
11. Si el derecho de agua no se encuentra a nombre del comité. ¿A nombre de quién está?			
12. ¿Tiene registros de libros de contabilidad?	Si	No	
13. ¿Tiene libro de socios?	Si	No	

14. ¿El libro de socios se encuentra actualizado?		Si	No
15. ¿Cuántos socios tiene el comité?			
16. ¿Cobra la incorporación de nuevos socios?		Si	No
17. ¿Cuánta es la población aproximada de Tomeco?			
18. ¿En qué grupo etario cree usted que se concentra la población de Tomeco?			
Mayores de 65	Menores de 5 años	Otro rango	
19. ¿La población presenta una alta movilidad en el mes de enero?		Si	No
20. ¿Cómo se calcula la tarifa del sistema de agua potable?			
21. ¿Existen subsidios de agua potable?		Si	No (pasar a la 23)
22. ¿En qué consisten dichos subsidios?			
23. ¿Tiene conocimientos sobre la nueva Ley de Servicios Sanitarios Rurales?		Si	No (pasar a la 25)
24. ¿Quiénes le dieron la capacitación sobre la Ley?			
25. ¿Ha participado en programas de educación y capacitación?		Si	No (pasar a la 28)
26. ¿En qué fecha se realizó esta capacitación?			
27. ¿Cuál fue el tema central de la capacitación?			
28. ¿Cuáles son las principales dificultades que les ha tocado enfrentar en el APR?			
29. ¿Cuáles son los principales desafíos que se plantean como comité?			
30. ¿Cuentan con los recursos para realizar modificaciones a la infraestructura de saneamiento?		Si	No (pasar a la 32)
31. ¿Están dispuestos a realizar estas modificaciones?		Si (pasar a la 33)	No (pasar a la 33)
32. ¿Si contaran con el dinero estarían dispuestos a realizar estas modificaciones?		Si	No
Preguntas Sistema de Agua Potable			
33. ¿Cuántos operadores trabajan en la planta de agua potable?			
34. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando el operador?			
35. ¿El operador tiene contrato laboral?		Si	No
36. ¿El operador trabaja a honorarios?		Si	No

37. ¿Los operadores trabajan por turno ?	Si	No
38. ¿En qué año comenzó a funcionar la planta de agua potable?		
39. ¿Se han realizado obras de mantenimiento y de mejoramiento al sistema de agua potable?	Si	No
40. ¿Han sido asesorados por problemas técnicos de operación y de mantenimiento en el servicio de agua potable?	Si	No (pasar a la 42)
41. ¿Cuándo fue la última vez que fue asesorado?		
42. ¿Cuántos arranques domiciliarios existen?		
43. ¿Cuál es la fuente de agua potable?		
44. Si la captación es subterránea ¿Cuál es la profundidad del pozo?		
45. ¿Se ha suspendido el suministro de agua potable?	Si	No (pasar a la 49)
46. ¿Cuál fue el motivo?		
47. ¿Cuánto tiempo estuvieron sin agua?		
48. ¿Qué medidas tomaron para solucionar el problema?		
49. ¿Han tenido problemas de presión en el agua?	Si	No (pasar a la 51)
50. ¿Cómo detectaron el problema?		
51. ¿El sistema de cañerías desde cuándo está?		
52. ¿De qué material son las cañerías?		
53. ¿Existe actividad agrícola cercana a la captación?	Si	No
54. ¿Existe actividad forestal cercana a la captación?	Si	No
55. ¿Hay presencia de animales cercanos a la fuente de captación?	Si	No
56. ¿Tiene relación formal con la municipalidad?	Si	No
57. ¿Tiene relación formal con miembros del SEREMI DE SALUD?	Si	No
58. ¿Han sido visitados por el SEREMI DE SALUD?	Si	No (pasar a la 60)
59. ¿En qué consistió su visita?		
60. ¿Tiene relación formal con miembros del departamento salud municipal?	Si	No
61. ¿Han sido visitados por miembros del departamento de salud municipal?	Si	No (pasar a la 63)
62. ¿En qué consistió su visita?		
En caso de tener que suspender el servicio de agua potable		
63. ¿De dónde obtiene el agua para abastecer a la comunidad?		
64. ¿Cómo se contactan para solicitar el agua?		

65. ¿Cómo hacen para distribuir esta agua a la comunidad?		
En base al agua que reciben en camiones aljibe, se conoce		
66. Su lugar de extracción	Si	No
67. Si esta agua es potable	Si	No
68. Análisis físico-químicos realizados al agua	Si	No
69. Cantidad de veces que han recibido agua por este medio.	Si	No
70. Volumen de agua que han recibido por este medio.	Si	No
En base a planes de emergencia		
71. ¿Se tiene un protocolo frente a incendios?	Si	No
72. ¿Se tiene un protocolo frente a terremotos?	Si	No
Preguntas Sistema de Aguas Servidas		
73. ¿Ustedes como comité están a cargo de la administración y operación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas o están a cargo de otra institución?		
74. ¿Cuántos operadores trabajan en la planta de tratamiento de aguas servidas?		
75. ¿Los operadores trabajan por turno?	Si	No
76. Las personas que trabajan dentro del recinto de la planta de tratamiento de aguas servidas, ¿están vacunados contra la hepatitis A?	Si (pasar a la 79)	No
77. ¿Por qué motivo?		
78. ¿Se encuentra en sus planes a corto plazo administración de esta vacuna?	Si	No
79. ¿En qué año comenzó a funcionar la planta de tratamiento de aguas servidas?		
80. ¿Qué tipo de tratamiento tienen en la Planta de aguas servidas?		
81. ¿Se han realizado obras de mejoramiento o reparación en la planta de tratamiento?	Si	No
82. ¿Ha habido problemas por malos olores provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales?	Si	No
83. ¿Todos los socios se encuentran conectados al sistema de alcantarillado?	Si	No
84. ¿Hacia dónde descarga la planta de tratamiento de aguas servidas?		
85. ¿Frente a emergencias tiene un plan de contingencia?	Si	No

Anexo 4. Entrevista semiestructurada aplicada a operador de planta de agua potable rural.



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Ambientales
Centro de Ciencias Ambientales EULA-CHILE



Entrevista semiestructurada para Sistema de Agua Potable Rural Localidad de Tomeco.

Fecha de aplicación:

Entrevistado (a):

Preguntas Generales			Observaciones
1. ¿Cuándo inició la operación de la Planta?			
2. ¿Cuántos años lleva trabajando en la Planta?			
3. ¿Sabe cuántos operadores trabajan en la Planta?			
4. En cuanto a su tiempo de trabajo.	Horas al día	Días a la semana	
5. ¿Ha recibido capacitación sobre el funcionamiento y operación de la Planta?	Si	No (pasar a la 10)	
6. ¿Cuándo fue la última capacitación?			
7. ¿Quién le realizó la capacitación?			
8. ¿Cuándo fue la penúltima capacitación?			
9. ¿Quién le realizó la capacitación?			
10. ¿Reciben asesoría por Essbio?	Si	No	
11. ¿Han recibido visitas de representantes del SEREMI DE SALUD?	Si	No (pasar a la 13)	
12. ¿Qué es lo que hacen cuando realizan la visita los funcionarios de salud?			
13. ¿Han recibido visitas de representantes del departamento de salud de la municipalidad de Yumbel?	Si	No (pasar a la 15)	
14. ¿Qué es lo que hacen cuando realizan la visita los funcionarios de salud?			
15. ¿Han detenido la Planta?	Si	No (pasar a la 18)	
16. ¿Cuál fue el motivo por la que dejo de funcionar?			
17. ¿Cuánto tiempo estuvo detenida la Planta?			
Captación			
18. ¿Tienen planilla de registro de niveles freáticos?	Si	No	

19. ¿Estas planillas se encuentran en versión digital?	Si	No	
20. ¿Desde cuándo tienen registros?			
21. En caso de que se agote el agua de los pozos que actualmente se utilizan ¿ tienen otra fuente potencial de extracción de agua?	Si	No (pasar a la 23)	
22. ¿Cuál es la fuente?			
23. ¿Se han producido inundaciones cercanas a la captación?	Si	No	
24. ¿Qué elementos hay cercanos a la captación (casas, plantaciones)?			
25. ¿La captación es subterránea?	Si	No	
26. ¿Tienen pozos?	Si	No	
27. ¿Cuántos pozos tienen?			
28. ¿Cuántos pozos utilizan? ¿Por qué razón?			
29. ¿Cuál es la profundidad del pozo(s)?	Pozo 1	Pozo 2	
Preguntas relacionadas con pozo 1 (con agua)			
30. ¿Cuánta es la profundidad de instalación?		m	No sabe
31. ¿Cuánta es la profundidad de sondaje?		m	No sabe
32. ¿Cuánto es el nivel dinámico?		m	No sabe
33. ¿Cuánto es el nivel estático?		m	No sabe
Preguntas relacionadas con pozo 2 (pozo seco)			
34. ¿Cuánta es la profundidad de instalación?		m	No sabe
35. ¿Cuánta es la profundidad de sondaje?		m	No sabe
36. ¿Cuánto es el nivel dinámico?		m	No sabe
37. ¿Cuánto es el nivel estático?		m	No sabe
38. ¿Sabe de dónde se obtiene esta información?			
Operación y Tratamiento			
1. Sistema eléctrico			
39. ¿En caso de que se produzca una falla en la bomba impulsora tienen alguna de repuesto?	Si	No	
40. Si el sistema eléctrico falla. ¿Cuáles son los pasos a seguir?			
2. Bomba dosificadora			
41. ¿En caso de que falle la bomba cuenta con una de repuesto?	Si	No	
42. Si la bomba falla. ¿Cuál es el procedimiento a seguir?			
43. ¿Aproximadamente cuánto es el tiempo de trabajo de la bomba dosificadora?			
44. ¿Cuándo fue la última vez que se realizó mantención a la bomba?			
45. ¿En qué consistió la mantención?			
3. Sistema de desinfección			
46. ¿Con que instrumento mide el cloro?			
47. ¿Tiene el manual del equipo de medición de cloro?	Si	No (pasar a la 49)	
48. ¿Dónde se encuentra el manual del equipo?			

49. ¿En caso de falla de la bomba dosificadora tiene de repuesto?	Si	No	
50. ¿En caso de falla del Macromedidor tienen uno de repuesto?	Si	No	
51. ¿Cuál es el procedimiento a seguir en caso de falla?			
52. ¿Cuándo fue la última vez que se realizó mantención al equipo de cloración?			
53. ¿Qué desinfectante utiliza?			
54. ¿Con qué frecuencia prepara el desinfectante?			
55. ¿En caso de no tener desinfectante cual es el procedimiento a seguir?			
56. ¿Tienen la ficha de seguridad del producto químico?	Si	No	
57. ¿Tiene registro de cloro residual?	Si	No	
58. ¿Desde cuándo tienen los registros?			
59. ¿Dónde miden el cloro residual?			
4. Estanque de almacenamiento			
60. ¿El estanque está protegido contra corrosión?	Si	No	
61. ¿El estanque está protegido de congelamiento?	Si	No	
62. ¿Estanque presenta grietas o fisuras que generen filtración?	Si	No	
63. ¿Cuándo fue la última mantención que se le realizó al estanque?			
64. ¿Cada cuánto realiza la mantención?			
65. ¿Luego de realizada la mantención el estanque se desinfecta?	Si	No	
66. ¿Cuál es el volumen del estanque?			
67. ¿Cuál es la altura del estanque?			
5. Sistema de Distribución			
68. ¿Cuántos arranques domiciliarios existen?			
69. ¿Cuál es la extensión de la red?			
70. ¿Cuál es el material de las tuberías?			
71. ¿Las tuberías se encuentran oxidadas?	Si	No	
72. ¿Sabe si hay fugas en las tuberías?	Si	No	
73. ¿Se realiza limpieza de tuberías?	Si	No	
74. ¿Cuándo fue la última vez que se limpiaron las tuberías?			
75. ¿Cada cuánto tiempo se realiza la limpieza de las tuberías?			
76. ¿Cuándo fue la última mantención que se realizó?			
77. ¿Cada cuánto tiempo se realiza mantención al sistema de distribución?			
78. ¿Cómo verifica la falta de presión en el sistema de agua potable?			
6. Análisis de calidad de agua			
79. ¿Quién les hace los análisis de agua?		No sabe	

80. ¿Qué parámetros de calidad de agua son los analizados?		No sabe	
81. ¿Cada cuánto se realizan estos análisis?		No sabe	
82. ¿Tienen registros de estos análisis?	Si	No	No sabe
83. ¿Desde cuándo tienen estos registros?		No sabe	
Elementos de Protección Personal (EPP)			
84. ¿Cuáles son las tareas que realiza en la Planta de Agua Potable?			
85. ¿Ha sido capacitado en el uso de EPP y de seguridad en la operación de la Planta?	Si	No (saltar a la 88)	
86. ¿Cuándo se realizó la capacitación?			
87. ¿Quién realizó la capacitación?			
88. ¿Ha sufrido algún accidente mientras realizaba tareas de mantención en la Planta?	Si	No (saltar a la 92)	
89. ¿Qué sucedió?			
90. Al momento de ocurrir el accidente, ¿Estaba sólo o acompañado?			
91. ¿Qué acciones realizó luego del accidente?			
92. ¿Utiliza zapatos de seguridad?	Si (saltar a la 94)	No	
93. ¿Los tiene?	Si	No	
94. ¿Utiliza arnés de seguridad?	Si (saltar a la 96)	No	
95. ¿Lo tiene?	Si	No	
96. ¿Utiliza cabo estructurero o línea de vida?	Si (saltar a la 98)	No	
97. ¿Lo tiene?	Si	No	
98. ¿Utiliza overol?	Si (saltar a la 100)	No	
99. ¿Lo tiene?	Si	No	
100. ¿Utiliza botas de agua?	Si (saltar a la 102)	No	
101. ¿Las tiene?	Si	No	
102. ¿Utiliza traje de lluvia?	Si (saltar a la 104)	No	
103. ¿Lo tiene?	Si	No	
104. ¿Utiliza guantes de goma?	Si (saltar a la 106)	No	
105. ¿Los tiene?	Si	No	
106. ¿Utiliza guantes de cuero?	Si (saltar a la 108)	No	
107. ¿Los tiene?	Si	No	
108. ¿Utiliza mascarilla con filtro (gases)?	Si (saltar a la 110)	No	
109. ¿La tiene?	Si	No	
110. ¿Utiliza casco de seguridad?	Si (saltar a la 112)	No	
111. ¿Lo tiene?	Si	No	
112. ¿Utiliza antiparras?	Si (saltar a la 114)	No	

113. ¿La tiene?	Si	No	
114. ¿Utiliza cinta de peligro?	Si (saltar a la 116)	No	
115. ¿La tiene?	Si	No	
116. ¿Utiliza bloqueador solar?	Si (saltar a la 118)	No	
117. ¿Lo tiene?	Si	No	
118. ¿Utiliza pechera lavable?	Si (saltar a la 120)	No	
119. ¿La tiene?	Si	No	
120. ¿Utiliza chaleco reflectante?	Si (saltar a la 122)	No	
121. ¿Lo tiene?	Si	No	
Planes de Contingencia			
122. ¿Tiene teléfonos de emergencia?	Si	No (pasar a la 125)	
123. ¿Cuales?			
124. ¿Dónde los tiene registrados?			
125. ¿Tiene elementos de comunicación (radio, teléfonos)?	Si	No	
126. ¿En caso de emergencia tiene comunicación con localidades cercanas?	Si	No	
127. ¿Ha sufrido daño o robo de material por vandalismo?	Si	No	
128. ¿Tiene stock de repuestos de elementos fundamentales del servicio de agua potable? (Como por ejemplo bombas, tuberías)	Si	No	
129. ¿Mantiene cotizaciones de camiones aljibes con residencia y/u operación cercana, para solicitar de ellos en caso de que sea necesario?	Si	No	
130. ¿Tiene una lista de elementos de seguridad?	Si	No	
131. ¿Cuándo ocurre una emergencia tiene claridad cuáles son las zonas seguras?	Si	No	
132. ¿Tiene procedimientos en caso de incendios, sismos?	Si	No	
133. ¿Cuándo ocurre la emergencia como se abastece la comunidad de agua potable?			
134. ¿Quisiera nombrar algunas problemáticas que no estuvieron presentes dentro de la encuesta			

Anexo 5. Entrevista semiestructurada aplicada a operador planta de tratamiento de aguas servidas



. Universidad de Concepción
 Facultad de Ciencias Ambientales
 Centro de Ciencias Ambientales EULA-CHILE



Entrevista semiestructurada para Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas localidad de Tomeco.

Fecha de aplicación:

Entrevistado (a):

Preguntas Generales			Observaciones
1. ¿Cuándo se inició la operación de la planta?			
2. ¿Cuántos años lleva trabajando en la planta?			
3. ¿Sabe cuántos operadores trabajan en la planta?			
4. En cuanto a su tiempo de trabajo.	Horas al día	Días a la semana	
5. ¿Ha sido capacitado sobre el funcionamiento y operación de la Planta?	Si	No	
6. ¿Cuándo fue la última capacitación?			
7. ¿Quién le realizó la capacitación?			
8. ¿Cuándo fue la penúltima capacitación?			
9. ¿Quién le realizó la capacitación?			
10. ¿Cuántas uniones domiciliarias existen?			
11. ¿Han recibido quejas por parte de la población por malos olores?	Si	No (pasar a la 15)	
12. ¿Cuándo se produjo el problema de los olores?			
13. ¿Cuánto tiempo estuvieron con el problema?			
14. ¿Qué hicieron para solucionar el problema?			
15. ¿Qué hacen para controlar los olores de la planta?			
16. ¿Han recibido quejas por parte de la población por la presencia de ratones?	Si	No	
17. ¿Han recibido quejas por parte de la población por la presencia de moscas?	Si	No	
18. ¿Han recibido visitas de representantes del SEREMI DE SALUD?	Si	No (pasar a la 20)	
19. ¿Qué es lo que hacen cuando realizan la visita los funcionarios de salud?			

20. ¿Han recibido visitas de representantes del departamento de salud de la municipalidad de Yumbel?	Si	No (pasar a la 22)	
21. ¿Qué es lo que hacen cuando realizan la visita los funcionarios de salud?			
22. ¿Han detenido el funcionamiento de la planta?	Si	No	
23. ¿Cuándo se detuvo la planta?			
24. ¿Cuánto tiempo estuvieron detenido?			
25. ¿Cuál fue el procedimiento a realizar luego de la detención de la planta?			
Operación y Tratamiento			
1. Tratamiento preliminar y tratamiento primario			
26. ¿Toma muestras de aguas a la entrada de la planta?	Si	No	
27. ¿Con que frecuencia toma las muestras?			
28. ¿Mide pH?	Si	No (pasar a la 31)	
29. ¿Posee registro de este parámetro?	Si	No	
30. ¿Desde cuándo tiene los registros?			
31. ¿Mide temperatura a la entrada de la planta?	Si	No (pasar a la 34)	
32. ¿Posee registro de este parámetro?	Si	No	
33. ¿Desde cuándo tiene los registros?			
34. ¿Mide conductividad a la entrada de la planta?	Si	No (pasar a la 37)	
35. ¿Posee registro de este parámetro?	Si	No	
36. ¿Desde cuándo tiene el registro?			
37. ¿Tiene sistemas de rejas?	Si	No	
38. ¿Tiene tamices?	Si	No	
39. ¿El sistema tiene desarenador?	Si	No	
40. ¿El sistema tiene desengrasador?	Si	No	
41. ¿El sistema tiene triturador?	Si	No	
42. ¿El sistema tiene filtro rotatorio?	Si	No	
43. ¿El sistema tiene decantador?	Si	No	
44. ¿La planta tiene una estación de cloración?	Si	No (pasar a la 47)	
45. ¿Se está utilizando la cloración en la estación?	Si	No	
46. ¿Por qué no?			
47. ¿Se está realizando la desinfección?	Si (pasar a la 49)	No	
48. ¿Cuándo dejo de realizarse la desinfección?			
2. Tratamiento biológico			
49. ¿Qué tipo de tratamiento biológico tienen?			
50. ¿Hay tanque de aireación?	Si	No (pasar a la 52)	

51. ¿Cuál es la fuente de aireación del sistema?			
52. ¿Tiene sedimentador en el sistema?	Si	No	
53. ¿El sistema tiene bombas de impulsión?	Si	No	
54. ¿En caso de falla de la bomba impulsión, tienen repuesto?	Si	No	
55. ¿Tiene registro de la temperatura del reactor?	Si	No	
3. Manejo y disposición de lodos			
56. ¿Cuál es la cantidad de lodo generada diariamente?			
57. ¿Cuál es el lugar de disposición final de los lodos?			
58. ¿Cada cuánto tiempo son retirados los lodos?			
59. ¿Quién está a cargo del retiro de los lodos?			
60. ¿Cuál es el color del lodo previo a la aplicación de algún tratamiento ?			
61. ¿En el sistema se tiene un Espesador de lodos?	Si	No	
62. ¿En el sistema hay una cámara de lodos?	Si	No	
63. ¿En el sistema hay un equipo de presurización?	Si	No	
64. ¿En el sistema hay centrifugas?	Si	No	
4. Productos Químicos			
65. ¿Qué productos químicos utiliza?			
66. ¿Tiene las fichas de seguridad de los productos químicos?	Si	No	
5. Otros			
67. ¿Tiene registros de Demanda Biológica de Oxígeno?	Si	No	
68. ¿Tienen registros de sólidos suspendidos totales?	Si	No	
69. ¿Tienen registros de fosforo?	Si	No	
70. ¿Tienen registros de Coliformes fecales?	Si	No	
71. ¿Tienen registros de E. coli?	Si	No	
72. ¿Tienen registro de Oxígeno Disuelto?	Si	No	
73. ¿Tienen registro de cloro?	Si	No	
74. ¿Hacia dónde se dirigen las aguas tratadas?			
75. ¿Cuál es el caudal de salida de la planta de tratamiento?			
76. ¿Cuál es el consumo de electricidad de la planta?			
Elementos de Protección Personal (EPP)			
77. ¿Cuáles son las tareas que realiza en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas?			

78. ¿Ha sido capacitado en el uso de EPP y de seguridad en la operación de la Planta?	Si	No (saltar a la 81)	
79. ¿Cuándo se realizó la capacitación?			
80. ¿Quién realizó la capacitación?			
81. ¿Ha sufrido algún accidente mientras realizaba tareas de mantención en la Planta?	Si	No (saltar a la 85)	
82. ¿Qué sucedió?			
83. Al momento de ocurrir el accidente, ¿Estaba sólo o acompañado?			
84. ¿Qué acciones realizó luego del accidente?			
85. ¿Utiliza zapatos de seguridad?	Si (saltar a la 87)	No	
86. ¿Los tiene?	Si	No	
87. ¿Utiliza arnés de seguridad?	Si (saltar a la 89)	No	
88. ¿Lo tiene?	Si	No	
89. ¿Utiliza cabo estructurero o línea de vida?	Si (saltar a la 91)	No	
90. ¿Lo tiene?	Si	No	
91. ¿Utiliza overol?	Si (saltar a la 93)	No	
92. ¿Lo tiene?	Si	No	
93. ¿Utiliza botas de agua?	Si (saltar a la 95)	No	
94. ¿Las tiene?	Si	No	
95. ¿Utiliza traje de lluvia?	Si (saltar a la 97)	No	
96. ¿Lo tiene?	Si	No	
97. ¿Utiliza guantes de goma?	Si (saltar a la 99)	No	
98. ¿Los tiene?	Si	No	
99. ¿Utiliza guantes de cuero?	Si (saltar a la 101)	No	
100. ¿Los tiene?	Si	No	
101. ¿Utiliza mascarilla con filtro (gases)?	Si (saltar a la 103)	No	
102. ¿La tiene?	Si	No	
103. ¿Utiliza casco de seguridad?	Si (saltar a la 105)	No	
104. ¿Lo tiene?	Si	No	
105. ¿Utiliza antiparras?	Si (saltar a la 107)	No	
106. ¿La tiene?	Si	No	
107. ¿Utiliza cinta de peligro?	Si (saltar a la 109)	No	
108. ¿La tiene?	Si	No	
109. ¿Utiliza bloqueador solar?	Si (saltar a la 111)	No	
110. ¿Lo tiene?	Si	No	

111. ¿Utiliza pechera lavable?	Si (saltar a la 113)	No	
112. ¿La tiene?	Si	No	
113. ¿Utiliza chaleco reflectante?	Si (saltar a la 115)	No	
114. ¿Lo tiene?	Si	No	
Planes de Contingencia			
115. ¿Tiene teléfonos de emergencia?	Si	No (pasar a la 118)	
116. ¿Cuales?			
117. ¿Dónde los tiene registrados?			
118. ¿Tiene elementos de comunicación (radio, teléfonos)?	Si	No	
119. ¿En caso de emergencia tiene comunicación con localidades cercanas?	Si	No	
120. ¿Ha sufrido daño o robo de material por vandalismo?	Si	No	
121. ¿Mantiene cotizaciones de camiones aljibes con residencia y/u operación cercana, para solicitar de ellos en caso de que sea necesario?	Si	No	
Preguntas relacionadas con Humedal			
122. ¿Hace cuánto tiempo que está el humedal?			
123. ¿Qué opina usted con respecto al humedal?			
124. ¿Quisiera nombrar algunas problemáticas que no estuvieron presentes dentro de la encuesta			

Anexo 6. Entrevista semiestructurada a comunidad de Tomeco.



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Ambientales
Centro de Ciencias Ambientales EULA- CHIL E



Entrevista semiestructurada Hogares localidad Tomeco.

Fecha:

Edad:

Sexo:

Socio:

Preguntas generales					Observaciones	
1. ¿Cuántas personas habitan en su casa?						
Total		Menores de 5 años		Mayores de 65 años		
2. ¿Hay embarazadas en su hogar?				Si		No
Preguntas relacionadas con el sistema de agua potable						
3. ¿Es socio del comité de agua potable?				Si		No
4. Si es socio ¿Hace cuánto tiempo?						
5. ¿Asiste a las asambleas que realiza el comité?				Si		No
						Pasar a la 9
6. Si no asiste a las asambleas. ¿Cuál es la razón?						
7. ¿Ha visto que se hayan realizado mantenciones al sistema de agua potable (estanque de almacenamiento, cañerías)?				Si		No
8. ¿Han recibido información sobre el cuidado y el uso responsable del agua potable?				Si		No
9. ¿Cómo calificaría usted el servicio de agua potable en cuanto a calidad?						
Buena		Regular		Malo		
Pasar a la 11						
10. ¿Consume agua embotellada o distinta al agua potable?						
11. ¿Cómo calificaría usted el servicio de agua potable en cuanto a cantidad?						
Buena		Regular		Malo		
12. ¿Si el sistema es regular o malo porque razón?						
13. ¿Existe preocupación por parte del comité en mejorar el servicio de agua potable?						
14. ¿Existe preocupación por parte de la municipalidad por solucionar los problemas que existen con respecto al agua potable?				Si	No	
15. ¿Está de acuerdo con la tarifa que se cobra para agua potable?				Si	No	

16. ¿Durante el año 2018 el agua le ha salido de un color diferente?	Si	No
17. Si la respuesta anterior es afirmativa. ¿Cuántas veces le ha sucedido?		
18. ¿Durante el año 2018 el agua le ha salido alguna vez con olor extraño?	Si	No
19. Si la respuesta anterior es afirmativa. ¿Cuántas veces le ha sucedido?		
20. ¿Durante el año 2018 el agua le ha salido arenosa?	Si	No
21. Si la respuesta anterior es afirmativa. ¿Cuántas veces le ha sucedido?		
22. ¿Ha tenido problemas con la presión del agua?	Si	No
23. Si la respuesta anterior es afirmativa. ¿Cuántas veces le ha sucedido?		
24. ¿Se le ha cortado el agua?	Si	No
		Pasar a la 27
25. ¿Cuánto tiempo estuvo sin agua?		
26. ¿Cómo se basteció cuando estuvo sin agua?		
27. ¿En su casa tiene pozo?	Si	No
28. ¿En su casa tiene puntera?	Si	No
29. ¿Le da al agua potable un uso distinto que el consumo como por ejemplo riego, piscina, lavado de autos?	Si	No
		Pasar a la 31
30. ¿Cuál uso le da?		
31. ¿Qué cree que le falta para mejorar el servicio de agua potable?		
Preguntas alcantarillado		
32. ¿Se encuentra conectado al sistema de alcantarillado?	Si	No
		Pasar a la 36
33. ¿Ha tenido problemas?	Si	No
34. ¿En qué fecha estimada sucedió?		
35. ¿Cuánto tiempo demoró en solucionar su problema?		
36. ¿Cómo califica al sistema de alcantarillado o disposición de aguas servidas?		
Bueno	Regular	Malo
37. ¿Está de acuerdo con la tarifa que se cobra por el servicio de alcantarillado?	Si	No
38. ¿Tiene pozo negro o letrina sanitaria?	Si	No
		Pasar a la 40
39. ¿Le realiza mantención o tratamiento?		
40. ¿Tiene fosa séptica?	Si	No
		Pasar a la 45
41. ¿Realiza mantención a la fosa séptica?	Si	No
		Pasar a la 43

42. ¿Cada cuánto tiempo?		
43. ¿Quién le construyó la fosa séptica?		
44. ¿Sabe en que se fijó para su construcción?		
45. ¿Ha habido presencia de olores molestos?	Si	No
		Pasar a la 47
46. ¿En qué época del año?		
47. ¿Ha visto en el sector mayor presencia de ratones y moscas?	Si	No
		Pasar a la 49
48. ¿En qué época del año?		
49. ¿Han recibido información sobre el uso del sistema de alcantarillado y los cuidados que hay tener?		
50. ¿Qué cree que falta para mejorar el servicio de alcantarillado?		
51. Se sabe que el agua es un recurso que escasea en el sector sobre todo en verano ¿Qué acciones recomendaría usted para su cuidado?		

Anexo 7. Entrevista semiestructurada a funcionario de Ministerio de Salud (MINSAL).



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Ambientales
Centro de Ciencias Ambientales EULA - CHILE



Entrevista semiestructurada Funcionario de Ministerio de Salud (MINSAL).

Fecha: 8/11/2018

Lugar: SEREMI de Salud Región del Biobío, Departamento de Acción Sanitaria.

Entrevistado: Sandra Fuentes González- Roxana Salgado.

Planes de Seguridad del Agua (PSA) y Planes de Seguridad de Saneamiento (PSS).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha elaborado guías metodológicas relacionadas con agua potable y saneamiento como las guías de calidad de agua, PSA y PSS, estas tienen la finalidad de proteger a la salud pública. Estas herramientas se enfocan en la evaluación y gestión del riesgo.

1. ¿Tiene conocimiento sobre las herramientas creadas por la OMS los Planes de Seguridad del Agua y de Saneamiento? ¿Sería aplicable a nuestra realidad local?
2. Estos Planes no han sido implementados en nuestra región. ¿Cuál sería la razón fundamental de eso?

Programa de vigilancia de agua potable – aguas servidas.

En Chile en relación a materia de agua potable y saneamiento, existe una brecha entre el sector urbano y rural. Es en éste último en donde existe una mayor dificultad en el acceso de agua potable y saneamiento, existiendo mayor riesgo en salud, además de afectar la calidad de vida de la población.

3. e la población, producto de la calidad del agua potable y de las aguas servidas?
4. ¿Cómo enfrentan estos problemas de salud? ¿Cuál es el procedimiento a seguir?
5. ¿Se realizan capacitaciones a los operadores de los sistemas de agua potable y aguas servidas de los sectores rurales?
6. ¿Realizan actividades para fomentar la participación de la comunidad en temas de agua y saneamiento? ¿Qué tipo?
7. ¿Existe coordinación y comunicación con otros organismos e instituciones competentes (Ministerio de Obras Públicas (MOP), Municipalidades) en la materia de agua potable y aguas servidas?
8. ¿Cuáles son las principales falencias que observa en cuanto a agua potable y saneamiento en el sector rural?
9. ¿Qué propondría para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento en los sectores rurales?

Planes de contingencia y emergencia.

Chile, es un país que sufre de eventos extremos como son sequías, inundaciones, tsunamis, terremotos, e incendios forestales. En donde se ha visto gran daño a nivel de infraestructura, de conexiones, además, de pérdidas de vidas humanas. El sector rural sufre en mayor medida con estos fenómenos, ya que se interrumpen los servicios de agua potable y de saneamiento afectando la salud de la población, siendo más vulnerable a contraer enfermedades entre ellas las que son transmitidas por el agua.

10. Frente a emergencias (Inundaciones, sequías, incendios forestales, sismos) en sectores rurales. ¿Existe un procedimiento? ¿En qué consiste?
11. ¿Conoce el Plan Nacional sobre Cambio Climático?

12. ¿Qué propondría para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento en los sectores rurales?

Planes de contingencia y emergencia.

Chile, es un país que sufre de eventos extremos como son sequías, inundaciones, tsunamis, terremotos, e incendios forestales. En donde se ha visto gran daño a nivel de infraestructura, de conexiones, además de pérdidas de vidas humanas. El sector rural sufre en mayor medida con estos fenómenos, ya que se interrumpen los servicios de agua potable y de saneamiento afectando la salud de la población, siendo más vulnerable a contraer enfermedades entre ellas las que son transmitidas por el agua.

13. Frente a emergencias (Inundaciones, sequías, incendios forestales, sismos) en sectores rurales. ¿Existe un procedimiento? ¿En qué consiste?

14. ¿Conoce el Plan Nacional sobre Cambio Climático?

15. ¿Qué propondría para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento en los sectores rurales?

Planes de contingencia y emergencia.

Chile, es un país que sufre de eventos extremos como son sequías, inundaciones, tsunamis, terremotos, e incendios forestales. En donde se ha visto gran daño a nivel de infraestructura, de conexiones, además, de pérdidas de vidas humanas. El sector rural sufre en mayor medida con estos fenómenos, ya que se interrumpen los servicios de agua potable y de saneamiento afectando la salud de la población, siendo más vulnerable a contraer enfermedades entre ellas las que son transmitidas por el agua.

16. Frente a emergencias (Inundaciones, sequías, incendios forestales, sismos) en sectores rurales. ¿Existe un procedimiento? ¿En qué consiste?

17. ¿Conoce el Plan Nacional sobre Cambio Climático?

Anexo 8. Carta / N° SIN NUMERO de respuesta solicitud Ley de Transparencia.

SEREMI de Salud del Bío Bío



Carta / N° SIN NUMERO

ANT. : Solicitud de acceso a la información N° AO048T0000630 , de fecha 01/02/2019

MAT. : Responde solicitud de información, en conformidad al artículo 15 de la Ley de Transparencia.

CONCEPCIÓN, 11/03/2019,

A : SR/A. Camila Almuna Silva

DE : SR/SRA.

SEREMI de Salud del Bío Bío

Con fecha 01/02/2019 , se ha recibido la solicitud de información pública N° AO048T0000630, cuyo tenor literal es el siguiente: Estimada SEREMI DE SALUD Soy estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Concepción y estoy realizando mi habilitación profesional cuyo tema es "Identificación de peligro y eventos peligrosos para el sistema de saneamiento rural en un contexto de planes de seguridad del agua PSA y planes de seguridad de saneamiento PSS a realizarse en la Localidad de Tomeco, Comuna de Yumbel" bajo la supervisión de la Dra. Carolina Baeza Por lo anterior solicito a usted pueda entregar la información que se detalla a continuación, pues es primordial para la investigación -Análisis físico-químico de agua potable para la localidad de Tomeco en el periodo 2005-2018, adjunto una tabla para que se completen estos datos, pero además requiero una copia del documento original de donde se extrajo la información. -Protocolos de toma y transporte de muestras. -Protocolo a seguir en caso de que alguno de los parámetros medidos este alterado. Sin otro particular, se despide atentamente Camila Almunas Silva, estudiante de Ingeniería Ambiental Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción.

Efectuada la búsqueda de la información solicitada, se verificó que ésta se encuentra En formato electrónico, disponibles en internet o en cualquier otro medio. Por tanto y de conformidad a lo dispuesto por el artículo 15 de la Ley de Transparencia de la Función Pública y de Acceso a la Información de la Administración del Estado, cumplo con comunicarle que para acceder a dicha información, deberá Se notifico con fecha 11-03-2019 .

En todo caso y de no encontrarse conforme con la respuesta precedente, en contra de esta decisión Usted podrá interponer amparo a su derecho de acceso a la información ante el Consejo para la Transparencia en el plazo de 15 días hábiles contados desde la notificación de este Oficio.

Saluda atentamente

Franco Olivari Ulloa
SEREMI de Salud del Bío Bío

Anexo 9. Respuesta solicitud Ley de transparencia SEREMI de SALUD Región del Biobío, análisis de calidad de agua localidad de Tomeco.

Análisis de calidad de agua localidad de Tomeco 2005- 2018 realizado por SEREMI DE SALUD

Parametro	Año													
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
turbiedad	<0.1	0.6	0.3	0.4	0.45							0.15		0.5
pH	6.5	6.7	7.4	6.7	6.96							6.52		6.8
Conductividad	34.1		335	368	337									
color verdadero	<20	<5	<5	<5	10							<5.0		<5
olor	inodora	inodora	inodora	inodora	inodora							inodora		inodora
sabor	insipida	insipida	insipida	insipida	insipida							insipida		insipida
cloruros	22.2	26.4	25.4	21.4	21.9							19.6		
sulfatos	9.0	<20	<20	<20	<20							<12		
solidos disueltos totales	259	279	265	268	225							256		
cobre	<0.8	0.41	3.7	<0.05	<0.05							<0.05		
chromo total	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02							<0.01		
floururo	<0.1	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09							<0.09		
hierro	<0.3	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08							<0.05		
manganeso	<0.1	<0.05	<0.05	0.1	<0.05							<0.5		
magnesio	11.8	11.4	19.6	12.15	11.65							13.7		
selenio	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01							<0.001		
zinc	<0.2	<0.1	<0.1	0.1	<0.1							0.432		
arsénico	<0.01	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002							<0.001		
cadmio	<0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005							<0.005		
mercurio	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001							<0.001		
nitrato	36	37.2	24,7											
nitrito	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1							<0.1		
plomo	<0.05	0.1	<0.05	<0.02	<0.05									

Anexo 10. Registros fotográficos captación agua potable.



Figura 1. Zona de captación de agua potable.



Figura 2. Presencia de óxido en tuberías.



Figura 3. Caseta de protección sistema eléctrico.



Figura 4. Sistema eléctrico.

Anexo 11. Registros fotográficos área caseta de cloración.

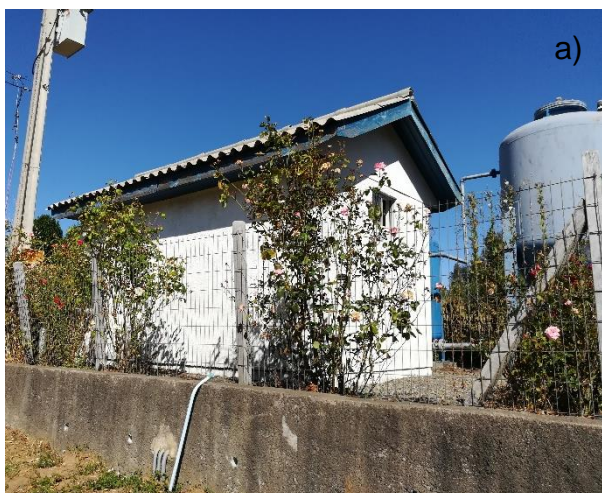


Figura 1. a) caseta de cloración b) presencia de corrosión en tuberías.



Figura 2. Sistema de filtros eliminación de Hierro.

Anexo 12: Tabla de frecuencia anual de toma de muestras parámetros de calidad de agua periodo 2005- 2018 realizado por laboratorio Biodiversa y SEREMI de SALUD Región del Biobío.

Años /laboratorio	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018			
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M		
Turbiedad	-	1	-	-	4	1	6	-	5	-	9	-	9	-	9	-	10	-	9	1	12	1	12	1	12	1	12	2	9	1
Conductividad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Color verdadero	10	-	11	-	10	-	10	-	5	-	9	-	9	-	10	-	10	-	9	1	12	1	12	1	13	1	12	2	9	-
Olor	10	1	9	-	8	1	10	-	5	-	9	-	9	-	10	-	10	-	9	1	12	1	12	1	13	1	12	2	9	-
Sabor	10	1	10	-	8	1	10	-	5	-	9	-	9	-	10	-	10	-	9	1	12	1	12	1	13	1	12	2	9	-
pH	10	1	10	-	5	1	10	-	6	-	9	-	9	-	10	-	10	-	7	1	-	1	-	8	1	9	2	9	1	
Cloruros	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Sólidos disueltos totales	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Cobre	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Cromo total	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Fluoruro	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Hierro	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Manganeso	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Magnesio	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Selenio	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Zinc	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Arsénico	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Cadmio	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Mercurio	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Nitratos	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Nitritos	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	2	-	1
Coliformes totales	10	-	11	-	10	-	10	-	5	-	9	-	9	-	10	-	10	-	9	-	12	-	12	-	12	-	12	-	9	-
Escherichia Coli	10	-	11	-	10	-	7	-	5	-	9	-	9	-	10	-	10	-	9	-	12	-	12	-	13	-	12	-	9	-

Anexo 13. Resumen de instrumento de consulta (entrevista semiestructurada) aplicada a la comunidad, sobre percepción del servicio de agua potable.

Pregunta	Opciones	Porcentaje	frecuencia
¿Ha visto que se hayan realizado mantenciones al sistema de agua potable?	Si	68	32
	No	28	13
	No contesta	4	2
¿Ha recibido información sobre el cuidado y uso responsable del agua potable?	Si	75	35
	No	19	9
	No contesta	6	3
¿Existe preocupación por parte del comité en mejorar el servicio de agua potable?	Si	83	39
	No	8,5	4
	No contesta	8,5	4
¿Existe preocupación por parte de la municipalidad por solucionar los problemas que existen con respecto al agua potable?	Si	83	39
	No	13	6
	No contesta	4	2
¿Durante el año 2018 el agua potable le ha salido de algún color diferente?	Si	60	28
	No	40	19
*¿Con que frecuencia le ha sucedido?	Rara vez	46	13
	Ocasionalmente	4	1
	Casi siempre	11	3
	Siempre	7	2
	No contesta	32	9
¿Durante el año 2018 el agua potable le ha salido de algún olor extraño?	Si	23	11
	No	77	36
*¿Con que frecuencia le ha sucedido?	Rara vez	55	6
	Ocasionalmente	18	2
	Casi siempre	0	0
	Siempre	0	0
	No contesta	27	3
¿Durante el año 2018 el agua potable le ha salido arenosa?	Si	45	21
	No	55	26
*¿Con que frecuencia le ha sucedido?	Rara vez	76	16
	Ocasionalmente	0	0

	Casi siempre	14	3
	Siempre	10	2
	No contesta	0	0
¿Ha tenido problemas con la presión del agua?	Si	36	17
	No	64	30
*¿Con que frecuencia le ha sucedido?	Rara vez	59	10
	Ocasionalmente	0	0
	Casi siempre	0	0
	Siempre	29	5
	No contesta	12	2
¿Ha sufrido de cortes de agua?	Si	66	31
	No	34	16
¿Cuánto tiempo estuvo sin agua?	Horas	65	20
	Días	29	9
	Semanas	6	2
¿Cómo se abasteció mientras estuvo sin agua potable?	Almacena agua	45	14
	Camiones aljibes	29	9
	Punteras	10	3
	Vecinos	10	3
	Agua embotellada	3	1
	No requiere	3	1
¿Tiene pozo en su casa?	Si	6	3
	No	94	44
¿Tiene puntera en su casa?	Si	15	7
	No	85	40
¿Le da al agua un uso distinto que el de consumo?	Si	43	20
	No	57	27
¿Qué uso le da?	Riego	85	17
	Cuidado de animales	5	1
	Lavado de vehículos	10	2

Anexo 14. Parámetros y características de equipos en Planta de tratamiento de la localidad de Tomeco.

Unidad	Parámetro	Unidad	Valor
Estación elevadora	Altura útil disponible	m	1
	Diámetro interno	m	1,45
	Superficie útil de la sección circular	m ²	1,32
	Volumen útil disponible	m ³	1,32
	Tiempo de retención a caudal medio	min	6,4
	Tiempo de retención a caudal máximo	min	1,6
	Cantidad de bombas	Nº	2
	Caudal de bombeo	l/s	2,3
	Altura manométrica total	m	9,7
	Potencia	KW	1,1
	Velocidad del motor	Rpm	2900
	Peso	Kg	22
	Bombas en operación continua	Nº	1
	Reactor biológico	Números de reactores biológicos	Nº
Volumen total útil		m ³	22,5
Ancho interior		m	2,5
Largo útil		m	3,00
Altura útil		m	3,00
Borde libre		cm	40,00
Área basal		m ²	7,5
Cota de fondo		m.s.n.m	101,29
Cota coronación muro		m.s.n.m	104,69
Altura sobre el nivel del terreno		m	2,34
Parámetros de diseño reactor biológico		Razón F/M	Kg DBO/Kg MLVSS/d
	Carga volúmica	Kg DBO/m ³ /d	0,50
	SSLM	Kg/ m ³	3,00
	% volátiles	%	80,00
	SSVLM	Kg/ m ³	2,45
	DBO rem	Kg/ d	10,80
	Producción de lodos	Kg/d	11,92
	Tiempo de retención celular	días	5,00
	Tiempo de retención hidráulico a Qmed	hr	11,7
Requerimiento de Oxígeno y consumo de aire	Oxígeno total requerido teórico	Kg O ₂ / día	12,17
	Oxígeno total requerido en cond de campo	Kg O ₂ / día	24,00
	Volumen total de aire a suministrar	m ³ / hr	22,20

	Tasa de consumo de oxígeno en condiciones de campo	Kg O ₂ / Kg DBO rem	2,22
	DBO removida	Kg DBO rem/d	10,8
Características de difusores	Número de difusores		4
	Número de filas por estanque		2
	Difusores en cada fila		2
	Caudal de aire por difusor	m ³ /h	5,6
	Caudal total de aire por estanque	m ³ /h	22,2
	Características soplador	Cantidad de sopladores	Nº
Operación			alternada
Volumen de aire por soplador		m ³ /h	22,2
Presión		Mbar	400
Potencia de soplador		HP	1,5
Velocidad motor		rpm	1500
Sedimentador secundario	Superficie total de sedimentador	m ²	6,25
	Número de sedimentadores		1
	Altura total útil	m	2,925
	Volumen útil	m ³	12,45
	Índice volumétrico de lodos		100
	SSLM	Kg/m ³	3,0
	Q red/Qmed		0,25-0,75
	Carga de sólidos a caudal medio	Kg/m ² /día	33,40
	Carga de sólidos a caudal máximo	Kg/m ² /día	133,50
	Tasa hidráulica a Q medio sin recirculación	m ³ /m ² /día	7,60
	Tasa hidráulica a Q medio con recirculación	m ³ /m ² /día	10,9
	Tasa hidráulica a Q máx. sin recirculación	m ³ /m ² /día	30,2
	TRH a Q medio	hrs	12,6
	TRH a Q máx.	hrs	3,20
Recirculación de lodos (RAS)	Instalación		Sumergible, portátil
	Cantidad	Nº	2
	Caudal de bombeo	l/s	3,0
	Altura manométrica total	m	4,0
	Potencia	kW	0,75
	Velocidad motor	rpm	2900
	Peso	kg	22
Cloración (Dimensiones cámara de contacto)	Largo	m	1,5
	Ancho	m	1,3
	Altura útil	m	1,1
	Numero de paneles en el estanque	Nº	2
	Volumen útil	m ³	2,2
	TRH a caudal medio	min	65,2

Cloración (tiempos de retención)	TRH a caudal máximo	min	16,3
Estanque estabilizador de lodos	Largo	m	1,5
	Ancho	m	1,0
	Altura útil	m	1,1
	Volumen útil	m ³	1,65
	Tasa de producción de lodos	Kg de lodo/kg DBO rem	1,1
	BBO rem	Kg/d	10,8
	Producción de lodos	Kg lodo/día	11,92
	Densidad de lodos secundarios	Kg/m ³	1010
	Concentración desde el sedimentador	%	0,8
	Caudal de lodo que entra al estabilizador	m ³ / día	1,47
	Concentración de salida del estabilizador	%	1,5
	Caudal de salida del estabilizador	m ³ / día	0,79
	Agitador	Accionamiento	
Potencia		kW	0,75
Voltaje		volt	380
Frecuencia		Hz	50
Velocidad motor		rpm	70
Bomba de impulsión lodos digeridos	Instalación		Sumergible
	Caudal de bombeo de lodos	m ³ /h	2,8
	presión	m	2,5
	Potencia	kW	0,75
Lechos de secado	Superficie de lechos disponibles	m ²	60,0
	Numero de celdas	Nº	2
	Altura máxima de lodos en la celda	m	0,3
	Ancho de la celda	m	3,0
	Largo de la celda	m	10,0
	Carga de solidos diaria afluyente a los lechos	Kg/día	11,92
	Carga de sólidos de diseño	Kg/m ² /año	73,0
	Caudal de lodos afluyente a los lechos	m ³ / d	0,79
	Carga hidráulica anual de diseño	m ³ / m ² /año	5,0
	Tiempo de retención hidráulico total	Días	22,80
	Tiempo de retención hidráulico por celda	Días	11,4
	Capacidad total útil de lodos	m ³	18,0
Zona de acopio	Número de unidades	Nº	1
	Altura máxima de lodos en la celda	m	0,35
	Ancho de la celda	m	1,8

Largo de la celda	m	3,0
Carga de lodos que ingresa a la celda de acopio	Kg/día	11,92
Densidad lodos secundarios	Kg/m ³	1010
Concentración lodos deshidratados	%	40,0
Producción de lodos desde los lechos	m ³ /día	0,03
Tiempo de acumulación en zona de acopio	días	68,0
Volumen de almacenaje disponible	m ³	1,9

Fuente: Manantial S.A Memoria técnica Planta de Tratamiento de aguas servidas, Tomeco

Anexo 15. Registros fotográficos Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la localidad de Tomeco.



Figura 1. a) se muestra la planta elevadora, b) sistema de tratamiento de lodos activados.



Figura 2. a) se cancha de secado de lodos activados, b) zona de acopio de lodos activados.



Figura 3. Proyecto de humedal, colegio y planta de tratamiento de la localidad de Tomeco.

Anexo 16. Resumen de entrevista semiestructurada aplicada a la comunidad sobre la percepción del servicio de sistema de aguas residuales.

Pregunta	Opciones	Porcentaje	frecuencia
¿Se encuentra conectado al sistema de alcantarillado?	Si	94	44
	No	6	3
¿Ha tenido problemas con el sistema de alcantarillado?	Si	4	2
	No	89	42
	No contesta	7	3
¿Cuándo sucedió el problema?	2018	50	1
	Años atrás	50	1
¿Cuánto tiempo se demoraron en solucionar el problema?	1 mes	50	1
	Varios meses	50	1
¿Tiene pozo negro o letrina sanitaria?	Si	4	2
	No	96	45
¿Tiene fosa séptica?	Si	15	7
	No	85	40
¿Ha habido presencia de olores molestos?	Si	43	20
	No	57	27
¿En qué época del año se perciben olores molestos?	Verano	75	15
	Invierno	10	2
	Todo el año	15	3
¿Han recibido información sobre el cuidado y el uso del sistema de alcantarillado?	Si	68	32
	No	21	10
	No contesta	11	5