

Universidad Técnica Nacional

Sede Central

Ingeniería en Recurso Hídrico

Trabajo Final de graduación para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería
en Recurso Hídrico

Evaluación y Gestión del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros,
Guadalupe


Asdrúbal Pérez Alfaro
Henry Méndez Rojas


Director de TFG:
M.Sc. Rolando Marín León

2022

Hoja de aprobación del Tribunal Evaluador

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador el día 16 de septiembre de 2022 a las 19:30 horas, como requisito para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Recurso Hídrico.


Óscar Vega Leandro
Director de Carrera


Rolando Marín León
Profesor Tutor del TFG


Oscar Luis Ramírez Sánchez
Lector del TFG

Cuadro de contenido

1. Introducción	2
2. Área de Estudio, delimitación del problema y justificación	4
2.1. <i>Área de estudio</i>	4
2.2. <i>Delimitación del problema y justificación</i>	9
3. Situación actual del conocimiento del tema	12
4. Objetivos	14
4.1. <i>Objetivo general:</i>	14
4.2. <i>Objetivos específicos:</i>	14
5. Marco teórico	15
5.1. <i>Guías para la calidad del agua potable</i>	15
5.2. <i>Planes de Seguridad del Agua (PSA)</i>	15
5.2.1. <i>Determinantes ambientales para la aplicación de PSA</i>	20
5.3. <i>Sistema Específico de Valoración del Riesgos Institucional (SEVRI)</i>	25
5.4. <i>Creación del AyA</i>	33
5.5. <i>Surgimiento del actual de la Planta Potabilizadora Los Cuadros</i>	34
5.6. <i>Georreferenciación</i>	35
5.6.1. <i>Programas para representar las proyecciones</i>	36
5.7. <i>Índice de riesgo para la calidad del agua potable (IRCACH)</i>	36
5.8. <i>Reglamento de Calidad del Agua Potable</i>	37
5.9. Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Costa Rica	38
6. Estrategia metodológica	40
6.1. <i>Paradigma</i>	40
6.2. <i>Hipótesis</i>	41
6.3. <i>Muestra del trabajo de investigación</i>	41
6.4. <i>Enfoque del estudio</i>	41
6.5. <i>Método del estudio</i>	42
6.6. <i>Fases del estudio</i>	42
7. Técnicas e instrumentos	48
7.1. <i>Visitas de campo al sistema de abastecimiento</i>	49
7.2. <i>Georreferenciación y análisis espacial</i>	49
7.3. <i>Entrevistas con personal clave</i>	49
7.4. <i>Análisis de datos</i>	49
7.4.1. <i>Identificación de riesgos</i>	50
7.4.2. <i>Evaluación sin medida de control</i>	50
7.4.3. <i>Identificación de controles</i>	50
7.4.4. <i>Evaluación con medida de control</i>	50
7.4.5. <i>Plan de acción para administrar los riesgos</i>	51
7.5. <i>Cronograma de trabajo</i>	52
8. Resultados	54

8.1. Conformación del equipo.....	54
8.2. Descripción del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros	57
8.2.1. Caracterización de la cuenca	61
8.2.2. Caracterización de los componentes del Sistema de Abastecimiento ME-A-08- Los Cuadros.....	68
8.2.2.1. Aprovechamientos del sistema de abastecimiento.....	69
8.2.2.2. Componentes de potabilización	69
8.2.2.2.1. Entrevista con Ing. Víctor Maldonado sobre el diseño y funcionamiento de la Planta Potabilizadora Los Cuadros.....	70
8.2.2.3. Sistema de desinfección.....	72
8.2.2.4. Tanques de almacenamiento	73
8.2.2.5. Sistema de bombeo	74
8.2.2.6. Tuberías de aducción, conducción y distribución.....	75
8.2.2.7. Usuarios del sistema de abastecimiento.....	79
8.2.2.8. Identificación del personal operativo dentro del sistema de abastecimiento.....	82
8.2.2.9. Caracterización de la calidad y cantidad del recurso hídrico.....	82
8.3. Determinación de los riesgos y evaluación.....	87
8.3.1 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de cuenca	91
8.3.2 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de aprovechamientos del sistema 92	
8.3.3 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de componentes de potabilización del sistema	93
8.3.4 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de tanque del almacenamiento del sistema 97	
8.3.5 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de estaciones de bombeo	99
8.3.6 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de tuberías de aducción, conducción y distribución.....	102
8.3.7 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de usuarios del sistema	104
8.4. Determinación, validación de medidas de control y nueva evaluación con la clasificación de los riesgos	106
8.4.1 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de cuenca	110
8.4.2 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de aprovechamiento.....	112
8.4.3 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de componentes de potabilización del sistema.....	114
8.4.4 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de tanque de almacenamiento.....	121
8.4.5 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de estaciones de bombeo	126
8.4.6 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de líneas de tubería	132
8.4.7 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de usuarios del servicio	136
8.5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de administración del riesgo, identificación de un plan de mejoras (gestión del riesgo)	138
8.5.1 Plan de acción para administrar riesgos significativos en la cuenca	140

8.5.2 Plan de acción para administrar riesgos significativos en el aprovechamiento..	141
8.5.3 Plan de acción para administrar riesgos significativos en componentes de potabilización	143
8.5.4 Plan de acción para administrar riesgos significativos en tanques de almacenamiento	147
8.5.5 Plan de acción para administrar riesgos significativos en estaciones de bombeo 150	
8.5.6 Plan de acción para administrar riesgos significativos en líneas de tuberías	152
8.5.7 Plan de acción para administrar riesgos significativos en usuarios al sistema...	154
9. Conclusiones.....	156
10. Recomendaciones.....	158
11. Bibliografía.....	162
12. Anexo	170
12.1. Anexo I. Copias de bitácoras de operación en situaciones donde ha existido emergencias en la planta Potabilizadora Los Cuadros.....	170
12.2. Anexo II. Manual de puestos clases vitales, tratamiento agua potable. Versión 08-2020.....	173
12.3. Anexo III. Análisis FQ en aluminio, hierro, cloro residual y turbiedad del agua clorada 2012 al 2021.	184
12.4.Anexo IV. Planos constructivos de la planta potabilizadora Los Cuadros y el desarenador.	190
12.5. Anexo V. Zona de cobertura y área de recarga	195
12.6. Anexo VI. Aforos en la microcuenca del río Purral.	196
12.7.Anexo VII. Parámetros de Control Reglamento Calidad Agua Potable vigente.	197
12.8.Anexo VIII. Guía de inspección para calidad del agua potable SERSA.	201

Índice de figuras

Figura 1. Cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros	6
Figura 2. Diagrama de operación Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.....	7
Figura 3. Estructura de aplicación del PSA.....	43
Figura 4. Evaluación del riesgo con medida de control	47
Figura 5. Criterio para conformación equipo PSA.....	55
Figura 6. Ubicación espacial del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.....	58
Figura 7. Recorte de ubicación de asentamientos informales.	60
Figura 8. Porcentaje de cobertura por usos de suelo.	66
Figura 9. Cobertura por usos de suelo en la microcuenca río Purral.	67
Figura 10. Diagrama de flujo del funcionamiento Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.....	68
Figura 11. Catastro, de terreno afectados por tuberías	78
Figura 12. Rango de consumo según el tipo de usuario.....	80
Figura 13. Distribución de hidrómetros Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros..	81
Figura 14. Consolidado del aluminio residual en todos los procesos de la Planta Potabilizadora Los Cuadros.....	86
Figura 15. Medidas para administración de riesgos	139
Figura 16. Copia bitácora jueves 07 de marzo 2002, inicio de turno nocturno.	170
Figura 17. Amanecer viernes 08 marzo 2002, el evento de contaminación por lixiviados seguía afectando la planta potabilizadora.....	171
Figura 18. Jornada diurna del viernes 08 marzo 2002, a las 16h30 la planta potabilizadora vuelve a entrar en operación.....	172
Figura 19. Detalle general de la planta / Fuente AyA.....	190
Figura 20. Vista Planta de localización / Fuente AyA.....	191
Figura 21. Planta General / Fuente AyA.....	192
Figura 22. Corte Longitudinal / Fuente AyA	193
Figura 23. Desarenador corte Longitudinal y detalle estructural / Fuente AyA	194
Figura 24. Mapa zona de abastecimiento, ubicación de componentes y área de la microcuenca	195

Índice de cuadros

Cuadro 1. Niveles de riesgo en la calidad del agua para consumo humano	37
Cuadro 2. Detalle de fases del método de estudio.....	42
Cuadro 3. Evaluación de controles (SEVRI)	46
Cuadro 4. Clasificación de los controles (SEVRI).....	46
Cuadro 5. Identificación de riesgos.....	50
Cuadro 6. Evaluación de riesgos	50
Cuadro 7. Identificación de controles	50
Cuadro 8. Evaluación con medida de Control.....	50
Cuadro 9. Administración de riesgos	51
Cuadro 10. Cronograma para desarrollo del proyecto	52
Cuadro 11. Equipo de trabajo PSA.	56
Cuadro 12. Distribución espacial del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros por cantones y distritos.	57
Cuadro 13. Asignaciones de caudales superficiales aguas arriba de la toma del río Purral.....	64
Cuadro 14. Asignación de caudal para AyA Toma Río Purral	65
Cuadro 15. Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, características del aprovechamiento.	69
Cuadro 16. Características de los tanques de almacenamiento del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.	73
Cuadro 17. Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, características de estaciones de bombeo.	74
Cuadro 18. Longitud de tubería por tipo de material Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.....	76
Cuadro 19. Longitud de tubería por diámetro Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.....	76
Cuadro 20. Distribución de hidrómetros según tipo de usuario en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.	79
Cuadro 21. Distribución de hidrómetros según tipo consumo en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.	80
Cuadro 22. Resumen de caudales medidos en río Purral.	82

Cuadro 23. Resumen de coliformes totales medidos en río Purral	83
Cuadro 24. Criterios para determinar la probabilidad de un riesgo.	88
Cuadro 25. Criterios para determinar el impacto o consecuencia del riesgo.	88
Cuadro 26. Determinación de severidad del riesgo absoluto.	90
Cuadro 27. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) en la cuenca río Purral.	91
Cuadro 28. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel de aprovechamientos.	92
Cuadro 29. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel componentes de potabilización.	93
Cuadro 30. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel tanques de almacenamiento	97
Cuadro 31. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel estaciones de bombeo.....	99
Cuadro 32. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel tuberías.	102
Cuadro 33. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel medición a usuarios.....	104
Cuadro 34. Catálogo de controles.	107
Cuadro 35. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de cuenca.	110
Cuadro 36. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control a de aprovechamiento.....	112
Cuadro 37. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control de componentes de potabilización.	114
Cuadro 38. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control de tanques.....	121
Cuadro 39. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control en estaciones de bombeo.....	126
Cuadro 40. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control en tuberías del sistema.	132

Cuadro 41. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control usuarios.	136
Cuadro 42. Plan de acción para riesgos significativos en la cuenca.	140
Cuadro 43. Plan de acción para riesgos significativos en el aprovechamiento del Sistema de Abastecimiento.	141
Cuadro 44. Plan de acción para riesgos significativos en componentes de potabilización.	143
Cuadro 45. Plan de acción para riesgos significativos en tanques del sistema.	147
Cuadro 46. Plan de acción para riesgos significativos en estaciones de bombeo.	150
Cuadro 47. Plan de acción para riesgos significativos en tuberías.	152
Cuadro 48. Plan de acción para riesgos significativos en usuarios.	154
Cuadro 49. Consolidado de resultados.	155
Cuadro 50. Aluminio residual agua clorada.	184
Cuadro 51. Hierro residual agua clorada.	185
Cuadro 52. Cloro residual libre residual agua clorada.	186
Cuadro 53. Turbiedad agua clorada.	187
Cuadro 54. Hierro agua cruda / Fuente Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.	188
Cuadro 55. Manganeso agua cruda / Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.	189
Cuadro 56. Manganeso agua cruda / Fuente Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.	189
Cuadro 57. Registro histórico aforos de caudal Río Purrall marzo 1999 a febrero 2022.	196
Cuadro 58. Control Operativo.	197
Cuadro 59. Controles del Nivel N1.	197
Cuadro 60. Controles del Nivel N2.	198
Cuadro 61. Controles del Nivel N3.	198
Cuadro 62. Controles del Nivel N4.	199

Glosario de términos y abreviaturas

Abra

Una de las 133 Hojas cartográficas en escala 1, XVI

AC

Asbesto de Cemento, 87

Aforo

Es una medición de un volumen por unidad de tiempo, 57

Agua clorada

Término utilizado por el Laboratorio Nacional de Aguas para designar en sus controles el agua potable, 97

Alcalinidad

Es la capacidad de neutralizar los ácidos y se mide con la cantidad de carbonato de calcio en miligramos por litro mg/l, 82

Antropogénico

Acciones realizadas por seres humanos que presentan un impacto sobre el medio ambiente, 96

ArcMap

Aplicación para crear y editar conjuntos de datos de Sistema de Información Geográfica, 61

ASADA

Asociación Administradora de Acueducto Rural., 24

AyA

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Institución rectora para el abastecimiento de agua potable y saneamiento., XIV

batería de filtros, 83

Bosques riparios

Los bosques riparios son agrupaciones arbóreas en las riberas de las corrientes de agua. Estos bosques son importantes en la conservación de diferentes especies y hábitats., 75

Canal Parshall

Estructura hidráulica que funciona como cámara apaciguadora de energía, medidor de caudal y retromezclador hidráulico., 20

Caudal

Es la cantidad de agua por unidad de tiempo, las unidades pueden ser en litros por segundo L/s o metros cúbicos por segundo m³/s, 20

CEPIS

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 20

CGR

Contraloría General de la República, 37

CNE

Comisión Nacional de Emergencias, 74

Coagulación

Es la desestabilización de las partículas, en la naturaleza las partículas presentes en el agua se comportan con cargas negativas, al adicionar un reactivo químico como el sulfato de aluminio el cual consiste en cargas positivas se produce la formación de coágulos, 82

Color

son partículas dispersas a nivel coloidal usualmente producto de ácidos húmicos provenientes de la descomposición vegetal, 82

Consumo reproductiva

Es el consumo de agua potable utilizado para generar un producto a nivel de comercio o industrial., 92
CRTM05
se basa en la proyección del elipsoide de referencia WGS84 a un plano cartográfico tipo Gauss-Krüger, proyección cilíndrica transversa, donde el ecuador y el meridiano central se proyectan como líneas rectas., XVI

DA
Dirección de Aguas, 76

Déficit hídrico
Escasez de agua por condiciones de sequía o por alta demanda y baja oferta o disponibilidad hídrica., 22

Dosificación
Es la aplicación de un reactivo químico las unidades utilizadas son miligramos de reactivo a dosificar por litro de agua a ser dosificado (mg/l), 84

GAM
Gran Área Metropolitana, XIV

GIRH
Gestión Integrada del Recurso Hídrico, 50

GPS
Sistema de Posicionamiento Global, 61

HF
Hierro Fundido, 87

IFAS
Índices de Fragilidad Ambiental, 77

Intercambiador
También denominado conmutador automático del vocablo inglés (Switchover). Consiste en un sistema que mantiene un respaldo y el cambio automático ocurre por el “aumento” del vacío, si termina el cloro en el cilindro o en la batería de cilindros que estaba en operación, y por el desbloqueo del gatillo en la segunda válvula conectada al cilindro o batería que estaba en el modo de espera o reserva., 84

l/s
Litros por segundo, XVII

Lixiviado
Líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un residuo sólido., 96

LNA
Laboratorio Nacional de Aguas, 95

mca
Metros Columna de Agua, 20

ME-A-08
Metropolitana Aprovechamiento 08, XVI

MIVAH
Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, 71

mm
Milímetros, 74

Modus operandi
Término latín con significado como ‘modo de obrar’ usado para referirse a la manera especial de actuar o trabajar para alcanzar el fin propuesto, 96

MOPT

Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 88

msnm

metros sobre el nivel del mar, 73

OMS

Organización Mundial de la Salud, 24

Organolépticos

Propiedades que se pueden percibir de forma directa mediante los sentidos de olor sabor en este caso, sin utilizar aparatos o instrumentos de estudio, 21

PCC

Los Puntos críticos de control consiste en la identificación, evaluación y control de peligros bajo una lógica de priorizar en la prevención y no solo en el producto final., XV

pH

Es el logaritmo de la inversa de la concentración de protones, 82

Planta Potabilizadora

Es una estructura de Ingeniería donde se llevan a cabo diferentes procesos unitarios con la finalidad de remover contaminación físico-química, biológico, microbiológico radiológicos y bacteriológicos procedente del agua superficial o subterránea. El objetivo es cumplir con los parámetros según la normativa vigente para acreditar el agua como potable y apta para consumo humano, XVII

PRUGAM

Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana, 77

PSA

Planes de Seguridad del Agua, XV

PSI

Libras por pulgada cuadrada, 20

PTA

Planta Tratamiento de Agua (término usado en Colombia), 25

PVC

Policloruro de Vinilo, 87

Qgis

Quantum GIS Sistema de Información Geográfica, 61

Quebra gradientes

Estructuras de paso del agua para realizar cambio de la presión o gradiente de la tubería, disminuyendo el agua a presión atmosférica cero., 22

Ráster

Es una herramienta que permite predecir los valores de nuevas ubicaciones en función de las mediciones de un conjunto de puntos. Funciona tomando los datos de puntos con valores en cada punto y devuelve un ráster de valores predichos., 48

SDA

Sistema Distribución Agua Potable (termino usado en Colombia), 25

SENARA

Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, 61

SEVRI

Sistema Especifico de Valoración de Riesgo Institucional, XVI

SIG

Sistemas de Información Geográfica, 48

Turbiedad

Son las partículas suspendidas en el agua y se miden utilizando el efecto de Tyndall&Faraday. El efecto se produce al hacer pasar un haz de luz por un campo específico, midiendo la cantidad que la atraviesa siendo la turbiedad el efecto inverso., 82

UEN

Unidad Estratégica de Negocios, XIV

UNICEF

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 23

Evaluación y Gestión de Riesgos en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros

1. Introducción

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) es el ente rector encargado de brindar los servicios de abastecimiento de agua potable en Costa Rica, así como la gestión del alcantarillado sanitario o saneamiento. Dentro de sus funciones está considerado dirigir la construcción y mantenimiento de las obras necesarias para cumplir con los objetivos de brindar agua potable, así como la evacuación correcta de las aguas residuales y líquidos industriales, de acuerdo con la reglamentación legal y jurídica que lo regula.

Frente a las diferentes necesidades del AyA, como ampliar cobertura, mantener calidad potable en la red, calidad en los servicios, mayor agilidad en control y reparar fugas. El AyA se ha visto en la obligación de incorporar dentro de sus acciones la variable ambiental para garantizar la protección, el correcto control y mantenimiento de las fuentes y sistemas que abastecen el recurso. De esta manera, se comienzan a implementar metodologías y herramientas que determinan los riesgos sociales, ambientales y de infraestructura a los que se encuentran relacionados los acueductos actuales que administra el AyA como le corresponde, según la normativa vigente.

El desarrollo de este proyecto se centrará en la Unida Estratégica de Negocios (UEN) Producción y Distribución de la Subgerencia Gestión de Sistemas GAM. Esta tiene como función el mantenimiento de líneas de captación, procesos unitarios de potabilización y las respectivas líneas de distribución (redes primarias y secundarias), conducción, impulsión y aducción de agua potable, correspondiéndole realizar mantenimientos preventivos, correctivos y de mitigación de los diferentes Sistemas de Abastecimiento del Acueducto Metropolitano.

Cabe recalcar que el servicio del Área Metropolitana se ha visto deteriorado, debido a la disminución de los caudales de las fuentes captables, mayor degradación de la calidad y disponibilidad de las fuentes no captables, por efecto del fenómeno cambio climático y el estrés hídrico, respectivamente. Aunado a esto, el colapso de las diferentes líneas de tubería de aducción, ocasionados por efectos naturales e hidráulicos, por períodos de 12 o 18 horas al día, donde, incluso, algunos eventos han tenido una afectación de días. Además del aumento

exponencial de la demanda, teniendo una repercusión de abastecimiento de agua potable desfavorable.

El proyecto nace dentro del marco de la directriz del Ministerio de Salud N° 032-S, dirigida a los operadores y/o administradores de sistemas de acueductos del país, para la implementación de los Planes de Seguridad del Agua (PSA) y la participación del Ministerio de Salud. En esa directriz se establecen que los sistemas de acueductos operados por AyA deben tener sus Planes de Seguridad Agua dentro del periodo del 1° de noviembre del 2018 al 1° de enero del 2020.

Los PSA son el medio más eficaz para garantizar sistemáticamente la inocuidad y aceptabilidad (Córdoba, Del Coco y Basualdo, 2010) del agua potable y proteger la salud pública. Estos se basan en la aplicación de un enfoque integral, una evaluación y gestión de los riesgos de los sistemas de abastecimiento de agua desde el área de influencia de la captación hasta el consumidor mismo.

La determinación de la seguridad o de qué riesgo se considera aceptable en circunstancias concretas, es un aspecto que debe discutirse dentro de varios niveles, sin dejar de lado la normativa relacionada. Un PSA es un instrumento holístico y sistemático, basado en un enfoque de gestión integral, con el fin de identificar y priorizar las amenazas potenciales a la calidad del agua en cada paso del proceso captación, potabilización, almacenamiento y abastecimiento del agua. Todo esto tiene el propósito de implementar mejores prácticas para mitigar esas amenazas y así poder asegurar la calidad del agua potable. El instrumento brinda un planteamiento racional para el control de los riesgos e incluye y amplía, el enfoque de la inspección sanitaria, al centrar el interés sobre aquellos factores que influyen directamente en la inocuidad del agua.

El elemento clave del PSA para prevenir los peligros a nivel de cuenca, captación, potabilización, distribución y consumidor, es la identificación de los Puntos Críticos de Control (PCC). De ese modo, al ejercerse control sobre estos puntos, se logra que los problemas de calidad puedan ser detectados, prevenidos o mitigados, antes que el recurso salga para su

distribución y/o consumo. De esta manera, se minimiza el análisis por muestreo del agua en el sistema de distribución, el cual lo diferencia del control total de calidad, que es más reactivo que preventivo.

Otra herramienta de suma importancia para la identificación y gestión de riesgo es el Sistema Específico de Valoración de Riesgo Institucional (SEVRI), que se encuentra normado con la Ley 8292, en sus artículos N° 14, 18 y 19, y conforme al marco normativo actualizado en marzo 2020 del Acuerdo de Junta Directiva N° 2020-073 de AyA. La importancia del SEVRI radica en dar un seguimiento a los riesgos institucionales identificados a nivel de procesos, con la finalidad de dirigir una serie de toma decisiones para la mitigación, control y gestión del riesgo como tal.

Su aplicación radica en brindar seguimiento a todos los riesgos en los procesos de la Institución y el establecimiento de un programa periódico para su evaluación, actualización del esquema o mapa de riesgos, elaboración de informes y remisión de la información a los interesados del proceso. En ese sentido, el SEVRI es de suma importancia para el presente trabajo, ya que, por medio de su integración con los PSA, se brindan mejores resultados con respecto al seguimiento, esquematización y valoración de los riesgos.

2. Área de Estudio, delimitación del problema y justificación

2.1. Área de estudio

En lo que se refiere a los 31 Sistemas de Abastecimiento del Acueducto Metropolitano administrado por AyA, se selecciona uno de los que posiblemente presentan mayor índice de afectación y vulnerabilidad es el sistema con código ME-A-08 Los Cuadros. Lo anterior según datos bacteriológicos y fisicoquímicos del Laboratorio Nacional de Aguas de AyA, ya que corresponde a una fuente superficial clase 4, de acuerdo con el Reglamento N° 33903-MINAE-S. El Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros se ubica en la hoja cartográfica Abra 3445-IV 1:50.0000 y en las coordenadas CRTM05 506 995.59 este – 1103972.15 norte. El sistema de abastecimiento seleccionado brinda el servicio de agua potable a una población estimada de 22 854 personas (6530 servicios), dentro de los distritos de Mata Plátano, Purral, Ipís y Rancho Redondo del cantón de Goicoechea, así como San Isidro y San Francisco del

cantón de Vázquez de Coronado. Esto representa, aproximadamente, 1,6 % de la cobertura total del Acueducto Metropolitano administrado por parte de AyA, lo que corresponde a un área aproximada de 1,6 km² ([figura 1](#)).

El Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros cuenta con una toma superficial sobre el río Purral, de la microcuenca con el mismo nombre, subcuenca río Virilla, cuenca del río Grande de Tárcoles. La toma aporta 90 l/s en época lluviosa y un mínimo histórico de 45 l/s en época seca (Datos de registro históricos de Planta Potabilizadora Los Cuadros, 2020).

Debido a que la disponibilidad que brinda el aprovechamiento sobre el río Purral en época seca no permite abastecer la demanda de los usuarios del sistema de abastecimiento, según los históricos de la Planta Potabilizadora Los Cuadros, es necesario realizar refuerzos a este, por medio de estaciones de bombeo ([figura 2](#)), que trasvasan el recurso hídrico de otros sistemas de abastecimiento, para cubrir la totalidad de la demanda del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros. Este apoyo se realiza principalmente en horas de alto consumo.

El Sistema de Abastecimiento ME-A-01 Tres Ríos apoya parcialmente al Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, el cual aporta entre 30 y 20 l/s en la época seca y durante las salidas de operación de la Planta Potabilizadora Los Cuadros. Estas salidas de operación, cabe mencionar, se vuelven recurrentes en época lluviosa, producto de las condiciones fisicoquímicas del agua cruda o por disminución del caudal captado en tomas de captación por obstrucciones, en ambos casos se genera un índice de problemas operativos que trasciende al servicio de abastecimiento.



Figura 1. Cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros

Fuente: UEN PyD, 2022

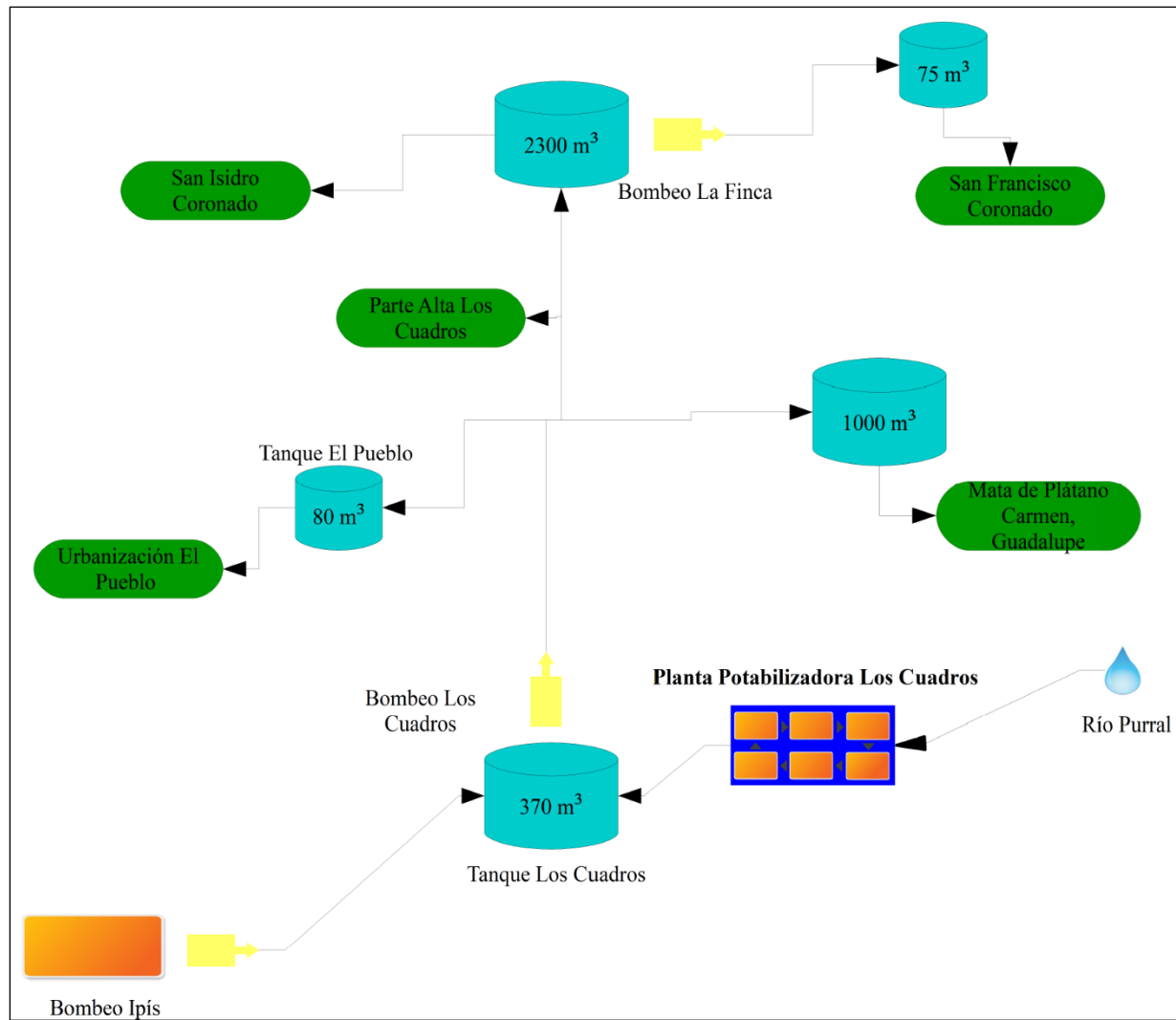


Figura 2. Diagrama de operación Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Fuente: Elaboración propia.

La Planta Potabilizadora Los Cuadros de la actualidad es la segunda instalación existente en el sitio, sustituyendo sistema filtrante de origen alemán instalado para potabilizar el agua en la emergencia de ceniza del volcán Irazú, a mediados de la década de 1960, según la información obtenida verbalmente de funcionarios pensionados. El año de construcción de la actual planta es de 1979, con diseño de tecnología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

La Planta Potabilizadora Los Cuadros consiste en una planta de filtros rápidos con los siguientes procesos unitarios: cámara de llegada y un canal Parshall que funciona como unidad de medición del caudal que ingresa a la planta así como mezclador hidráulico del coagulante, dos floculadores hidráulicos de flujo horizontal, tres decantadores de flujo laminar, una batería de cuatro filtros de medio dual y flujo descendente, una cámara de salida para medición de caudal, un tanque de almacenamiento de 370 m³ y un sistema de bombeo con capacidad de bombear hasta 92 l/s en presiones máximas de 84,3 mca (120 PSI) conforme se detalla en el [cuadro 17](#).

Este proyecto tiene como finalidad aplicar una gestión de riesgos asociados con el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, para determinar medidas de mitigación, realizando una nueva evaluación del riesgo posterior a la aplicación de la medida. En la propuesta se considera el área de influencia del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, según el alcance propuesto, desde la cuenca donde es extraído el recurso hídrico como agua cruda, hasta la micromedición en los usuarios. Sale del alcance de estudio el agua que recibe el tanque de almacenamiento en la Planta Potabilizadora Los Cuadros, proveniente del Sistema de Abastecimiento ME-A-01 Tres Ríos, esto por razones de proporcionalidad y racionalidad de área, así como de tiempo y distancia para poder incluir un sistema paralelo dentro del análisis, pues incluye agregar otro Sistema de Abastecimiento de igual complejidad.

2.2. Delimitación del problema y justificación

Los sistemas de abastecimiento de agua potable cumplen con la finalidad de suministrar de manera intradomiciliaria¹ a los usuarios para actividades de consumo humano, comercial, instituciones varias e industrial. Cabe recalcar que el concepto de agua potable en Costa Rica lo establece el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo N° 38924-S. En él se define el concepto de agua tratada, como “[...] cumple con las disposiciones de valores máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos, establecidos en el presente reglamento y que al ser consumida no causa daño a la salud”. Por ende, la importancia del buen funcionamiento de los sistemas de abastecimiento que suministran agua para consumo humano, dado que tienen la responsabilidad de proveer un servicio de calidad, continuidad y cantidad, en aras de salvaguardar la salud de la población que abastece.

Otro reglamento en lo concerniente al ideal desempeño que debe tener un sistema de abastecimiento de agua potable es el Reglamento Técnico: Prestación de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes (AR-PSAyA-2013), marco jurídico que tiene como finalidad regular todos los aspectos técnicos y administrativos del servicio que se brinda a los usuarios; por ejemplo:

- Las condiciones de prestación.
- La gestión de servicios.
- Las responsabilidades de los prestadores.
- Los derechos y deberes de los abonados.
- Los procedimientos generales para los trámites relacionados con la prestación de los servicios.

¹ En el entendido como servicio porque como ámbito de aplicación del PSA el medidor es la frontera física de hasta dónde llega la responsabilidad del administrador del sistema de abastecimiento como lo describe el Dr. Alvarado en lo Intangible de los PSA (2011).

En el artículo 2 del Reglamento (AR-PSAyA-2013) se detalla el ámbito de aplicación, cuando se aclara que “es aplicable a los servicios públicos de acueducto [...] en cuanto a: operación, mantenimiento, desarrollo y administración de estos servicios, en sus diferentes etapas: acueductos: producción, distribución y comercialización [...]”. En general, este marco jurídico viene a regular desde un punto de vista técnico, administrativo y de responsabilidades a los diferentes entes que administran los sistemas de abastecimiento de agua potable, con la finalidad de brindar el mejor servicio a los usuarios.

La Directriz del Ministerio de Salud N° 032-S forma parte de la normativa dirigida a los operadores y/o administradores de acueductos del país, donde se obliga a la implementación de los planes de seguridad del agua, dando un plazo para la confección de los manuales en el periodo comprendido del 1 de noviembre del 2018 al 1 de enero del 2020. Esto se suma a la declaratoria de emergencia o estado de emergencia, debido a la situación generada por déficit hídrico, consecuencia del comportamiento anormal de precipitaciones con afectación en cantones de las provincias de Guanacaste, Puntarenas, Alajuela, Cartago y San José. Como se establece en los decretos N° 41852-MP-MAG y su reforma N° 41944-MP-MAG del 2019.

Con base en la importancia de brindar el servicio de agua potable para la salud pública, cumpliendo con la reglamentación jurídica vigente en el país e internacional aplicable, es que se propone este proyecto, dado que su finalidad primordial es la de estimar el grado de vulnerabilidad de todo el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros. Para ello, se tendrá en cuenta la cuenca, la obra de captación, los desarenadores, las tuberías de conducción, la distribución (tuberías primarias y secundarias), además de todos aquellos componentes como tanques, quiebra gradientes, pasos elevados de tuberías, válvulas de corte de flujo o automáticas, válvulas expulsoras de aire, estructuras civiles de soporte, la planta potabilizadora y todos sus componentes, estaciones de bombeo, hidrantes, finales de tubería, entre otros. Para cada uno con una gestión de riesgos identificados para el servicio de los usuarios que abastece.

Además, el AyA, como institución estatal y rectora del abastecimiento de agua potable, no dispone de un levantamiento de datos actualizado que identifique la vulnerabilidad del área del proyecto o su funcionamiento operativo. Este diagnóstico es necesario para la proyección

de futuras actualizaciones o mejoras y para obtener datos técnicos que determinen la factibilidad de inversión de recursos en estructuras o componentes en general.

Hay que tener claro que un sistema de abastecimiento de agua potable no es solamente captar agua cruda de una fuente y realizar el proceso de potabilización y distribución. El criterio de abastecimiento es de mayor complejidad y amplitud, pues incluye brindar un servicio de calidad en todo momento, garantizando la salud hídrica a los usuarios. El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, por sus siglas en inglés Unicef, indica que “el abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea” (Unicef, s.f.).

Ahora bien, la cuestión no es solo la calidad del agua; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día. En promedio una persona debe consumir entre 1,5 y 2 litros de líquido al día dependiendo del peso, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud. De ahí la importancia de que el sistema de abastecimiento no solo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo. (Unicef, s.f.).

Este proyecto repercute como aporte en la experiencia del AyA para la ejecución de este tipo de mecanismos de prevención y gestión, así como por la correcta gestión del recurso hídrico, debido a que el AyA, por su Ley Constitutiva (N° 2726), está facultado a tener una adecuada administración del servicio de abastecimiento y saneamiento. Por tanto, el AyA debe mantener en óptimas condiciones todos los sistemas de abastecimiento, en aras de minimizar el agua no contabilizada, asegurar la disponibilidad y distribuir el servicio entre los usuarios de manera más equitativa y eficiente.

Un sistema de abastecimiento de agua potable que funcione y opere de manera eficiente y tomando en cuenta los diversos factores que engloba el correcto funcionamiento (operación, mantenimiento, ambiental y social), es un sistema que se está proyectando a un buen manejo presente y futuro, en relación con el balance de oferta y demanda; por ende, un servicio ambientalmente sostenible y sustentable.

En el entendido de que la información actual del sistema en estudio presenta un bajo porcentaje de actualización, se plantea como eje a profundizar la generación de una línea base de datos que, posteriormente, permita determinar los riesgos asociados con el sistema, con el propósito de proponer una gestión de los riesgos.

3. Situación actual del conocimiento del tema

En 2004, las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua potable recomendaron que los proveedores de agua elaboraran y ejecutaran PSA, con el fin de evaluar y gestionar los riesgos de forma sistemática. Desde entonces, cada vez más gobiernos y autoridades reguladoras, proveedores de agua y profesionales han aceptado este método, pero además han solicitado orientación adicional (Mora, 2006)

La finalidad principal de la elaboración del manual para el desarrollo de los planes de seguridad del agua es la de proporcionar una guía práctica para la elaboración de PSA, orientados particularmente en sistemas de abastecimiento de agua de entes operadores. En este apartado se desarrollará toda la metodología recomendada por las guías de la OMS cuarta edición (OMS, 2011), además de su vínculo el SEVRI, con la finalidad de identificar el riesgo y la gestión de este.

Actualmente, el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros no cuenta con un estudio de identificación de riesgos integral en la totalidad del sistema; por ende, no se cuenta con información base para el trabajo en progreso. Recientemente, se dispone de experiencias similares como el desarrollo de un PSA para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados (León, 2019), para el cual se realizó un análisis de todos los componentes del sistema, así con mediciones de campo, georreferenciaciones, determinación de balance hídrico, determinación de riesgos, medidas de control, programas complementarios, gestiones operativas y la construcción de un plan de mejora y modernización del sistema de acueducto de la Asociación Administradora de Acueducto Rural (ASADA).

Amézquita, Pérez y Torres (2014) realizaron una evaluación de los riesgos en el Sistema de Distribución de Agua potable (SDA) de la ciudad de Cali (Colombia), abastecido por el río Cauca, mostrando resultados en deterioro de tuberías, fluctuaciones de presión, ausencia de información sistematizada sobre el SDA, fallas humanas, falta de capacitación, supervisión, conciencia del concepto aseguramiento del agua.

Pérez, Escobar y Torres (2018) aplicaron herramientas de evaluación del riesgo para el desarrollo del Plan de Seguridad del Agua (PSA) en una PTA de Cali-Colombia que abastece 1,4 millones de habitantes, utilizando para ello cuatro herramientas para poder identificar los peligros y la valoración de riesgos, utilizando datos de turbiedad, visitas de inspección, matriz de peligros/eventos peligrosos y matriz semicuantitativa.

Mora (2011) realizó un estudio de los intangibles al realizar un PSA, en este caso con la ASADA de Tierra Blanca de Cartago, proponiendo incluir la identificación de los riesgos administrativos y el manejo del agua en el hogar, para mejorar la metodología de los PSA.

4. Objetivos

4.1. *Objetivo general:*

Analizar el estado de la vulnerabilidad actual en el que se encuentra el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, mediante la aplicación de una matriz de riesgos en todo el sistema, de manera que permita el establecimiento de una gestión adecuada del abastecimiento de agua potable.

4.2. *Objetivos específicos:*

- Inspeccionar el estado de los diferentes componentes del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, aplicando una matriz que permita la cuantificación del grado de vulnerabilidad presente en el sistema de agua potable.
- Categorizar los riesgos tomando como punto de referencia la metodología de los Planes de Seguridad del Agua (PSA) para la determinación de medidas de control del riesgo.
- Establecer la gestión de la atención requerida a cada una de las vulnerabilidades identificadas mediante una propuesta de acción correctora, de forma que permita la oportuna gestión de los riesgos asociados con el sistema de captación, potabilización, almacenamiento y distribución de agua potable del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

5. Marco teórico

5.1. Guías para la calidad del agua potable

En 1958, 1961 y 1971, la OMS estableció las Normas Internacionales para el Agua Potable, con estándares elaborados en países desarrollados, pero de poca aplicabilidad en países subdesarrollados (Solsona, 2002). Debido a esto, en 1984 se crearon las Guías para la Calidad del Agua Potable, modificadas posteriormente en 1993, 2004 y 2011. Estas se fundamentan en los valores guía de variables fisicoquímicas, radiológicas y microbiológicas, para que cada país los adoptara en concordancia con su situación normativa, socioeconómica e hidrológica (OMS, 2018).

5.2. Planes de Seguridad del Agua (PSA)

La gestión y administración del abastecimiento de agua potable requiere de conocimientos técnicos, tanto de ingeniería como de administración de recursos, gestión de calidad, manejo de personal, finanzas, entre otros. Con ello, se garantiza la modalidad de consumo y producción sostenible, lo anterior en total coincidencia con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el objetivo 12 (Zúñiga y Mora, 2020).

Un PSA es un conjunto de herramientas interdisciplinarias basado en metodologías de evaluación y gestión de riesgos abarcando toda el área de la cuenca (ver [figura 3](#)). Tales herramientas son conceptualizadas por la OMS (2011) como PSA (Bartram et al., 2009). La evaluación del riesgo es por medio de diversas técnicas, tales como:

- Juicio de expertos.
- Lluvia de ideas.
- Encuestas.
- Revisión y análisis de documentación existente.
- Entrevista.
- Lista de chequeo.
- Diagrama causa-efecto.

El riesgo se describe en función de los siguientes factores:

- Económicos.
- Sociales.
- Financieros.
- Legales.
- Ambientales.
- Recursos Humanos.
- Técnicos.
- Políticos.
- Operacional.
- Tecnológicos.
- Saludo Ocupacional.

Se analiza cualitativamente, filtrándolo por medio de un listado inicial y se evalúa o valora según la probabilidad de impacto, de acuerdo con:

- Activos de la organización.
- Medios de comunicación.
- Información digital o en físico.
- Criterio de expertos.
- Investigación de campo.
- Presupuesto.

Después de materializarse un riesgo, Barboza (2018) propone realizar las siguientes preguntas:

- ¿Qué ocasionó el problema?
- ¿La causa fue un peligro ya contemplado en la evaluación de riesgos del PSA?
- ¿Cómo se detectó o reconoció el problema originalmente?
- ¿Qué medidas eran más necesarias? ¿Se aplicaron?
- En caso pertinente, ¿se tomaron las medidas adecuadas y oportunas para advertir a los consumidores y proteger su salud?
- ¿Qué problemas de comunicación surgieron, y como se resolvieron?
- ¿Qué consecuencias tuvo la emergencia, inmediatas y a largo plazo?
- ¿Cómo pueden mejorarse la evaluación de riesgos, los procedimientos, la formación o la comunicación?
- ¿Cómo funcionó el plan de respuesta a la situación de emergencia?

El desarrollo de un PSA requiere la aplicación de 11 módulos. Para la realización de estos módulos, técnicamente deben disponer de una logística o complemento administrativo con el diseño operativo, como propuso Barboza (2018) basado en las Guías de la OMS (2011). Los módulos propuestos por el PSA están alrededor de:

Preparación

Módulo 1. Medidas preliminares y Formación del equipo del PSA.

Para ello, será necesario:

- Involucrar al personal directivo y conseguir los recursos necesarios.
- Determinar el equipo de trabajo según los conocimientos necesarios.
- Nombrar a un jefe del equipo.
- Definir y anotar las funciones y responsabilidades de los miembros del equipo.
- Definir el plazo de desarrollo del PSA (Barboza, 2018).

Evaluación del sistema de abastecimiento

Módulo 2. Descripción del sistema de abastecimiento de agua.

- Normas de calidad del agua aplicables.
- Descripción de las fuentes, descripción de aspectos como escorrentía, recarga, y fuentes alternativas que pueden utilizarse en estado de emergencia.
- Descripción del uso de la tierra en la cuenca de captación.
- El lugar de extracción del agua.
- Información sobre almacenamiento.
- Información sobre tratamiento.
- Descripción del proceso de distribución del agua.
- Descripción de los materiales en contacto con el agua.
- Determinación de los usuarios y los usos del agua.
- Disponibilidad de personal que presta el servicio.
- Descripción de la calidad de la documentación de los procedimientos para la prestación del servicio.
- Diagrama de flujo para todos los componentes del sistema.

- Documentos de información geográfica (catastro, fuentes de riesgo, industrias, sistemas de tratamiento de residuos sólidos o líquidos (Barboza, 2018).

Modulo 3. Determinación de los peligros, eventos peligrosos y evaluación de riesgos.

- Determinar los riesgos de tipo biológico, físico y químico asociados con cada etapa del sistema de abastecimiento de agua de consumo que pueden afectar a la seguridad del agua.
- Determinar todos los riesgos que pueden contaminar el agua, comprometer su seguridad o interrumpir el abastecimiento.
- Evaluar los riesgos señalados en cada punto del diagrama de flujo elaborado.

Para esta actividad se utiliza el marco orientador para el AyA, del SEVRI (Barboza, 2018).

Módulo 4. Determinación y validación de medidas de control, y nueva evaluación y clasificación de los riesgos.

- Determinación de las medidas de control y definir si controla la probabilidad o la consecuencia.
- Validación de la eficacia de las medidas de control.
- Reevaluación de los riesgos, teniendo en cuenta la eficacia de las medidas de control.
- Determinar el grado de riesgo mitigado (Barboza, 2018).

Módulo 5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización.

- Desarrollo de un plan de mejora o modernización para cada uno de los riesgos significativos no controlados según su prioridad.
- Ejecución del plan de mejora según el programa previsto de actividades a corto, mediano o largo plazo.
- Control de la ejecución del plan de mejora o modernización.
- Priorizar riesgos: tomando como criterio de análisis la severidad, ordenar los riesgos de mayor a menor impacto; el riesgo que cuente con la mayor severidad será al cual se le ejecute el proceso de análisis para la preparación del tratamiento.
- Identifique posibles alternativas para minimizar riesgos: una vez seleccionado el riesgo, se deberá analizar cómo se puede seguir gestionando, producto de este análisis se desprenderá una o varias alternativas para minimizar el riesgo bajo estudio.

- Identifique viabilidad de ejecución de alternativas: cada una de las alternativas identificadas deberá ser sometida a un análisis de viabilidad para determinar cuál es la más viable a desarrollar (Barboza, 2018).

Monitoreo operativo

Módulo 6. Definición del monitoreo de las medidas de control.

- Qué se va a monitorear.
- Cómo va a monitorearse.
- El momento y frecuencia.
- Dónde va a monitorearse.
- Quién va a realizar el monitoreo.
- Quién realizará el análisis.
- Quién recibirá los resultados y deberá tomar medidas (Barboza, 2018).

Módulo 7. Verificación de la eficacia del PSA.

Realizar auditorías, programar evaluaciones de la aplicación del PSA y tener una encuesta que mide la percepción de los usuarios (Barboza, 2018).

Gestión y comunicación

Módulo 8. Elaboración de los procedimientos de gestión.

Documentación de los procesos operativos normalizados, cuando sucede incidentes causas y medidas correctivas, Barboza (2018) menciona que deben ser redactados por personal experimentado.

Módulo 9. Elaboración de programas complementarios.

Desarrollo de capacidades y conocimiento del personal (formación) de la mano con investigación, optimización y desarrollo (Barboza, 2018)

Módulo 10. Planificación y realización de exámenes periódicos del PSA.

El equipo del PSA se reúne para analizar los datos obtenidos en el monitoreo, de ahí puede surgir la actualización o modificación del plan de mejora (Barboza, 2018).

Módulo 11. Revisión del PSA tras un incidente.

El análisis del PSA después de cada emergencia, incidente o evento imprevisto es con la finalidad de revisar si existe un peligro nuevo el cual podría ser respondido de mejor manera o si es suficiente la respuesta disponible (Barboza, 2018).

5.2.1. Determinantes ambientales para la aplicación de PSA

Dependiendo de la parte del sistema de abastecimiento, García (2019), en su trabajo sobre un PSA en la ASADA Las Vueltas de Parrita, menciona que establecer los riesgos y peligros del sistema están conceptualizados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la OMS (2011) descritos como:

5.2.1.1. Microcuenca:

- Tipo e intensidad de los usos del suelo en la cuenca y si es posible un inventario de los usuarios y los usos del agua (si existen zonas de cultivos: café, caña, maíz, hortalizas, o

actividades relacionadas con la ganadería como: rastros, porquerizas, crianza de aves, entre otros).

- Medidas de protección (si existen).
- Tipos de tenencia de la zona donde se encuentra el área de recarga o microcuenca.
- Describir si el área se encuentra forestada (total o parcialmente)
- Focos de contaminación en la microcuenca.
- Geología e hidrología.
- Pautas meteorológicas y climáticas.
- Estado general de la microcuenca y su zona inmediata de captación y río(s).
- Fauna y flora.
- Otras actividades realizadas en la cuenca de captación que pueden potencialmente liberar contaminantes al agua de origen.
- Actividades futuras previstas.

5.2.1.2. Fuente de agua:

Los tipos de fuentes de abastecimiento:

- Subterráneas: manantiales, pozos, galerías filtrantes.
- Superficiales: lagos, ríos, canales.
- Pluviales: aguas de lluvia.
- Información de la fuente o fuentes del agua (quebrada, río, pozo), incluidos.
- Los procesos de escorrentía y/o recarga, así como si existen otras fuentes que puedan usarse en caso de emergencia.

- Capacidad de la fuente y si es suficiente para abastecer a la población.
- Cambios de la calidad del agua en las fuentes principalmente en temporadas de lluvias y sequía o cuando se presenten otros fenómenos naturales.
- Características físicas (por ejemplo, tamaño, profundidad, estratificación térmica, altitud)
- Fiabilidad del origen del agua.
- Constituyentes del agua (físicos, químicos, microbianos).
- Protección (por ejemplo, cercados, accesos).
- Actividades recreativas y otras actividades humanas.
- Transporte del agua en bloque.
- Acuíferos confinados o no confinados.
- Características hidrogeológicas del acuífero.
- Caudal unitario y dirección.
- Capacidad de dilución.
- Zona de recarga.
- Protección de la boca del pozo.
- Profundidad de revestimiento.

5.2.1.3. Obra de toma (bocatoma, captación):

- Características de la bocatoma (año y material de construcción).
- Tipo de protección existente (tipo de cerca). Área cubierta por la protección.

- Describir si existen letrinas, tipos de cultivos, abrevaderos, ganadería, fosas sépticas cerca de la bocatoma.
- Indicar si está limpia la zona de la bocatoma.
- Sistema de conducción.
- Descripción del sistema de conducción (por gravedad, canales, tuberías, o por bombeo).
- Año de construcción, material (PVC, HG, HFD, PAD).
- Si existen pasos aéreos, estado de los anclajes.
- Si cuenta con quiebragradiente, válvulas de limpieza, válvulas de aire y el estado en que se encuentran, así como si están protegidas de la contaminación o daño que puedan ocasionar personas o animales.
- Si la tubería se encuentra expuesta en algún sector, si pasa por algún sitio de inestabilidad.
- Presencia de roturas por deslizamiento.

5.2.1.4. Pretratamiento:

Dependiendo de las características del agua de la fuente y el objetivo del tratamiento, se podrán considerar como unidades de pretratamiento: rejas, desarenadores y presedimentadores. Luego, se procederá a una descripción detallada que puede incluir:

- Cantidad, material, antigüedad y tipo de cámara de rejas.
- Indicar cuantos desarenadores o presedimentadores existen.
- Material de construcción y antigüedad.

- Describir las condiciones en que se encuentran (si presentan grietas o fugas) y se debe indicar si están funcionando.
- Especificar si el desarenador cuenta con válvula de entrada y la protección que esta tiene.
- Describir si tiene tubo de limpieza y de rebose.

5.2.1.5. Técnica de potabilización:

- Operaciones de tratamiento (incluidas las optativas).
- Diseño de los equipos.
- Equipos de monitoreo y de operación automática.
- Sustancias químicas utilizadas en el tratamiento del agua.
- Rendimientos del tratamiento.
- Eliminación de agentes patógenos mediante desinfección.
- Residuo de desinfectante / tiempo de contacto.
- Si existe como mínimo la desinfección (tipo de producto utilizado: cloro gas, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio), forma de preparación de la solución, ajuste de dosis, etc.

5.2.1.6. Almacenamiento:

- Infraestructuras de almacenamiento: tanques, cisternas, estaciones de bombeo. Detallar si existe re-desinfección, el tipo de tecnología de desinfección.
- Tamaño de tanques y su capacidad.
- Zonas abastecidas.
- Tiempo de construcción.
- Materiales utilizados.

- Si tienen tapaderas o grietas.
- Seguridad del predio.
- Variaciones estacionales.
- Protección (por ejemplo, cubiertas, cercado, accesos).

5.2.1.7. Sistema de distribución:

- Población beneficiada.
- Instalaciones, perforaciones o válvulas para eliminar aire.
- Materiales de construcción y accesorios de la red de distribución.
- Zonas de roturas/fugas frecuentes.
- Conexiones clandestinas.
- Horarios de distribución del agua.
- Condiciones hidráulicas (por ejemplo, edad del agua, presiones, caudales).
- Protección contra el reflujo.
- Residuos del desinfectante(s).

5.3. Sistema Específico de Valoración del Riesgos Institucional (SEVRI)

Conforme lo establece la Ley General de Control Interno N° 8292 (2002), según el artículo 18, la Contraloría General de la República (CGR) es la responsable de emitir criterios y directrices generales como línea base para la aplicación y funcionamiento del SEVRI. Derivado de lo anterior, la CGR crea el SEVRI, mediante las Directrices Generales para el

Establecimiento y Funcionamiento del Sistema Específico de Valoración del Riesgo Institucional (SEVRI) D-3-2005-CO-DFOE (2005).

El SEVRI es un instrumento de gestión de los riesgos institucionales. Su metodología se basa en identificar, valorar, documentar, comunicar y administrar los riesgos que pueden comprometer el cumplimiento de los objetivos institucionales, incluso estableciendo medidas de mitigación y sancionamiento ² (CGR, 2016); es decir; la información que se genera debe apoyar la toma de decisiones para llevar a un nivel de riesgo aceptable (Directriz CGR, 2005).

El SEVRI se debe aplicar de forma permanente. Con base en ello, el AyA, mediante el Acuerdo de Junta Directiva (2010-037), inició la implementación y cada año ha recibido actualizaciones, incluso la aprobación de una estructura organizativa, con sus respectivas modificaciones (Acuerdo 2010-0588). Básicamente, el SEVRI debe disponer de los siguientes pasos conforme se describe en el artículo 3 y 4 de la Directriz D-3-2005-CO-DFOE (2005).

3.1. Descripción general. Se deberán establecer, previo al funcionamiento del SEVRI, los siguientes componentes:

- a) Marco orientador.
- b) Ambiente de apoyo.
- c) Recursos.
- d) Sujetos interesados.
- e) Herramienta para la administración de información.

Se deberá iniciar con el componente de marco orientador del SEVRI, específicamente con la política del riesgo institucional y la estrategia del SEVRI. El componente de herramienta para la administración de información deberá instituirse solo cuando el resto de los componentes se hayan establecido.

3.2. Marco orientador. El marco orientador del SEVRI debe comprender la política de valoración del riesgo institucional, la estrategia del SEVRI y la normativa interna que

² Conforme el artículo 39 de la Ley N° 8292

regule el SEVRI. La política de valoración del riesgo institucional deberá contener, al menos:

- a) el enunciado de los objetivos de valoración del riesgo el compromiso del jerarca para su cumplimiento,
- b) lineamientos institucionales para el establecimiento de niveles de riesgo aceptables, y
- c) la definición de las prioridades de la Institución en relación con la valoración del riesgo.

La estrategia del SEVRI deberá especificar las acciones necesarias para establecer, mantener, perfeccionar y evaluar el SEVRI y los responsables de su ejecución. También deberá contener los indicadores que permitan la evaluación del SEVRI tanto de su funcionamiento como de sus resultados.

La normativa interna que regule el SEVRI deberá contener en el ámbito institucional, al menos: los procedimientos del Sistema, los criterios que se requieran para el funcionamiento del SEVRI, la estructura de riesgos institucional y los parámetros de aceptabilidad de riesgo.

3.3. Ambiente de apoyo. En cada Institución deberá existir una estructura organizacional que apoye la operación del SEVRI, así como promoverse una cultura favorable al efecto. Para lo anterior, se deberá promover, al menos:

- a) Conciencia en los funcionarios de la importancia de la valoración del riesgo para el cumplimiento de los objetivos institucionales.
- b) Uniformidad en el concepto de riesgo en los funcionarios de la Institución.
- c) Actitud proactiva que permita establecer y tomar acciones anticipando las consecuencias que eventualmente puedan afectar el cumplimiento de los objetivos.
- d) Responsabilidades definidas claramente en relación con el SEVRI para los funcionarios de los diferentes niveles de la estructura organizacional.
- e) Mecanismos de coordinación y comunicación entre los funcionarios y las unidades internas para la debida operación del SEVRI.

3.4. Recursos. El SEVRI deberá contar con los recursos financieros, humanos, técnicos, materiales y demás necesarios para su establecimiento, operación, perfeccionamiento y evaluación, según lo dispuesto en esta normativa.

Los recursos que se asignen al SEVRI deberán obtenerse, de forma prioritaria, de los existentes en la Institución en el momento de determinar su requerimiento. En caso de no contar con algún recurso particular, deberá adquirirse en tanto sus beneficios excedan los costos cumpliendo los procesos presupuestarios y contractuales respectivos.

En el diseño, operación, evaluación y seguimiento del SEVRI se deberán seleccionar y capacitar los recursos humanos que garanticen el cumplimiento del objetivo del Sistema. El presupuesto institucional deberá contemplar los recursos financieros necesarios para la implementación de la estrategia del SEVRI y las provisiones y reservas para la ejecución de las medidas para la administración de riesgos.

3.5 Sujetos interesados. Los sujetos interesados deberán ser contemplados en el diseño, ejecución, evaluación y seguimiento de las actividades del SEVRI.

Dentro de estas consideraciones, la Institución deberá tomar en cuenta los objetivos y percepciones de estos sujetos en el diseño del SEVRI. También deberá valorar la participación de estos sujetos de forma directa en el establecimiento, funcionamiento, evaluación y perfeccionamiento del SEVRI.

Para estos efectos, cada Institución podrá realizar consultas de oficio a estos grupos o, bien, considerará la incorporación de opiniones o sugerencias que éstos le hagan llegar. Los sujetos interesados pueden ser internos o externos a la Institución, y dentro de éstos, deberán incluirse al menos los siguientes grupos:

- a) población objetivo de la Institución,
- b) funcionarios de la Institución, y
- c) sujetos de derecho privado que sean custodios o administradores de fondos públicos otorgados por la Institución,
- d) fiduciarios encargados de administrar fideicomisos constituidos con fondos públicos.

Los sujetos que forman parte de c) y d) deberán, al menos:

- a) Brindar de forma periódica la información que requiera la Institución que otorga los fondos o la que actúe como fideicomitente, para determinar los riesgos asociados a dichos recursos.
- b) Estar anuentes a establecer las medidas para la administración de riesgos en relación con los recursos que recibe, según lo defina la Institución que otorga los fondos o la que actúe como fideicomitente.

3.6. Herramienta de apoyo para la administración de información. Se deberá establecer una herramienta para la gestión y documentación de la información que utilizará y generará el SEVRI, la cual podrá ser de tipo manual, computadorizada o una combinación de ambos.

Esta herramienta deberá contar con un sistema de registros de información que permita el análisis histórico de los riesgos institucionales y de los factores asociados a dichos riesgos.

El diseño de la herramienta, en términos de su naturaleza y complejidad, deberá contemplar, al menos los siguientes aspectos:

- a) relación costo beneficio,
- b) volumen de información que debe procesar,
- c) complejidad de los procesos organizacionales, y
- d) presupuesto institucional.

En relación con este componente se deberá considerar lo establecido en el artículo 16 de la Ley General de Control Interno sobre los Sistemas de Información y, en caso de optar por el uso de sistemas de información computadorizados, se deberán también aplicar las normas dictadas al efecto por la Contraloría General de la República

4. Funcionamiento del Sistema Específico de Valoración del Riesgo Institucional.

4.1. Descripción general. Una vez establecidos los componentes del SEVRI, se deberán ejecutar las actividades para la identificación, análisis, evaluación, administración, revisión, documentación y comunicación de los riesgos institucionales.

El orden de ejecución de las actividades debe obedecer al establecido en la presente normativa. Las actividades para la documentación y comunicación de riesgos deberán

realizarse, desde el inicio de operación del SEVRI, de forma continua y paralela al resto de las actividades que ejecuta el SEVRI.

4.2. Identificación de riesgos. Se deberá identificar por áreas, sectores, actividades o tareas, de conformidad con las particularidades de la Institución, lo siguiente:

- a) Los eventos que podrían afectar de forma significativa el cumplimiento de los objetivos institucionales. Estos deberán organizarse de acuerdo con la estructura de riesgos institucional previamente establecida.
- b) Las posibles causas, internas y externas, de los eventos identificados y las posibles consecuencias de la ocurrencia de dichos eventos sobre el cumplimiento de los objetivos.
- c) Las formas de ocurrencia de dichos eventos y el momento y lugar en el que podrían incurrir.
- d) Las medidas para la administración de riesgos existentes que se asocian con los riesgos identificados.

La identificación de riesgos debe vincularse con las actividades institucionales de planificación presupuestación, estrategia, evaluación y monitoreo del entorno.

4.3. Análisis de riesgos. Para los eventos identificados se deberá determinar:

- a) su posibilidad de ocurrencia,
- b) la magnitud de su eventual consecuencia,
- c) su nivel de riesgo,
- d) sus factores de riesgo, y
- e) las medidas para su administración.

El análisis de la consecuencia de los eventos identificados deberá considerar los posibles efectos negativos y positivos de tales eventos.

El nivel de riesgo deberá obtenerse bajo dos escenarios básicos: sin medidas para la administración de riesgos y con aquellas existentes en la Institución.

El análisis que se realice puede ser cuantitativo, cualitativo o una combinación de ambos. En cualquier caso, los beneficios del tipo de análisis que se utilice deberán ser mayores que sus costos de aplicación.

4.4. Evaluación de riesgos. Los riesgos analizados deberán ser priorizados de acuerdo con criterios institucionales dentro de los cuales se deberán considerar, al menos, los siguientes:

- a) el nivel de riesgo,
- b) grado en que la Institución puede afectar los factores de riesgo;
- c) la importancia de la política, proyecto, función o actividad afectado; y
- d) la eficacia y eficiencia de las medidas para la administración de riesgo existentes.

En relación con los niveles de riesgo, deberá determinarse cuáles se ubican dentro de la categoría de nivel de riesgo aceptable por medio de la aplicación de los parámetros de aceptabilidad de riesgos institucionales previamente definidos. Cuando esto ocurra, se podrá optar por la retención de dichos riesgos siempre y cuando sean revisados, documentados y comunicados de acuerdo con lo establecido en las Directrices 4.6, 4.7 y 4.8 de esta normativa.

Los niveles de riesgo que no se ubiquen dentro de la categoría de riesgo aceptable deberán administrarse de acuerdo con lo establecido en la Directriz 4.5.

4.5. Administración de riesgos. A partir de la priorización de riesgos establecida, se debe evaluar y seleccionar la o las medidas para la administración de cada riesgo, de acuerdo con criterios institucionales que deberán contener al menos los siguientes:

- a) la relación costo-beneficio de llevar a cabo cada opción;
- b) la capacidad e idoneidad de los entes participantes internos y externos a la Institución en cada opción;
- c) el cumplimiento del interés público y el resguardo de la hacienda pública; y
- d) la viabilidad jurídica, técnica y operacional de las opciones.

Se deberá valorar medidas dirigidas a la atención, modificación, transferencia y prevención de riesgos. En los casos en que sea imposible utilizar este tipo de medidas o las disponibles impliquen un costo mayor a su beneficio, la administración podrá retener dichos riesgos. Las medidas para la administración de riesgos seleccionadas deberán:

- a) Servir de base para el establecimiento de las actividades de control del sistema de control interno institucional.

- b) Integrarse a los planes institucionales operativos y planes de mediano y largo plazos, según corresponda.
- c) Ejecutarse y evaluarse de forma continua en toda la Institución.

4.6. Revisión de riesgos. En relación con los riesgos identificados, se deberá dar seguimiento, al menos, a:

- a) el nivel de riesgo;
- b) los factores de riesgo;
- c) el grado de ejecución de las medidas para la administración de riesgos;
- d) la eficacia y la eficiencia de las medidas para la administración de riesgos ejecutadas.

La revisión de riesgos deberá ejecutarse de forma continua y la información que se genere en esta actividad deberá servir de insumo para:

- a) elaborar los reportes del SEVRI;
- b) ajustar de forma continua las medidas para la administración de riesgos; y
- c) evaluar y ajustar los objetivos y metas institucionales.

4.7. Documentación de riesgos. Se deberá documentar la información sobre los riesgos y las medidas para la administración de riesgos que se genere en cada actividad de la valoración del riesgo (identificación, análisis, evaluación, administración y revisión).

Deberá de establecerse registros de riesgos que incluyan, como mínimo, la información sobre su probabilidad, consecuencia, nivel de riesgo asociado y medidas seleccionadas para su administración.

En relación con las medidas para la administración de riesgos deberá documentarse, como mínimo, su descripción, sus resultados esperados en tiempo y espacio, los recursos necesarios y responsables para llevarlas a cabo.

Se deberá velar por que los registros sean accesibles, comprensibles y completos y que la documentación se realice de forma continua, oportuna y confiable.

Toda esta información deberá servir de base para la elaboración de los reportes del SEVRI dirigidos a los sujetos interesados y podrá ser requerida por la Contraloría General de la República o la auditoría interna, por lo que deberá de estar actualizada en todo momento.

4.8. Comunicación de riesgos. Se deberá brindar información a los sujetos interesados, internos y externos, y a la Institución en relación con los riesgos institucionales.

La comunicación deberá darse en ambas direcciones, mediante informes de seguimiento y de resultados del SEVRI, que se elaboran periódicamente y mediante la operación de mecanismos de consulta a disposición de los sujetos interesados.

La información que se comunique deberá ajustarse a los requerimientos de los grupos a los cuales va dirigida y servir de base para el proceso de rendición de cuentas institucional.

Los reportes del SEVRI deberá contener como mínimo la información que de acuerdo con la Directriz 4.7., debe documentarse y debe estar disponible para los sujetos interesados.

5.4. Creación del AyA

El contexto de la reciente historia del AyA deriva de la mentalidad de los gobernantes a principios del siglo XX y su constante preocupación por dotar de Agua para Consumo Humano (ACH), como se le denominaba en ese entonces. El estado asumía las obras de inversión y entregaba la administración a los municipios, el ente responsable era el Departamento de Obras Hidráulicas, perteneciente al antiguo Ministerio de Obras Públicas (Mora, 2020), como lo indica la vieja Ley General de Agua Potable N° 1634 (1953) en su artículo 4. El problema de esta modalidad, como mencionó el Ing. Carballo Wedel, es el siguiente:

- Debido a que las obras eran construidas por los gobiernos de turno el patrimonio no se registraba en las municipalidades, y por lo tanto la depreciación de las obras o recuperación de su valor no estaba en las tarifas.
- Las inversiones van a fondo perdido y se consumían en el mantenimiento y uso de los “Sistemas Operadores Locales” los cuales nunca llegaron a desarrollar preocupación alguna por cuidar las respectivas inversiones, porque si las cloacas se deterioraban o se perdían ahí estaba el Gobierno para que las repusiera.
- Esta dependencia de los municipios del Gobierno Central impidió el desarrollo de la capacidad técnica para administrar los servicios de agua y saneamiento.

Además, la creciente demanda, combinada con tarifas muy por debajo del valor real, provocaban el descuido en la operación y mantenimiento de la infraestructura, creando un clima de indiferencia en los usuarios, así como una cultura de subestimar el verdadero valor del ACH, como se denominaba en la época (AyA/OPS/OMS, 2002). Como la Ley de Aguas (1942) tenía prevista la nacionalización de los acueductos no administrados por el estado, en este caso por el Ministerio de Salubridad Pública, al no poder lograrse como estaba previsto, entonces se emite Ley General de Agua Potable N°1634 (1953), con la finalidad de regular la imposición de tarifas y asegurar la adecuada operación de los sistemas (AyA, 2010).

Ante esa situación, para resolver la escasez del abastecimiento ACH, el expresidente Lic. Mario Echandi basado en la política internacional de la OPS de centralizar en una institución los servicios de agua y saneamiento más el estudio emitido en marzo de 1959, por la firma de ingenieros y arquitectos “Rodes and Associates”, que indicaba:

[...] la construcción de los acueductos y alcantarillados sanitarios estaban construidos sin control sanitario, lo cual evidenciaba incapacidad técnica, insuficiencia económica, y administración defectuosa, factores que comprometían no solo la demanda actual sino la futura.

De esa manera, el 14 de abril de 1961 se emitió la Ley 2726, creando el SNAA que, a partir del 12 de julio de 1976, mediante la Ley N° 5915, se crea una reforma para denominarlo Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) (Mora Alvarado, 2020).

5.5. Surgimiento del actual de la Planta Potabilizadora Los Cuadros

La planta potabilizadora actual de Los Cuadros fue construida bajo el esquema de la **segunda etapa de ampliación del Acueducto Metropolitano**, comprendido entre los años 1973 a 1979. De las múltiples obras realizadas durante esa época, también se ejecutaron proyectos de ampliación y mejoras alrededor y dentro del actual Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros como el incremento del volumen de almacenamiento del tanque San

Isidro de Coronado, construcción de las estaciones de bombeo de Guadalupe e Ipís (AyA/OPS/OMS, 2002).

La **primera etapa de ampliación del Acueducto Metropolitano** fue entre los años 1968 y 1971 con el inicio de operación del acueducto Puente Mulas (500 L/s), la conversión de la Planta de Tratamiento de Los Sitios de Moravia y la remodelación de la Planta Baja de Tres Ríos (AyA/OPS/OMS, 2002).

La **tercera etapa de ampliación del Acueducto Metropolitano** durante los años 1982 a 1990 consistió en elaborar cuatro obras por separado; colocación de tubería de conducción desde embalse el Llano de Orosi hasta planta Alta Tres Ríos; construcción del túnel la carpintera; ampliación y remodelación de la Planta Alta Tres Ríos, y construcción de la línea de conducción potable Tres Ríos-Guadalupe y Tres Ríos-Tanques de Sur (Mora Alvarado, 2020)

La **cuarta etapa del Acueducto Metropolitano** durante los años 1990 a 2015 fue principalmente en agua subterránea, según las recomendaciones de TAHAL (1990) como la construcción de Campo Pozos Norte y Potrerillos, así como la ampliación de algunas plantas potabilizadoras (Mora Alvarado, 2020)

La **quinta etapa del Acueducto Metropolitano** durante los años 2015 a 2045, como lo describe el Decreto Ejecutivo N° 43342 (2020), consiste en adicionar 2,5 m³/s proveniente de las captaciones de la planta de generación hidroeléctrica río Macho en Orosi (proyecto pendiente de ejecución).

5.6. Georreferenciación

Se utiliza para tener referencia espacial mediante uso de una terna de coordenadas geográficas en un plano cartesiano; de esta manera, se representa la ubicación planimétrica y altimétrica de los elementos dados sobre una superficie a representar (Ramos, 2003). En Costa Rica, desde el año 2007, según el Decreto Ejecutivo N°33797-MJMOPT, quedó establecido como sistema de georreferencia el CR05 con la proyección CRTM05, quedando en dispensa para cumplir en un periodo de nueve años con el cambio para todas las instituciones públicas. (Núñez y Calderón, 2014).

5.6.1. Programas para representar las proyecciones

Por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se realiza análisis de la información recopilada y, para ello, se edita con programas como:

ArcGis: componente de la suite de aplicaciones de ESRI, que dispone de una interfaz extensible, lo cual permite el agregado de nuevas funciones como el análisis ráster, análisis en 3D y relieve, así como la geoestadística (Pucha et al., 2017).

Quantum QGIS: a diferencia del anterior, este *software* libre de SIG no paga por ningún tipo de licencia y permite interfases similares con la capacidad de exportar en formato AutoCAD, PDF y SHAPE, para trabajar en el mapeo en las capas que se desee (Valdiviezo, 2019).

AutoCad: este programa, creado por Autodesk, no es del tipo *software* libre. Dentro de su gama de aplicaciones se puede utilizar en la topografía, pero teniendo presente que el programa no es para manejo de grandes cantidades de datos (Mora y Femenía, 2008).

5.7. Índice de riesgo para la calidad del agua potable (IRCACH)

Es un instrumento que permite interpretar de forma más integral en Reglamento para la Calidad del Agua Potable vigente, relacionando el grado de riesgo para la salud por el consumo de agua y la posibilidad de rechazo de esta por el consumidor en cinco niveles de riesgo: muy bajo, bajo, intermedio, alto y muy alto. Funciona realizando una clasificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, establecidos en el Reglamento para Calidad del Agua Potable, como lo son operación, estéticos, de significado para la salud o indicadores de contaminación y se le asignan rangos de puntaje por incumplimiento de dichos parámetros, el cuadro 1 corresponde al sistema de calificación.

Cuadro 1. Niveles de riesgo en la calidad del agua para consumo humano

Clasificación IRCACH	Nivel de Riesgo	Código de colores	Calidad del Agua	Acciones y recomendaciones
$x \leq 5$	Riesgo muy bajo (RMB)	Azul	Apta para ingesta	Continuar suministro de manera normal; continuar control o vigilancia de la calidad del agua.
$5 < x \leq 10$	Riesgo bajo (RB)	Verde	Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad	Continuar suministro de manera normal; continuar control o vigilancia de la calidad del agua.
$10 < x \leq 20$	Riesgo intermedio (RI)	Amarillo	No apta para la ingesta, rechazo por parte de los consumidores debido a las características organolépticas	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química.
$20 < x \leq 30$	Riesgo alto (RA)	Naranja	No apta para la ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química y/o el Procedimiento de Inspecciones Ordinarias.
$x > 30$	Riesgo muy alto (RMA)	Rojo	No apta para la ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química y/o el Procedimiento de Inspecciones Ordinarias, el Procedimiento de Inspección para Emergencias de brotes y/o el Procedimiento de Inspección para Emergencias Químicas.

Fuente: Mora et al., 2018.

De esta manera, el agua potable se clasifica como apta o no apta para la ingesta, aclarando que el IRCACH no es sustituto del reglamento vigente, sino que es para interpretar los análisis de Laboratorio Nacional de Aguas y se aplica a muestreos completos donde exista resultados del N1, N2, N3 y N4 del Reglamento de Calidad del Agua Potable vigente (Mora et al., 2018).

5.8. Reglamento de Calidad del Agua Potable

Han existido solo cuatro normativas para evaluar la calidad del agua potable en Costa Rica. La primera normativa vigente fue de 1993 a 1997, conocida como las Normas Internacionales de Centroamérica y República Dominicana. Posteriormente, de 1997 al 2005, por el Decreto Ejecutivo N°25991-S, se convirtió en el primer Reglamento para la Calidad del Agua Potable en Costa Rica.

Durante el periodo 2005 al 2015, estuvo en uso la segunda versión, ratificado por el Decreto Ejecutivo N°32327-S. La tercera versión es la que actualmente está vigente desde

septiembre del 2015, mediante el Decreto Ejecutivo 38924-S con sus reformas, según Decretos Ejecutivos N°39144 (2015) y N°41499 (2019). Ver [Anexo VII](#) con los parámetros de Control Operativo, N1, N2, N3 y N4 (Mora et al., 2018).

5.9. Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Costa Rica

A partir de la década de los noventa, los conceptos de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) y la gestión por cuenca iniciaron su internacionalización. La recomendación de adecuar esta modalidad en la legislación interna de cada país formó parte de las recomendaciones por organismos internacionales, así como el Banco Mundial para poder afrontar los crecientes problemas del agua (Rodríguez, 2021).

Desde los años ochenta, se detectó que muchos recursos no eran tan renovables como se creía, según describe Rodríguez (2021), citando a Julien (2012), pues era evidente la reducción de la biodiversidad y la amenaza del cambio climático. La combinación de enfoques como los PSA y la GIRH, forma parte de las herramientas para ayudar a mitigar el progresivo deterioro de las fuentes de agua. La GIRH basa su gestión en la eficiente, equitativa y sostenible aprovechamiento del recurso hídrico (Decenio del agua UN, 2014). Entonces la GIRH busca hacer una reforma de los sistemas humanos, de manera que estos obtengan beneficios sostenibles e igualitarios del recurso utilizado (GWP, 2022). Si no existe una estrategia clara, en vez de prevenir, se tendrá que pasar a mitigar, utilizando procesos de tratamiento más sofisticados y costosos, incluso hasta tener que prescindir del uso de esas fuentes, lo que podría conllevar a una crisis de desabastecimiento (Pérez et al., 2012).

La realidad de Costa Rica en la GIRH es que la Ley de Agua, que data de 1942, según menciona José Miguel Zeledón (citado por Rodríguez, 2021), era una ley para la actividad campesina y con tema central en la generación de energía. Sumado a lo anterior, Rodríguez (2018) menciona que existe un aproximado de 100 cuerpos normativos que tratan de llenar el vacío de la Ley de Aguas, lo cual ha provocado dispersión y dificultad para la gestión coordinada del recurso.

Hay sectores que perciben la gestión integrada como una amenaza, la adopción e interiorización de normas nuevas es un tema adicional. El trámite del Proyecto de Ley N° 20212, Ley para la Gestión Integrada de los recursos hídricos, tuvo, en parte, su aporte negativo, este fue archivado en enero 2021 por vencimiento de su plazo, básicamente por falta de viabilidad política (Zeledón, 2022).

6. Estrategia metodológica

Este apartado tiene como finalidad describir el tipo de abordaje de la investigación, además de las diferentes estrategias a utilizar, equipos, instrumentos, así como aquellos análisis necesarios para alcanzar los objetivos.

6.1. Paradigma

Con la finalidad de tener los mejores resultados, la investigación va a ser enfocada desde el punto de vista de paradigma positivista, ya que permite de una mejor manera la obtención de la información, datos y brindar los resultados esperados. En cuanto a la definición de paradigma puede decirse que

[...] entre las principales características del paradigma positivista se encuentran la orientación nomotética de la investigación, la formulación de hipótesis, su verificación y la predicción a partir de las mismas, la sobrevaloración del experimento, el empleo de métodos cuantitativos y de técnicas estadísticas para el procesamiento de la información (García, 2019).

La definición descrita anteriormente nos permite describir y evaluar las diferentes condiciones de un sistema de abastecimiento de agua potable, condiciones que nos van a generar una serie de información de donde se pueden determinar riesgos directos a los usuarios que dependen del servicio y generar la información oportuna para el conocimiento de la administración del acueducto y su mejora continua a lo largo del tiempo.

De esta manera, y para el adecuado uso de la información, se generará una matriz para la cuantificación y evaluación de los riesgos asociados del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, asignando las medidas de control al riesgo para su posterior evaluación y gestión de los riesgos identificados. Dicha matriz será aplicada por el equipo de trabajo seleccionado, con el apoyo de los colaboradores que administran el Acueducto Metropolitano en AyA.

6.2. Hipótesis

La correcta gestión de riesgos asociados con el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros debe proporcionar mejores condiciones en calidad, cantidad y continuidad de los usuarios al sistema de abastecimiento.

6.3. Muestra del trabajo de investigación

La investigación tiene como sujeto el área de cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, abarcando comunidades en Purral, Ipís y Mata de Plátano del cantón de Goicoechea, mientras que en el cantón de Vázquez de Coronado están las comunidades de San Francisco y San Isidro. Ambos cantones pertenecientes a la provincia de San José.

La población beneficiada con el trabajo de investigación se estima en 6530 servicios, aproximadamente 22 854 personas, lo que representa un 1,6 % de la cobertura total del Acueducto Metropolitano, según datos suministrados por la UEN PyD para el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

6.4. Enfoque del estudio

El enfoque del trabajo es cuantitativo, debido a que su primera etapa, pilar del trabajo, se trata de una descripción detallada de todo el Sistema de Abastecimiento ME-A-08- Los Cuadros, desde la cuenca de captación y hasta la parte de distribución del servicio siendo el límite final, el medidor de cada usuario. En esa descripción se realiza la cuantificación de riesgos observados, apoyado por el criterio de experto de los colaboradores que administran el Sistema de Abastecimiento del Acueducto Metropolitano del AyA. Posteriormente, se realiza la evaluación del riesgo, la determinación de medidas de control para cada uno de los riesgos y, finalmente, se propone una gestión adecuada del riesgo evaluado.

6.5. Método del estudio

El trabajo de investigación basa su método de estudio en 3 fases, detalladas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Detalle de fases del método de estudio.

Etapa	Tipo de método	Detalle	Objetivo
Fase 1	Descriptivo	Descripción de las características del Sistema de Abastecimiento	Evaluar una situación, componente, proceso, otros
Fase 2	Inductivo Exploratorio	Formulación de preguntas que se exploran y desarrollan en el proceso de investigación	Conocer problemas que afecten el sistema de abastecimiento y medidas tomadas para resolver
Fase 3	Cuantitativo descriptivo	Ubica una o más variables de grupos de personas, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades y así proporcionar su descripción	Elaboración de la matriz y evaluación de los riesgos, medidas de control y el sistema de gestión

Fuente: Elaboración propia según datos de García (2019).

6.6. Fases del estudio

La metodología seleccionada fue escogida con base en la secuencia de pasos para desarrollar el PSA ([figura 3](#)) en los primeros 5 módulos, definiéndose en las siguientes cinco fases:

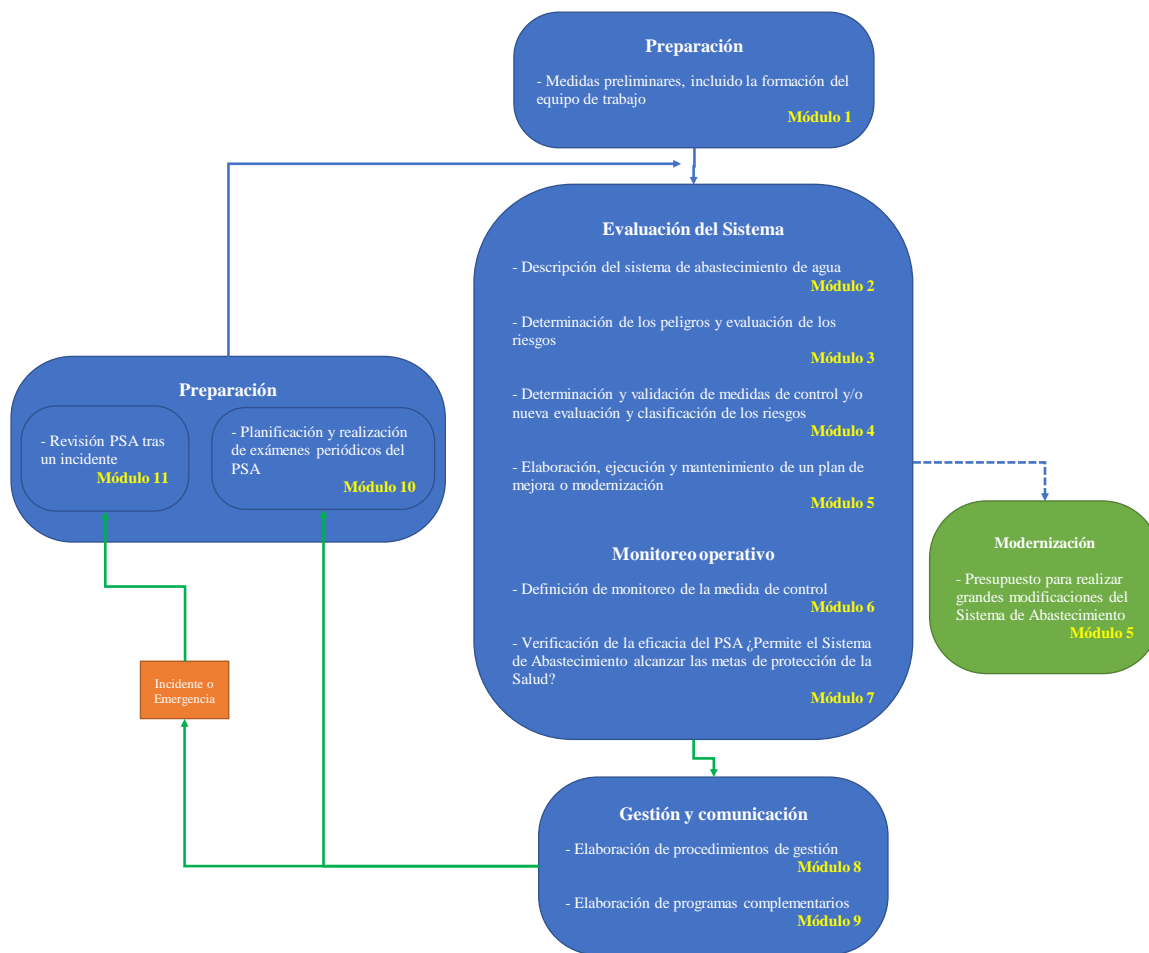


Figura 3. Estructura de aplicación del PSA

Fuente: OMS, 2019.

Fase 1 (módulo 1). Conformación del equipo:

La ejecución de la evaluación y la determinación del plan para la gestión de los riesgos, identificados en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, estarán a cargo de los autores del proyecto. Sin embargo, se debe realizar una selección de colaboradores internos del AyA, que cuenten con el criterio técnico experto para la determinación y evaluación de los riesgos. Esta selección se realizará por medio de entrevistas con la designación de los directores (de la UEN PyD GAM) de los colaboradores de las diferentes unidades operativas del Sistema de Abastecimiento ME-A-08-Los Cuadros.

Fase 2 (módulo 2). Descripción del sistema de abastecimiento:

Por medio de la recopilación de datos en las diferentes instituciones públicas, que se realizó a través de trabajo de campo, entrevistas, bibliografía, entre otras, se busca iniciar con el proceso de descripción y evaluación de los diferentes componentes que comprenden el sistema, teniendo en cuenta la zona en la cual se encuentre inmerso el Sistema de Abastecimiento ME-A-08-Los Cuadros. El levantamiento de la información, en campo, se realizará mediante puntos de posicionamiento geográfico que permita la georreferenciación dentro de los *softwares* ArcGis, Qgis y Autocad, para su posterior análisis.

Fase 2.1. Caracterización de la microcuenca del río Purral

Delimitación de la cuenca y búsqueda de información al respecto:

- Uso de suelos.
- Red Hídrica.
- Relieve.
- Amenazas.
- Concesiones de aprovechamiento.
- Futuros aprovechamientos.

Fase 2.2. Caracterización de los componentes del Sistema de Abastecimiento ME-A-08-Los Cuadros:

- Nacientes.
- Servicios.
- Tomas superficiales.
- Bombeos.
- Desarenadores.
- Puntos de desinfección.
- Tuberías de aducción, conducción y distribución.
- Identificación del personal operativo que brinda el servicio de agua potable.
- Plantas potabilizadoras.
- Tanques.

Fase 2.3. Caracterización de la cantidad y calidad del agua

Realización de diferentes análisis de calidad del agua, en puntos representativos del Sistema de Abastecimiento. Con la finalidad de conocer el estado del recurso hídrico, tanto dentro del Sistema de Abastecimiento potable como en la red hídrica de la cuenca. La calidad se verifica por medio de muestreos fisicoquímicos y organolépticos con un mínimo horario, realizados por personal técnico que labora en la Planta Potabilizadora Los Cuadros, así como los datos de muestreo del Laboratorio Nacional de Aguas de AyA (LNA). Los equipos utilizados

por el personal de la planta potabilizadora son: turbidímetro, conductímetro, pHímetro, titulación de alcalinidad, medición de residuales de cloro y aluminio, medición de color aparente y verdadero, así como determinación de la dosis óptima con máquina de prueba de jarras. La cantidad se realiza por medio de recopilación de los datos de aforo dentro de la cuenca y las mediciones horarias de caudal que se realiza por el personal técnico que labora en la Planta Potabilizadora Los Cuadros.

Fase 3 (módulo 3). Determinación de los peligros y eventos peligrosos y evaluación de riesgos sin medida de control.

Con la información recopilada en las fases anteriores, se realiza la determinación de los riesgos y su posterior evaluación. Además, con los riesgos identificados, se generará un banco de riesgos, esto ayudará a futuras evaluaciones al Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros o interpolar a otros sistemas de abastecimiento.

Dicha identificación y evaluación sin medida de control se realizará por medio de la lista de chequeo, información recopilada, entrevistas y juicio de experto. La Evaluación propiamente dicha se realizará por medio de un análisis de probabilidad e impacto al Sistema de Abastecimiento ME-A-08-Los Cuadros. Cada identificación, ya sea de la probabilidad e impacto, deberá ser justificada técnicamente, para minimizar la subjetividad de la evaluación del riesgo.

Fase 4 (módulo 4). Determinación, validación de medidas de control y nueva evaluación con la clasificación de los riesgos.

Se determinan medidas de control para aquellos riesgos que tuvieron una evaluación significativa en el sentido de probabilidad de impacto, y se establece una medida de control para su mitigación y posteriormente nueva evaluación. A cada medida de control identificada para un riesgo se le realizará el análisis para determinar su nivel de ejecución y la efectividad que tiene. Como resultado de este análisis, se le asignará alguno de los supuestos de evaluación que se detalla en el cuadro 3.

Cuadro 3. Evaluación de controles (SEVRI)

Ejecución de la medida	Efectividad de la medida
Al parecer la medida de control no se está ejecutando	Sin Medida de Control
La medida de control no es efectiva o se ejecuta esporádicamente	Medida de Control Pobre
La medida de control es medianamente efectiva, se ejecuta sistemáticamente	Medida de Control Adecuada
La medida de control es efectiva, se ejecuta sistemáticamente, se encuentra formalizada y divulgada	Medida de Control Fuerte
La medida de control es efectiva, se ejecuta sistemáticamente, se encuentra formalizada, divulgada y probada	Medida de Control Hermética

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

Los controles se pueden clasificar según el detalle del cuadro 4:

Cuadro 4. Clasificación de los controles (SEVRI).

Criterio de clasificación	Descripción
Medida de Control Clave	Medidas cuya ejecución adecuada es indispensable para que el riesgo relacionado no se materialice, y de hacerlo, impacte en un grado mínimo los objetivos de la Institución.
Medidas de Control No Clave	Medidas cuya ejecución apoya y fortalece la acción de las medidas de control clave.

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

Por último, la evaluación del riesgo con la medida de control seleccionada se realizará con base en la metodología establecida por SEVRI, que se detalla en la figura 4.

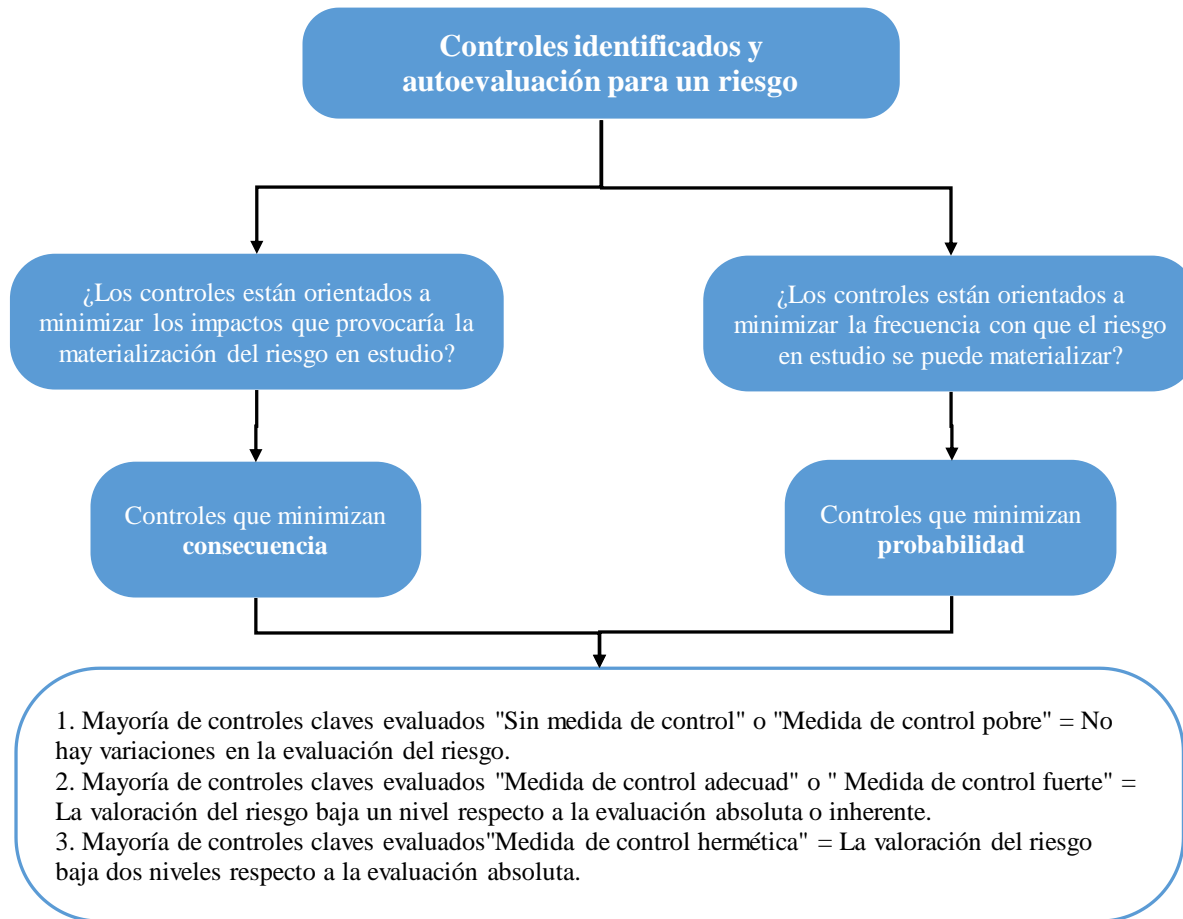


Figura 4. Evaluación del riesgo con medida de control

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

Fase 5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de administración del riesgo (Gestión del Riesgo)

La gestión del riesgo y su prioridad en su aplicación será el resultado del análisis del riesgo absoluto versus riesgo controlado y se determinará de conformidad con el nivel de severidad en que cada riesgo se encuentra. La identificación de las medidas se va a realizar, de forma tal que traten de abarcar la mayor cantidad de riesgos, donde la evaluación se encuentre por debajo de aceptable, en aras de que la gestión o planes de tratamiento o mitigación se basen en la relación costo-beneficio. La determinación del tipo de medida a implementar abarcará, al menos, los siguientes supuestos:

1. Atender riesgo: consiste en actuar ante las consecuencias provocadas por la materialización de uno o varios factores de riesgo.

2. **Modificar riesgos:** consiste en controlar el impacto que puedan causar los factores de riesgos, considerando tanto la consecuencia como la probabilidad.
3. **Prevenir riesgos:** consiste en no llevar a cabo o modificar proyectos, funciones o actividades, para que logre su objetivo sin verse afectado por el riesgo.
4. **Retener riesgos:** consiste en no realizar las medidas anteriores de atender, modificar o prevenir riesgos, y estar en disposición de enfrentar las eventuales consecuencias en caso de materialización.

Según la selección de las acciones anteriores, se determina un plan de acción o actividades para la gestión de riesgo. Dicho plan puede ir desde una gestión por administración, o bien un proyecto de inversión a corto, mediano y hasta largo plazo de ejecución, según las necesidades requeridas. El plan definido consiste en asignar una serie de tareas o acciones para mitigar o eliminar el riesgo, en general es establecer toda una línea de trabajo para determinar un valor monetario y diseñar todo un proceso de inversión, en caso de que se requiera, o bien establecer aquellas tareas o acciones que puedan realizar desde la administración del acueducto.

Todas las acciones definidas son derivadas y con base en fases anteriores descritas en este documento y van a ser apoyadas por medio de experiencias previas, licitaciones de contratación administrativa y valores del mercado, con la finalidad de trazar la ejecución de la alternativa o alternativas sugeridas para la gestión del riesgo, estableciendo un plazo de ejecución y su alcance. La línea de trabajo establecida debe ser comandada por medio de un responsable de la ejecución, donde se analice su viabilidad, se determine un cronograma de ejecución y dándole una frecuencia de monitoreo a su ejecución.

7. Técnicas e instrumentos

La línea base para cualquier desarrollo de la herramienta del PSA, se encuentra en realizar una adecuada “radiografía” del sistema de abastecimiento; basado en lo anterior, se procede con el grado de importancia requerido en la recopilación de datos descriptivos dentro del paradigma, enfoque y metodología establecidos previamente, con el objetivo de permitir la correcta identificación, evaluación y gestión de los riesgos.

Ante este panorama, a continuación, se han establecido una serie de instrumentos y técnicas para la correcta recopilación de datos descriptivos:

7.1. Visitas de campo al sistema de abastecimiento

Por medio de recorridos a lo largo de todo el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, se buscarán describir las características del sistema de abastecimiento, los riesgos existentes y los componentes. En este recorrido se realizarán las anotaciones respectivas para la documentación de los hallazgos, además de un registro fotográfico.

7.2. Georreferenciación y análisis espacial

Se obtendrán datos por medio del GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y por medio de la base de datos del AyA, Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), Dirección de Aguas, Registro Nacional e Instituto Geográfico Nacional, para ejecutar la siguiente línea de trabajo:

Georreferenciar los puntos obtenidos en campo, utilizando los *softwares* ArcMap y Qgis se realizará la representación gráfica de los puntos por medio de mapas, indicando aquellos puntos de relevancia para el trabajo: localización de los componentes del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, riesgos existentes, cuerpos de agua de interés, acuíferos, concesiones de agua, poblados, usos de suelo, entre otros aspectos de interés.

7.3. Entrevistas con personal clave

Por medio de consultas y una conversación entre iguales, se pretende contar con una percepción de los colaboradores que administran el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, colaboradores que serán de las diferentes direcciones y unidades operativas de la UEN PyD GAM como: plantas potabilizadoras, mantenimiento de captaciones, desinfección, operación del acueducto, mantenimiento de redes y mantenimiento civil.

7.4. Análisis de datos

Con base en el mapeo de riesgos, se realizará un análisis de los datos y su respectiva valoración de los riesgos; por medio de la matriz, se obtendrá una valorización numérica, conforme se observa en los cuadros 5, 6, 7, 8 y 9. Esta matriz será aplicada por el equipo de

trabajo y apoyada por los colaboradores operativos del Sistema de Abastecimiento ME-A-08- Los Cuadros. La matriz se encuentra separada por cada uno de los módulos o fases detalladas anteriormente como:

7.4.1. Identificación de riesgos

Cuadro 5. Identificación de riesgos

I. Identificación de Riesgos			
Sistema	Tipo de componente	Nombre del componente	Riesgo
ME-A-08 Los Cuadros			

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

7.4.2. Evaluación sin medida de control

Cuadro 6. Evaluación de riesgos

II. Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
Probabilidad	Justificación de probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación de consecuencia	Valor	Resultado	Severidad

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

7.4.3. Identificación de controles

Cuadro 7. Identificación de controles

III. Identificación de controles			
Control	Evaluación del control	Justificación de la Evaluación del control	Clasificación del control

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

7.4.4. Evaluación con medida de control

Cuadro 8. Evaluación con medida de Control

IV. Evaluación con medida de control (riesgo controlado)					
Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

7.4.5. Plan de acción para administrar los riesgos

Cuadro 9. Administración de riesgos

V. Plan de Acción para administrar los riesgos (acciones/medidas)					
Supuesto para selección del plan	Plan de acción o actividades	Inversión requerida	Responsable	Fecha inicio	Fecha finalización

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

7.5. Cronograma de trabajo

Cuadro 10. Cronograma para desarrollo del proyecto

CRONOGRAMA		Última Actualización:	Avance																					
Evaluación del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.		08/08/2022	I trimestre			II trimestre			III trimestre			IV trimestre			V trimestre			VI trimestre			VII trimestre			
Fase	Actividad	Responsable	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	
1	Conformación del equipo:																							
1.1.	Entrevistas con las direcciones operativas	Equipo de trabajo	x																					
1.2.	Solicitud de permisos		x																					
1.3.	Coordinación con colaboradores asignados			x																				
2	Descripción del Sistema																							
2.1.	<i>Caracterización de la cuenca</i>				x																			
2.1.1.	Búsqueda de información base de datos				x	x																		
2.1.2.	Levantamiento de georreferenciación					x																		
2.2.	<i>Caracterización de los componentes del sistema</i>						x																	
2.2.1.	Búsqueda de información base de datos	Equipo de trabajo					x	x																
2.2.2.	Entrevistas a colaboradores							x																
2.2.3.	Levantamiento de georreferenciación							x																
2.3.	<i>Caracterización de la cantidad y calidad del agua</i>								x															
2.3.1.	Búsqueda de información base de datos								x	x														
2.3.2.	Toma de muestras y aforos									x														
3	Determinación de los peligros y eventos peligrosos y evaluación de riesgos																							
3.1.	Conformación y llenado de matriz para la identificación de riesgos	Equipo de trabajo								x														
3.2.	Actualización y llenado de matriz para evaluación del riesgo										x													
4	Determinación, validación de medidas de control y nueva evaluación con la clasificación de los riesgos.																							
4.1.	Actualización y llenado de matriz para la identificación de controles	Equipo de trabajo										x												

CRONOGRAMA		Última Actualización:	Avance																					
Evaluación del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.		08/08/2022	I trimestre			II trimestre			III trimestre			IV trimestre			V trimestre			VI trimestre			VII trimestre			
Fase	Actividad	Responsable	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	
4.2	Evaluación del riesgo con controles identificados													x	x									
5	Elaboración, ejecución y mantenimiento de administración del riesgo																							
5.1	Definición de acciones a tomar con el riesgo	Equipo de trabajo														x	x							
5.2	Determinación de alternativa de solución																	x						
5.3	Determinación valor de inversión y plazos																	x	x	x	x			
5.4	Detalle plan de acción o actividad																			x	x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia.

8. Resultados

Para este apartado, se presentan los resultados de la aplicación de la herramienta de Planes de Seguridad del Agua para la gestión de riesgos del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros. Se realizará una descripción detallada de cada una de las fases indicadas en la [sección 6.6](#) (fases del estudio):

- **Fase 1 (módulo 1).** Conformación del equipo.
- **Fase 2 (módulo 2).** Descripción del SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.
- **Fase 3 (módulo 3).** Determinación de los peligros y eventos peligrosos y evaluación de riesgos sin medida de control.
- **Fase 4 (módulo 4).** Determinación, validación de medidas de control y nueva evaluación con la clasificación de los riesgos.
- **Fase 5.** Elaboración, ejecución y mantenimiento de administración del riesgo (GESTIÓN DEL RIESGO)

8.1. Conformación del equipo

Los criterios determinados para la selección del equipo de apoyo y la realización de PSA se basó en el diagrama detallado en el [cuadro 11](#), es el equipo experimentado y multidisciplinario que comprende el comportamiento y características del sistema de abastecimiento.

Es importante mencionar que un actor primordial para la correcta aplicación del PSA y su seguimiento es aquella figura que cuente con la autoridad en la organización para la toma de decisiones. Por tratarse de un sistema de abastecimiento integral, donde se da un involucramiento de varias direcciones de gestión, se toma la decisión de dejar de lado esta figura. Sin embargo, es primordial la presentación de la herramienta y sus resultados para la correcta gestión de los riesgos identificados dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.



Figura 5. Criterio para conformación equipo PSA.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los criterios establecidos, se procedió a establecer el siguiente equipo de apoyo y de trabajo para el desarrollo del PSA en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros detallado en la figura 5 y desarrollado en el cuadro 11. La selección del equipo busca tener personal multidisciplinario que abarque todos los diferentes procesos del sistema de abastecimiento, además de contar con un criterio técnico que permita acceder a los datos descriptivos para su respectivo análisis y evaluación.

Cuadro 11. Equipo de trabajo PSA.

Cargo	Dependencia	Especialidad	Función
Equipo de trabajo PSA TFG	UTN / AyA	Manejo de Recurso Hídrico	Coordinación, elaboración, monitoreo y seguimiento del PSA.
Equipo de trabajo PSA TFG	UTN / AyA	Manejo de Recurso Hídrico	Coordinación, elaboración, monitoreo y seguimiento del PSA.
Director	UEN PyD GAM	Producción y Distribución Agua Potable	Responsable del Acueducto Metropolitano.
Ingeniero	UEN PyD GAM	Producción y Distribución Agua Potable	Enlace con los miembros del equipo, coordinación, elaboración, monitoreo y seguimiento de los PSA.
Ingeniero	UEN PyD GAM	Producción y Distribución Agua Potable	Vigilancia ambiental de cuencas y recurso hídrico.
Ingeniero	UEN PyD GAM	Producción y Distribución Agua Potable	Optimización de procesos, encargada SEVRI, control interno.
Topografía	UEN PyD GAM	Terrenos y servidumbres	Topografía, identificación de condición de bienes inmuebles institucionales.
Director	Dirección Operación y Control, UEN PyD GAM	Operación y control del acueducto	Responsable Dirección Operación y Control del Acueducto.
Ingeniero	Dirección Operación y Control del Acueducto, UEN PyD GAM	Operación y control del acueducto	Enlace, operación de tanques, válvulas y sistemas del acueducto en general.
Ingeniero	Dirección Operación y Control del Acueducto, UEN PyD GAM	Hidrantes	Encargado de operación y mantenimiento de hidrantes.
Ingeniero	Dirección Operación y Control del Acueducto, UEN PyD GAM	Hidrantes	Enlace, operación y mantenimiento de hidrantes.
Director	Dirección Plantas Potabilizadoras, UEN PyD GAM	Potabilización	Responsable Dirección Plantas Potabilizadoras.
Ingeniero	Dirección Plantas Potabilizadoras, UEN PyD GAM	Potabilización	Enlace, Operación y mantenimiento de infraestructura asociada a procesos de potabilización y control de calidad del agua potable.
Ingeniero	Dirección Plantas Potabilizadoras, UEN PyD GAM	Potabilización	Enlace, Operación y mantenimiento de infraestructura asociada a procesos de potabilización y control de calidad del agua potable.
Ingeniero	Dirección Plantas Potabilizadoras, UEN PyD GAM	Potabilización	Operación y mantenimiento de infraestructura asociada a procesos de potabilización y control de calidad del agua potable.
Director	Dirección Mantenimiento Civil, UEN PyD GAM	Mantenimiento Civil	Responsable Dirección Mantenimiento Civil GAM.
Ingeniero	Dirección Mantenimiento Civil, UEN PyD GAM	Mantenimiento Civil	Mantenimiento obra gris, estado de terrenos y accesos de tomas, nacientes, sistemas de potabilización, sistemas de bombeo, tanques de almacenamiento y obras complementarias.
Inspector	Dirección Mantenimiento Civil, UEN PyD GAM	Mantenimiento Civil	Enlace, Mantenimiento obra gris, estado de terrenos y accesos de tomas, nacientes, sistemas de potabilización, sistemas de bombeo, tanques de almacenamiento y obras complementarias.
Inspector	Dirección Mantenimiento Civil, UEN PyD GAM	Mantenimiento Civil	Mantenimiento obra gris, estado de terrenos y accesos de tomas, nacientes, sistemas de potabilización, sistemas de bombeo, tanques de almacenamiento y obras complementarias.
Director	Dirección Sistemas de Bombeo, UEN PyD GAM	Sistemas de bombeo	Responsable Dirección Sistemas de Bombeo.
Ingeniero	Dirección Sistemas de Bombeo, UEN PyD GAM	Sistemas de bombeo	Enlace, operación y mantenimiento de equipos y procesos de bombeo de agua.
Director	Macrozona Este GAM	Mantenimiento Redes y Conexiones	Responsable Macrozona Este GAM.
Ingeniero	Macrozona Este GAM	Mantenimiento Redes y Conexiones	Apoyo técnico a la dirección de Macrozona.
Ingeniero	Zona 4, Macrozona Este GAM	Mantenimiento Redes y Conexiones	Enlace, mantenimiento de líneas conducción, aducción e impulsión ≤ 500 mm, redes distribución y conexiones.

Fuente: Elaboración propia.

8.2. Descripción del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros

Para tener un mejor panorama y contexto de la ubicación del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, se detallan una serie de características generales de los cantones y distritos que se encuentra dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros. La ubicación espacial del sistema se detalla en la figura 6.

Como se muestra en la figura 6, el sistema se encuentra inmerso entre dos cantones de la provincia de San José: Goicoechea, donde brinda el servicio de agua potable a sectores de los distritos de Ipís, Mata Plátano y Purral; y Vázquez de Coronado, donde se da el servicio al sector alto del distrito de San Isidro y el distrito de San Francisco. Con la finalidad de conocer la distribución del servicio de agua potable dentro de estos cantones, se procede a realizar el cuadro 12, detallando el área porcentual de cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros por cada uno de los cantones y sus respectivos distritos.

Cuadro 12. Distribución espacial del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros por cantones y distritos.

Descripción	Área (ha)	Área de cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros (ha)	Porcentaje de cobertura
Área total Goicoechea	3165,85	243,81	7,70
Área total Ipís	237,2	10,02	4,22
Área total Mata Plátano	777,41	152,35	19,60
Área total Purral	325,08	81,44	25,05
Área total Vázquez de Coronado	22 393,32	94,89	0,42
Área total San Isidro	516,95	94,89	18,36
Área total y porcentaje de cobertura del Sistema Abastecimiento	27 415,81	338,7	2,47

Fuente: Elaboración propia.

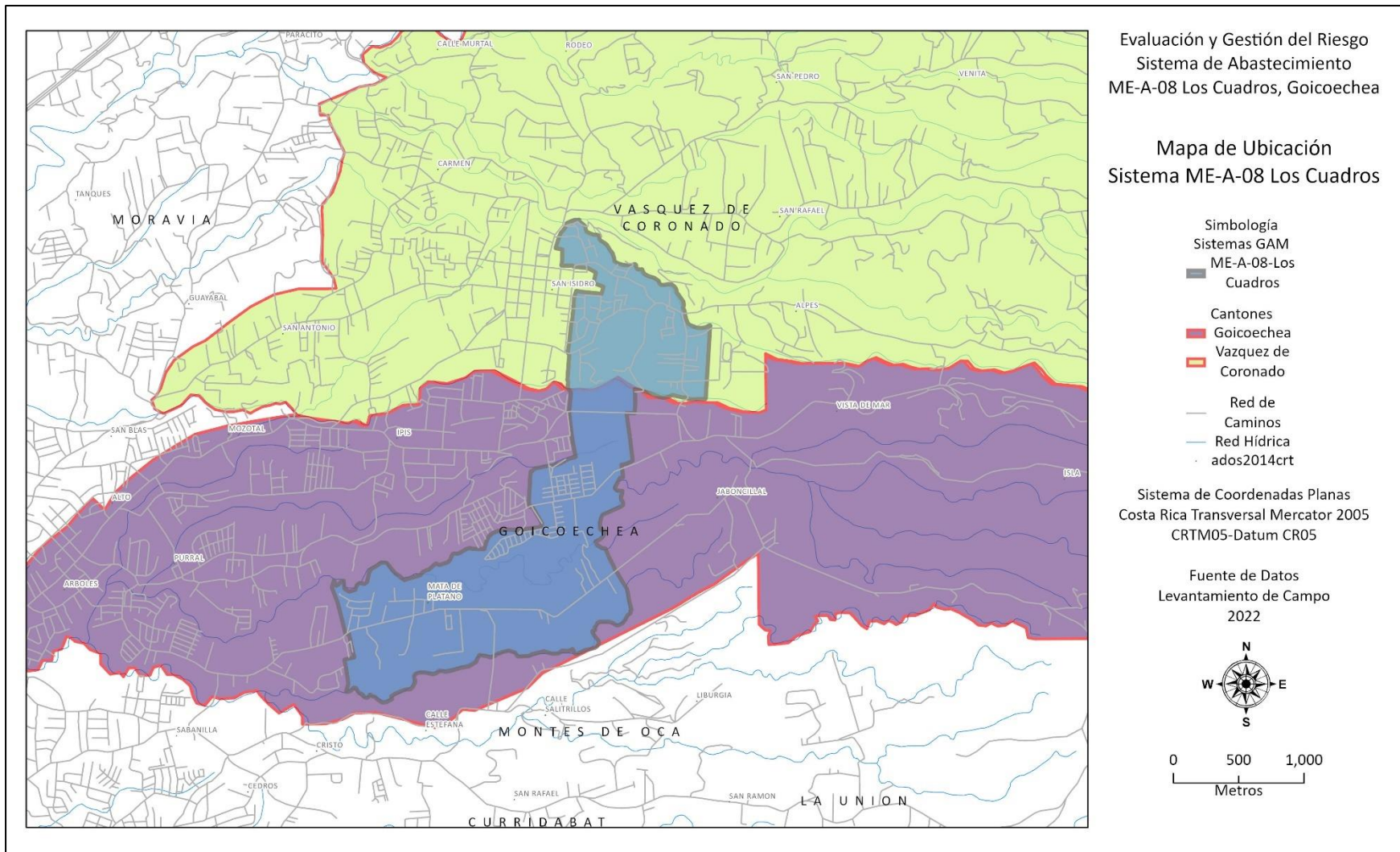


Figura 6. Ubicación espacial del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Fuente: Elaboración propia

Como se enumera en el cuadro 12, el área total de cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros es de 338,7 hectáreas y el cantón que tiene mayor cobertura del servicio de agua potable por medio del sistema de abastecimiento en estudio es Goicochea, principalmente la mayor concentración se ubica en el distrito Purral. Distrito que presenta características particulares que a continuación se detalla de una manera general.

Según el Ministerio de Vivienda y Asentamiento Humanos [MIVAH] (2011), en un diagnóstico comunitario realizado entre enero y junio del año 2011. El distrito Purral se encuentra en el corredor oeste, según la gestión de acciones estratégicas para la problemática del desarrollo habitacional de la GAM, región que experimentó desde los mediados de la década de los setenta un proceso de densificación horizontal extensiva, derivando en la saturación de suelo residencial hasta el anillo de contención metropolitano. Además, el documento de diagnóstico realizado por MIVAH detalla que el sector ha experimentado procesos graduales tales como:

- El deterioro gradual del sistema hídrico y ambiental, en estrecha relación con la cuenca alta del río Virilla y el río Torres.
- El deterioro progresivo del espacio urbano.
- Concentración de pobreza y segregación de masas residenciales. Cabe apuntar que la ciudadela Los Cuadros fue el primer megaproyecto de reubicación ensayado en el país.
- Yuxtaposición del transporte público y caos vial.
- Inseguridad ciudadana y violencia urbana en ascenso.
- Deterioro del equipamiento social y de la infraestructura de servicios.

Estos aspectos, a la luz del trabajo de investigación, constituyen importancia en la toma de consideración para el análisis de riesgos del Sistema de Abastecimiento y su área de cobertura. Además, según información recopilada de las diferentes bases de datos del AyA y visitas de campo, se logran ubicar dos asentamientos informales dentro de la zona de cobertura del sistema de abastecimiento y dentro del distrito de Purral en la comunidad de Los Cuadros mostrados en la figura 7.

Es importante detallar que existen más asentamientos informales; sin embargo, por la inseguridad del sector, no se pudo realizar el levantamiento ni una corroboración de la información. Los otros distritos alimentados por el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros no presentan asentamientos informales.

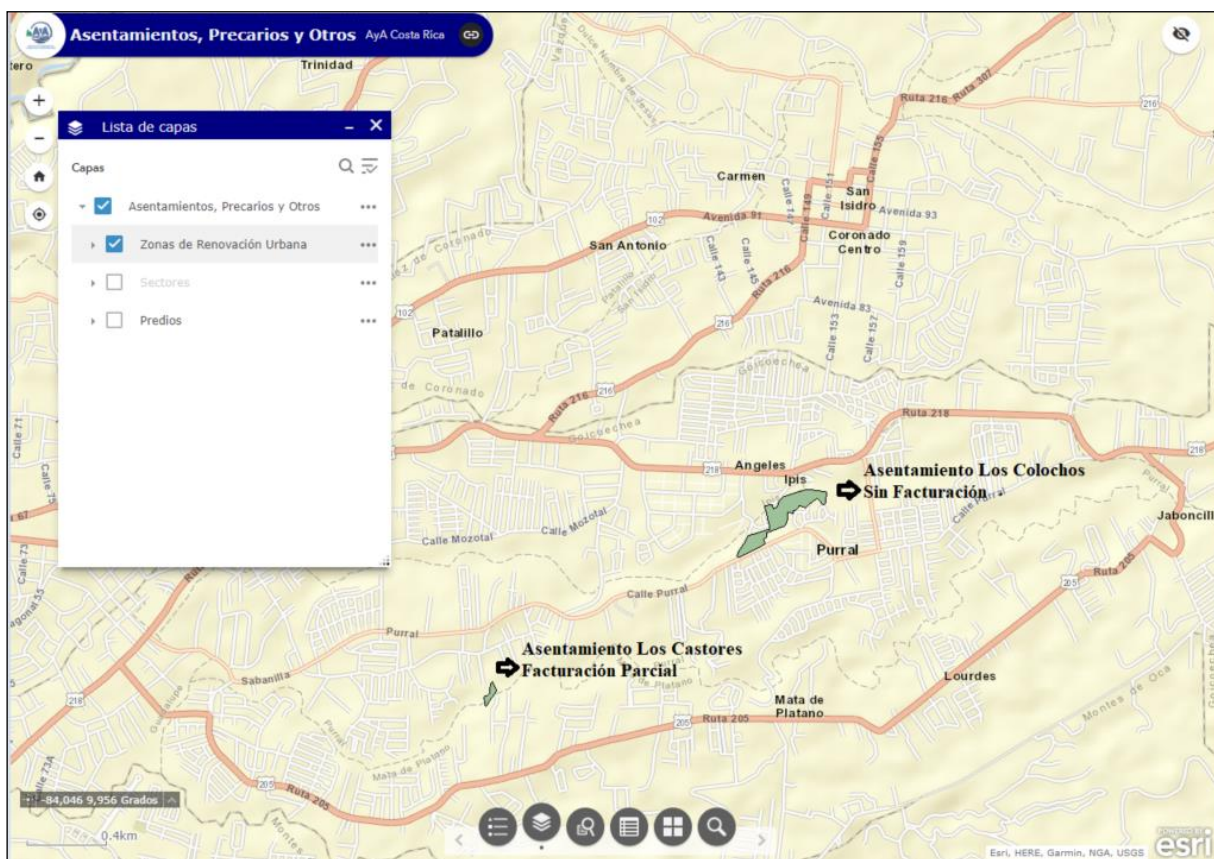


Figura 7. Recorte de ubicación de asentamientos informales.

Fuente: Portal Gis AyA, demarcación propia.

8.2.1. Caracterización de la cuenca

El Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros cuenta con un único aprovechamiento, se trata de la toma superficial sobre río Purral que alimenta la Planta Potabilizadora Los Cuadros. Este río se encuentra dentro de la cuenca del río Grande de Tárcoles y de la subcuenca río Virilla, cuenca que drena a la vertiente del Pacífico. Dentro de la subcuenca del río Virilla se pueden identificar ríos importantes como el Purral, Ipís, Navarro y Durazno, así como algunas quebradas secundarias como Cangrejos, Mozotal, Quebrada Patalillo, Patal y la Barreal. Esta red fluvial se considera el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón.

La toma superficial sobre el río Purral, del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, se encuentra en las coordenadas CRTM05 500099 este - 1101590.122 norte, con una altitud de 1436 msnm. La microcuenca nace en el cantón de Goicoechea, propiamente en el distrito de Rancho Redondo, con una dirección de este a oeste y de noreste a suroeste, patrón que sucede en las cuencas ubicadas en la vertiente del Pacífico, ya que al norte y noreste poseen la divisoria de aguas, conformada por la Cordillera Volcánica Central y se dirigen hacia el sur, suroeste para desaguar en cuencas que desembocan en las costas del océano Pacífico. La microcuenca en específico presenta un área aproximada de 6,72 km² y representa un límite cantonal al norte entre Goicoechea y Vázquez de Coronado y en el sector sur entre Goicoechea y Montes de Oca. Presenta un gradiente altitudinal que va desde los 2060 msnm (Rancho Redondo) y hasta los 1436 msnm (toma superficial), se cataloga como una cuenca pequeña.

Por sus condiciones morfométricas, la microcuenca es poco propensa a sufrir crecidas y posee una tendencia baja para concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento. Se caracteriza por tener picos de crecidas menos súbitos que las cuencas ensanchadas, debido al mayor recorrido que hace el agua de los ríos para llegar al cauce principal. Presenta una forma regular, rectangular y poco alargada, con algunos tramos meándricos, por lo que posee poca tendencia a concentrar volúmenes de escurrimiento, siendo muy accidentada.

Es importante anotar que las áreas detalladas de las microcuencas son calculadas desde su punto de captación y hasta su nacimiento. Además, se estima una precipitación media para

toda la zona de estudio entre 2000 – 3000 mm (IMN, 2019). Asimismo, la microcuenca se rige climáticamente bajo el régimen de la Vertiente Pacífica, caracterizada por presentar dos épocas bien definidas, una seca y otra lluviosa. Presenta un suelo moderadamente ondulado, pendientes de 15 – 30 % en la parte baja de la microcuenca (sector de la captación). El suelo predominante de orden andisoles derivados de materiales volcánicos. La parte alta de la microcuenca presenta pendientes fuertes onduladas de 30 – 60 %.

La zona de vida de la cuenca se caracteriza por ser bosque muy húmedo montano bajo prácticamente en toda la cobertura de la microcuenca. De acuerdo con el mapa geológico de Costa Rica, la micromicrocuenca del río Purral se divide en dos tipos de material, los de tipo volcánico (Qv) y los de tipo aluvial (Qal). Los materiales volcánicos se ubican más hacia la parte baja de la microcuenca, constituido por rocas duras provenientes de lavas, tobas y piroclastos, mientras que los materiales aluviales, corresponden a la parte alta de la microcuenca y a rocas no consolidadas provenientes de depósitos cuaternarios de tipo aluvial y coluvial.

Respecto a la geomorfología en la microcuenca, esta corresponde en su totalidad a formas de origen volcánico, donde la parte alta corresponde a la forma denominada volcán Irazú, compuesta por lahares o avenidas torrenciales de origen volcánico sobre áreas sedimentarias del Pleistoceno. En la parte baja de la microcuenca sobresale la forma denominada Relleno Volcánico del Valle Central, compuesta por planos y mesetas estructurales sobre lahares o avenidas torrenciales de origen volcánico con distintos niveles de terraza en el área y sobre áreas sedimentarias del Pleistoceno.

Dentro de las amenazas identificadas, se pueden mencionar eventos ocurridos que siguen el ciclo anual de la precipitación, presentándose en los meses de septiembre y octubre. La Comisión Nacional de Emergencias (CNE) cataloga la microcuenca como puntos focales de amenazas hidrometeorológicas; estas microcuencas han disminuido su período de renuencia de inundaciones, lo anterior por causa de la ocupación de las planicies de inundación, y el desarrollo urbano que se ha dado en forma desordenada y sin planificación. Por otro lado, el lanzamiento de desechos sólidos a los cauces de estos ha redundado en la reducción de la capacidad

de la sección hidráulica, lo que provoca el desbordamiento de ríos y quebradas, principalmente en la zona media-baja.

Según se desprende de información suministrada por el gobierno local (Municipalidad de Goicoechea, 2022), la actividad sísmica de la zona se encuentra dentro de la región sísmica denominada Valles y Serranías del Interior del País, caracterizada por una gran cantidad de fallas geológicas locales, con eventos moderados (menores de 6,5 Richter) y superficiales (más de 20 km de profundidad). Aunque dentro de los límites del cantón no hay ocurrencia de eventos importantes, se debe considerar la relativa cercanía de fuentes sísmicas que han logrado causar algún tipo de daño, afectando directamente la infraestructura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Con respecto a la amenaza por deslizamiento, el tipo de litología dominante en el cantón (cenizas) favorece la formación de laderas de muy fuerte pendiente. En estos sectores es común que bajo ciertas condiciones se presenten súbitas caídas de materiales que, en algunos casos, tienen consecuencias graves principalmente para tuberías y los diversos componentes de los acueductos.

La ocupación espontánea de los bosques riparios de la microcuenca ha aumentado los niveles de riesgo a padecer desastres. Los ecosistemas ribereños proveen de sus funciones de protección y regulación ante los embates naturales, gracias a su capacidad de estabilización de taludes para prevenir o mitigar derrumbes o la amortiguación de crecidas durante la época de lluvias evitando inundaciones. En consecuencia, la degradación por invasión, explotación y contaminación de recursos han propiciado un desequilibrio de los procesos naturales, incrementando la vulnerabilidad ante eventos naturales de los asentados. La contaminación ambiental del suelo y aguas superficiales y subterráneas, sumado al mal manejo de los residuos sólidos, tiene consecuencias negativas directas en el agua captada en la toma sobre el río Purral.

Dentro de la investigación, se realiza un estudio de asignaciones de caudales para diferentes usos o actividades dentro de la microcuenca, arrojando la información detallada en el cuadro 13, donde se describen los aprovechamientos concesionados ante la Dirección de Aguas

(DA) del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), que se encuentra aguas arriba de la toma superficial del AyA:

Cuadro 13. Asignaciones de caudales superficiales aguas arriba de la toma del río Purral.

Ciente	Detalle	Estado	Tipo	x	y	Provincia	Cantón	Distrito
Inversiones Inmobiliaria El Gabino S.A.	A (Aguas Superficiales)	Archivar sin más tramite	Quebrada	501861.176	1100959.21	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Ana Virgita	A (Aguas Superficiales)	Archivar sin más tramite	Quebrada	501861.176	1100959.21	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Miguel Angel	A (Aguas Superficiales)	Archivar sin más tramite	Quebrada	501861.176	1100959.21	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Empresas Reales S.A.	A (Aguas Superficiales)	Cancelado	Río	503911.897	1101856.95	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
José Manuel	A (Aguas Superficiales)	Cancelado	Nacimiento	503860.637	1100657.14	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Empresas Reales S.A.	A (Aguas Superficiales)	Cancelado	Río	503162.085	1101957.73	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Jose Manuel	A (Aguas Superficiales)	Cancelado	Nacimiento	503860.637	1100657.14	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Propiedades Vista de Mar LTDA.	A (Aguas Superficiales)	Cancelado por vencimiento	Nacimiento	502462.373	1102158.45	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Esmeralda Arce Quesada y Luis Alfredo Molina Blanco	A (Aguas Superficiales)	Cancelado por vencimiento	Nacimiento	502861.17	1101058.15	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Randall Myron y Sara Elizabeth	A (Aguas Superficiales)	Cancelado por vencimiento	Nacimiento	503610.981	1100957.37	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Agropecuaria La Carolina S.A.	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Quebrada	503411.583	1101507.52	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
MAYALVA S.A.	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Nacimiento	505260.586	1100755.65	San José	Cartago	Llano Grande
Chamberlee S.A.	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Nacimiento	502951.332	1101221.03	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Chamberlee S.A.	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Nacimiento	503344.937	1100887.65	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Chamberlee S.A.	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Nacimiento	503082.057	1100973.92	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Curubalde S.A.	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Nacimiento	503643.339	1100352.4	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
Sun Ferns S.A.	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Quebrada	504406.39	1100480.58	San José	Goicoechea	Rancho Redondo
William Francisco	A (Aguas Superficiales)	Otorgado	Nacimiento	503645.345	1100357.4	San José	Goicoechea	Rancho Redondo

Fuente: Elaboración propia con base en SINIGIRH, 2022.

A partir del estudio de asignaciones de caudales, se logra determinar que el 44 % de los aprovechamientos se encuentran en un estado de Otorgado (al día), 39 % se encuentran canceladas y 17 % no se asignó caudal a pesar de la solicitud ante DA (archivar sin más trámite).

Es importante detallar que la información no se corroboró en campo, debido al difícil acceso por propiedades privadas, topografía, escorrentía del río, información errónea (coordenadas de ubicación) y otras. Por ende, se desconoce si los caudales captados corresponden con los caudales asignado por la DA y, además, de las existencias de otros aprovechamientos irregulares. Además, el estudio identifica la concesión inscrita a nombre del AyA y correspondiente al Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros:

Cuadro 14. Asignación de caudal para AyA Toma Río Purral

Aprovechamiento	Id. Expediente	Estado	Fecha Vencimiento	Caudal (l/s)
Río Purral	602	Otorgado	ND	70

Fuente: SINIGIRH, 2022.

Dentro del análisis y búsqueda de información correspondiente al uso de suelo en la microcuenca, se logra determinar la existencia de limitantes asociadas al grado de pendiente del suelo, principalmente en los poblados Rancho Redondo y parte alta de Mata Plátano, sectores donde nace la red hídrica de la micromicrocuenca del río Purral. A pesar de las limitaciones existentes, se logra identificar una serie variada de usos de suelos dispersos en toda la microcuenca, para lo cual se utilizaron los Índices de Fragilidad Ambiental (IFAS) de Planificación Regional y Urbana de la GAM PRUGAM.

Las figuras [8](#) y [9](#) detallan gráfica y porcentualmente la cobertura para cada uno de los usos de suelo identificados en la cuenca:

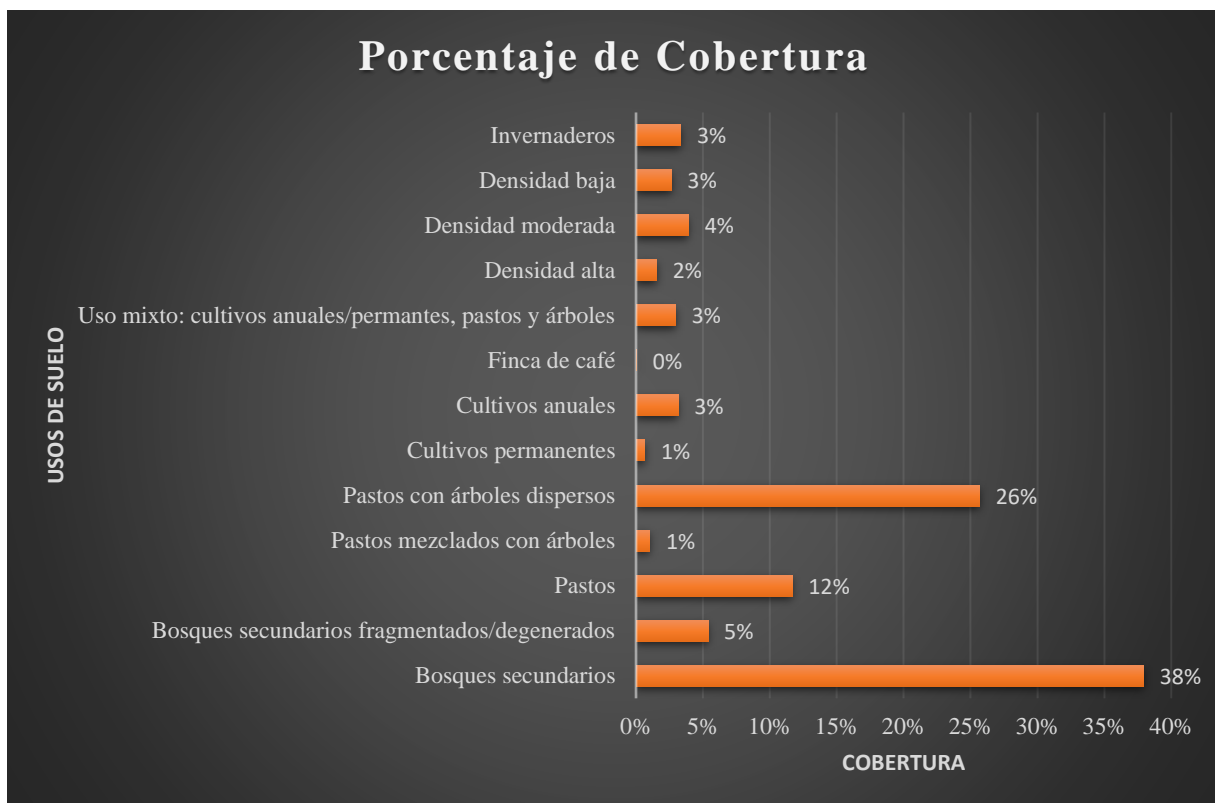


Figura 8. Porcentaje de cobertura por usos de suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en las figuras 8 y 9, el uso de suelo predominante en la microcuenca se encuentra asociado a bosques secundarios, cobertura relacionada con los bosques que se encuentran a las orillas de la red hídrica, propiamente las zonas de protección de estos cuerpos de agua. Por otro lado, se evidencia otra cobertura de suelo importante, como lo son pastos con árboles dispersos y pastos, así como terrenos utilizados en el sector agropecuario principalmente para la ganadería de leche, siendo un uso extensivo e intensivo.

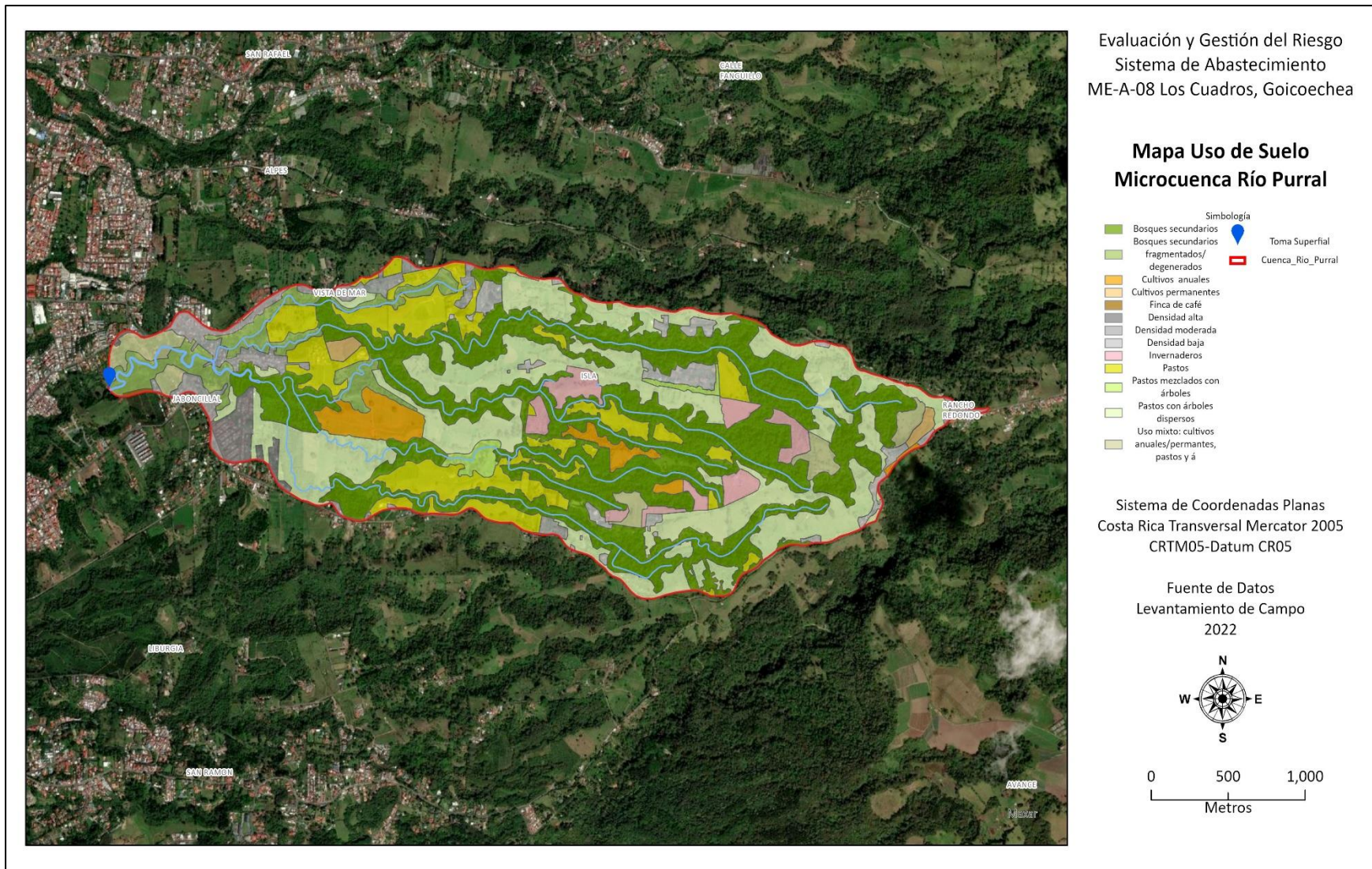


Figura 9. Cobertura por usos de suelo en la microcuenca río Purral.

Fuente: Elaboración propia con base en IFAS.

8.2.2. Caracterización de los componentes del Sistema de Abastecimiento ME-A-08- Los Cuadros

Con la finalidad de contar con una correcta información sobre las características y funcionamiento del Sistema de Abastecimiento ME-A-08-Los Cuadros, en primera instancia, se realiza una descripción por medio de la figura 10, en la cual se detalla que el sistema de abastecimiento cuenta con único aprovechamiento desde el río Purral, transportando el agua cruda mediante dos líneas de aducción, un sistema de potabilización de filtros rápidos, líneas de conducción e impulsión, cinco tanques de almacenamiento, tres sistemas de bombeo y toda una red de tuberías de distribución a los usuarios.

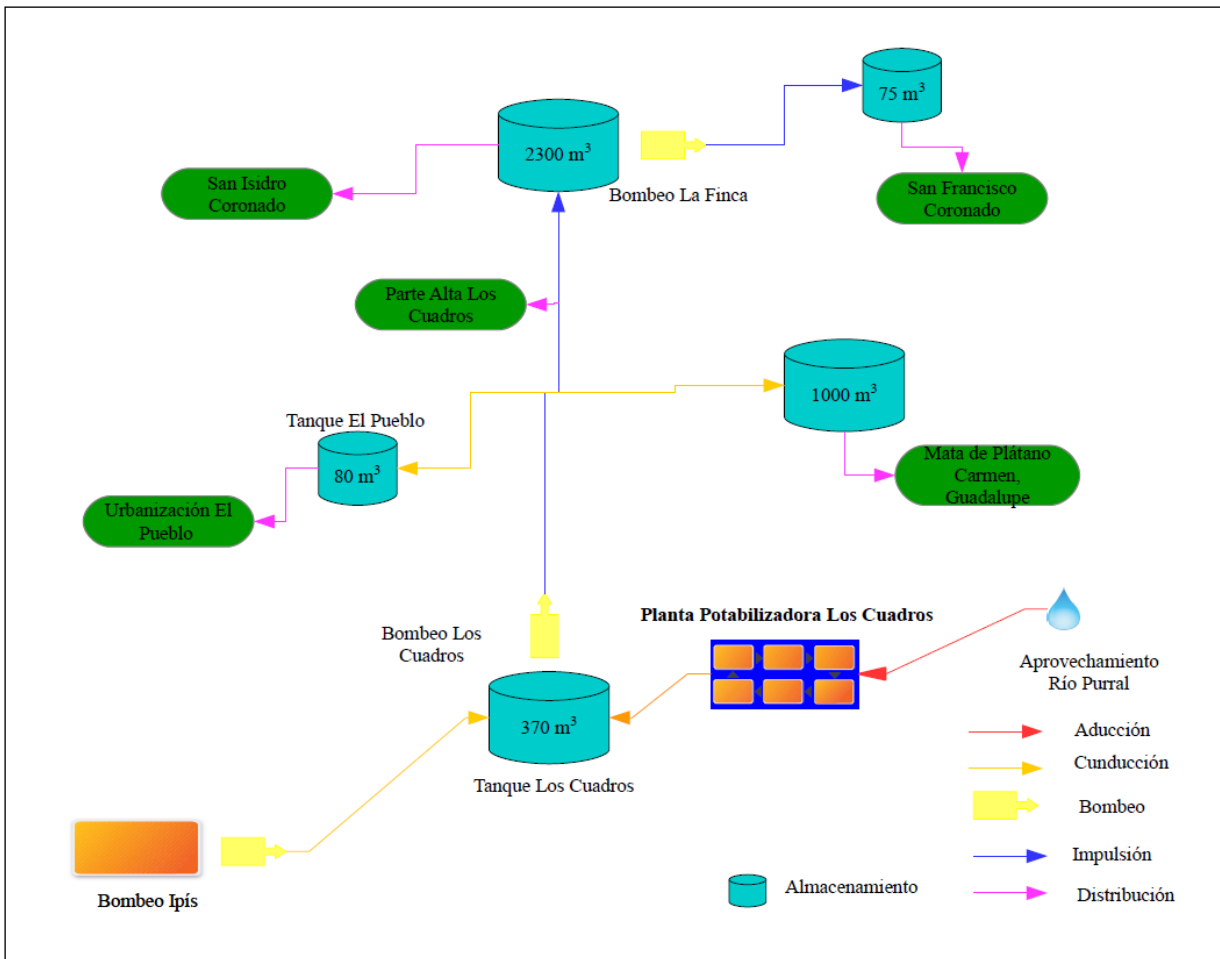


Figura 10. Diagrama de flujo del funcionamiento Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2.1. *Aprovechamientos del sistema de abastecimiento*

Como se ha descrito anteriormente, el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros cuenta con único aprovechamiento, que se ubica en el terreno con número de finca 1-226584-000, a nombre del AyA. Las características generales del aprovechamiento se describen en el cuadro 15:

Cuadro 15. Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, características del aprovechamiento.

Código Aprovechamiento	Nombre de Aprovechamiento	Tipo de fuente	Cuenca, Subcuenca y Microcuenca	Este CRTM05	Norte CRTM05	Medición mínima histórica	Caudal inscrito	Propiedad del prestador de servicio	Área silvestre protegida	Inspecciones sanitarias	Programa Ambiental
MEA08AP001	Río Purral	Superficial	C: río Grande de Tárcoles, SC: río Virilla, M; río Purral	500098	1101588	11	70	Si	No se ubica en AP	Anual	Programa de sello de calidad Agua Potable

Fuente: Elaboración propia con base en información de la UEN PyD GAM.

8.2.2.2. *Componentes de potabilización*

Como el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros cuenta con un aprovechamiento de tipo superficial y con la finalidad de cumplir con el marco jurídico que regula la calidad del servicio de agua potable, el sistema de abastecimiento cuenta con un método de potabilización para el cumplimiento de la normativa vigente. Los componentes de potabilización inician con una bocatoma de rejillas de tipo fondo, el sistema de desarenado y, posteriormente, con una planta potabilizadora con capacidad para potabilizar hasta 90 l/s.

La planta potabilizadora está conformada por un canal Parshall, dos floculadores hidráulicos horizontales, tres sedimentadores laminares de flujo ascendente con diseño de primera generación, cuatro filtros rápidos de medio dual de tasa declinante con retrolavado mutuo en flujo ascendente, el equipo de desinfección y la unidad de almacenamiento. Además, cuenta con un edificio de operaciones y cuenta con bodega, laboratorio, tolvas de reactivos, generador eléctrico, así como también una casa de habitación, en donde reside un funcionario de la unidad de operación de captaciones (habitualmente, es la jefatura inmediata quien vive en la casa).

En la planta potabilizadora se dan procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Mediante análisis fisicoquímicos se controla los rangos de operación de la planta potabilizadora, así como la eficiencia del proceso. Entre los análisis físico-químicos comprende: turbiedad, color, pH, alcalinidad, Aluminio y cloro residual.

El personal operativo está conformado por al menos cuatro funcionarios con nombramientos de: un Jefe Técnico Especialista en Tratamiento de Agua Potable y tres Técnicos Especialistas en Tratamiento de Agua Potable, también una plaza disponible de Técnico en Tratamiento de Agua Potable. El [Anexo II](#) describe las responsabilidades de cada funcionario.

8.2.2.2.1. Entrevista con Ing. Víctor Maldonado sobre el diseño y funcionamiento de la Planta Potabilizadora Los Cuadros

Se realiza entrevista vía la plataforma Zoom con el Ing. Víctor Maldonado, con base en su experiencia como consultor e instructor internacional, profesor universitario, especialista de diseño, evaluación y operación de plantas potabilizadoras, así como consultor y especialista en formulación de proyectos de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. El señor Maldonado es Magister en Tratamiento de Aguas y Reúso de Desechos por la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú) e Ingeniero Sanitario colegiado en el Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú desde 1990 (Ingeniería Sanitaria, 2022).

Por medio del uso de la plataforma digital Zoom, se comparte imagen de los planos de diseño de la Planta Potabilizadora Los Cuadros (ver [Anexo IV](#)). Se consulta al Ing. Maldonado si el diseño observado de la planta se puede considerar como la respuesta considerada oportuna para la tecnología y el conocimiento de los ingenieros de la época, en cuanto al mejor desempeño, según la disponibilidad y cantidad de agua. Lo anterior porque en la actualidad con caudal máximo y principalmente en época lluviosa (aunque no exclusivamente), es una planta que requiere lavados semanales o incluso dos veces por semana en la zona de sedimentación, mientras que los floculadores un lavado por semana o cada dos semanas. La batería de filtros requiere entre dos y tres lavados diarios, la sumatoria de estos lavados es una condición reflejada en mayor pérdida de agua. En época seca, el estiaje de la cuenca y la mejoría fisicoquímica en

las condiciones del agua cruda permite extender el requerimiento de lavados, con la limitante de existir mayor incremento de la degradación microbiológica.

El Ing. Maldonado confirma que el poco espacio en la sección de ingreso al sedimentador potencia el requerimiento de lavados en mayor cantidad a lo normal, así como el dimensionamiento adoptado por la ingeniería de la época en la sección de la tolva de lodos, lo cual no favorece la extracción del lodo mediante el método de purgas intermitentes. Este error de cálculo fue perfeccionado en los sedimentadores de segunda y tercera generación.

El Ing. Maldonado comenta que, para el caso de los floculadores, resulta oportuno realizar un estudio de campo y de laboratorio, para, de esta manera, determinar si las gradientes de funcionamiento son las preferentes, no necesariamente las originales del diseño, porque a través del tiempo (degradación de la calidad del agua) han podido sufrir variación.

Sobre el dimensionamiento de los filtros a $21,16 \text{ m}^2$ y tasa de filtración de $367,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ (para caudal máximo de 90 l/s), el Ing. Maldonado refiere estar de acuerdo como adecuado para el caudal y que la tasa es indiferente a la cantidad de lavados diarios, dado que no es normal la cantidad de lavados diarios. Sobre el porcentaje de expansión del medio filtrante durante el retrolavado (recomendado de 25 a 30%), menciona que debe ser el dato del promedio durante todo el tiempo que dura el lavado y no necesariamente el valor inicial.

Al consultarle si realizar el cambio de medio filtrante cada 2 años es prudente, como indica el Reglamento N°2001-175 (2001), el Ing. Maldonado aclara que el cambio del medio filtrante no necesariamente obedece a un periodo de tiempo definido, pudiendo ser de hasta ocho años en el mejor de los casos. Se le indica que el último cambio de medio filtrante fue en agosto del año 2021 y el anterior cambio fue en el año 2016. Recomienda revisar el medio filtrante y que los lechos estén separados y ver si se observa mezcla de arena y antracita, lo que indica automáticamente es producto por mala selección granulométrica de ambos materiales. También menciona que la presencia de hierro y manganeso provoca un desgaste más rápido de los medios filtrantes (ver valores de la presencia de estos parámetros en [Anexo III](#)). Asimismo, el Ing. Maldonado indica la necesidad de trabajar la batería de filtros con modalidad de tasa declinante.

El ingeniero recomienda disponer de pretratamiento, en este caso, un presedimentador, así como medición de turbiedad en agua cruda de forma constante. Como la planta potabilizadora Los Cuadros no dispone de diseño para filtración directa, valorar cómo hacer funcionar sin floculación cuando las turbiedades crudas son menores a 5 UNT, dado que flocular aguas de esta calidad implica trabajar con mecanismo de barrido, lo cual produce flóculos hidratados que atraviesan con gran facilidad el medio filtrante.

8.2.2.3. Sistema de desinfección

La desinfección se realiza por medio de cloro gas. El sistema de desinfección dispone de dos equipos con intercambiador para funcionar por separado dosificando en simultaneo con capacidad de 0 – 100 lb/d (dosificaciones máximas de 5,8 mg/l de cloro por cada equipo para caudal de 90 l/s). La regularización de la dosificación es realizada por el técnico de la planta potabilizadora. Los funcionarios de la Unidad de Desinfección son los responsables de realizar el mantenimiento preventivo al menos una vez por semana o correctivo, a petición del personal de la planta potabilizadora en turno de operación.

El personal de la planta se encarga del cambio de cilindros, capturar las muestras, realizar el respectivo ensayo del cloro residual y controlar la dosificación en el punto de almacenamiento denominado postdesinfección. También se predesinfecta desde mediados del año 2021 cuando las condiciones fisicoquímicas del agua cruda lo permiten ³. El control de los resultados de muestreos y registros de dosificaciones se realiza como mínimo cada hora. En la red de distribución, el control es aleatorio por personal de la Unidad de Desinfección, Mantenimiento de Redes y los controles programados del LNA.

El sistema de desinfección, la planta potabilizadora y el sistema de bombeo se ubican en propiedad del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), de manera posesoria.

³ Para esta planta, no se dispone de estudios de los efectos de la precloración y la posible formación de subproductos de la desinfección. Desde el año 2021 se implementó la predesinfección con cloro y prudentemente cuando las condiciones de color del agua son inferiores a 50 UC.

8.2.2.4. *Tanques de almacenamiento*

El cuadro 16 detalla las características principales de los diferentes tanques de almacenamiento que se encuentran dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Cuadro 16. Características de los tanques de almacenamiento del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Código	Nombre del tanque	Tipo	Volumen (m ³)	Tipo de tanque	Tipo de material	Estado del tanque	Estado de la pintura	Frecuencia de Mantenimiento	Propiedad del prestador del servicio
MEA08TA001	Cuadros	Tanque de almacenamiento	370	Asentado	Concreto	Bueno	Buena	Anual	No
MEA08TA002	El Pueblo*	Tanque de almacenamiento	80	Asentado	Acero	Regular	Regular	ND	No
MEA08TA003	La Finca 1	Tanque de almacenamiento	2300	Asentado	Concreto	Bueno	Sin Pintura	Anual	Si
MEA08TA004	La Finca 2 (Metálico La Finca)	Tanque de almacenamiento	75	Elevado	Acero	Bueno	Buena	Anual	Si
MEA08TA005	El Carmen de Goicoechea	Tanque de almacenamiento	1500	Asentado	Concreto	Bueno	Sin Pintura	Anual	Si

Fuente: Elaboración propia con base en datos UEN PyD GAM.

En las visitas realizadas al Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, se verifica que el tanque de almacenamiento El Pueblo se encuentra fuera de operación, debido a vandalismos realizados en el terreno, cerramiento perimetral, válvulas de control hidráulico, válvulas de cierre y tuberías internas.

Como se detalla en el cuadro 16, el sistema de almacenamiento se encuentra conformado por 5 tanques, de los cuales uno se encuentra fuera de operación (tanque el Pueblo) y, actualmente, se estima un volumen de almacenamiento para todo el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros de 4225 m³. Además, de manera general y excluyendo el tanque El Pueblo, los tanques se encuentran en un estado general determinado como “bueno” para el correcto almacenamiento y resguardo de la calidad del agua potable a distribuir.

8.2.2.5. Sistema de bombeo

La recopilación de características de operación de la estaciones o sistemas de bombeo se detallan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, características de estaciones de bombeo.

Estación de Bombeo	Presión de salida de las bombas (PSI)	Presión en Tubería (PSI)	Caudal de operación (l/s)	Caudal de diseño (l/s)	Propiedad del prestador del servicio
Los Cuadros	135	120	92	83	No
La Finca	65	ND	8.7	10	Si
Ipís	75	68	130	134	No

Fuente: Elaboración propia.

El Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros cuenta con tres estaciones de bombeo, de las cuales los bombeos Los Cuadros y La Finca impulsan el agua potabilizada de la planta a los diferentes tanques de almacenamiento detallados en el apartado anterior. Propiamente la estación Ipís impulsa el agua del Sistema de Abastecimiento ME-A-01 Tres Ríos para dar apoyo y respaldar de servicio de agua potable en horas de alta demanda al Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, o bien cuando se presenten problemas de operación en la planta potabilizadora Los Cuadros, situaciones normalmente asociadas con la mala calidad de agua captada en la toma superficial. A este tipo de maniobra operativa se le conoce como “trasvase”, ya que se traslada agua de un sistema de abastecimiento a otro.

En términos generales, las estaciones de bombeo se encuentran en buen estado y cuentan con programada de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo a cargo de la Dirección de Bombeo de la GAM. Dicha dirección cuenta con un operador a cargo de realizar inspecciones diarias en todas las estaciones de bombeo para verificar el adecuado funcionamiento de los equipos.

Como se detalla en el cuadro 17, las estaciones de bombeo se encuentran cercanos a su máxima capacidad de impulsión, según diseño. Además, un gran porcentaje de los terrenos

donde se ubican las estaciones no son del AyA, esto implica afectación directa para futuras ampliaciones a la capacidad de bombeo y de infraestructura, en general, por encontrarse en propiedad de terceros, ya que no se puede realizar el desarrollo de obra pública dentro de propiedad que no se encuentran a nombre del AyA. Asimismo, se pueden presentar reglamos administrativos y legales por los titulares de los inmuebles, representando un desgaste institucional de recursos económicos, tiempo, de capital humano y posiblemente afectando directamente la operación adecuada de las estaciones de bombeo.

Es importante acotar de la existencia de una estación de bombeo con el nombre de Vista de Mar, estación que impulsa el agua producida en la Planta Potabilizadora de Los Cuadros para apoyar al Sistema de Abastecimiento ME-A-28 Vista de Mar. Para efectos de este trabajo, se contempla esta estación dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-28 Vista Mar y no dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

8.2.2.6. Tuberías de aducción, conducción y distribución

Los colaboradores de Mantenimiento de Redes zona IV, Dirección de Macrozona Este, son los que se encuentra a cargo del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de las líneas de aducción, conducción y distribución. Se logra identificar que las diferentes redes o líneas presentan diversos materiales: Policloruro de Vinilo (PVC), Hierro Fundido (HF) y Asbesto de Cemento (AC). Se logra determinar tuberías de gran antigüedad como lo son las fabricadas a partir del asbesto de cemento, tuberías que se dejaron de producir hace ya varias décadas e incluso se tienen sospechas de posibles afectaciones a la salud. Asimismo, por tratarse de tuberías que fueron instaladas hace bastantes años, pueden presentar un grado importante de deterioro, principalmente en sus juntas que se erosionan con el pasar de los años, ocasionando escapes importantes de agua, afectando directamente el agua no contabilizada o pérdida de caudal en la entrada de la planta potabilizadora.

Con respecto a los diámetros de las tuberías presentes en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, se determina diámetros desde los 12 mm hasta los 300 mm.

A continuación, los cuadros 18 y 19 detallan una descripción más amplia de las diferentes tuberías existentes en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Cuadro 18. Longitud de tubería por tipo de material Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Longitud por Material de Tubería (Km)				
Material	Aducción	Conducción	Distribución	Total
PVC	NA	4.03	57.23	61.26
AC	1.45	1.77	0.31	3.52
HF	1.42	NA	3.09	4.51
Sub-Total	2.87	5.8	60.63	69.29

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19. Longitud de tubería por diámetro Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Longitud por Material de Tubería (Km)				
Diámetro	Aducción	Conducción	Distribución	Total
25	NA	NA	0.92	0.92
38	NA	NA	1.58	1.58
50	NA	NA	9.36	9.36
75	NA	NA	11.88	11.88
100	NA	NA	28.52	28.52
12	NA	NA	0.82	0.82
150	NA	NA	5.29	5.29
200	NA	NA	2.25	2.25
250	1.45	2.81	NA	4.26
300	1.42	2.99	NA	4.41
Sub-Total	2.87	5.8	60.62	69.29

Fuente: Elaboración propia con base en GIS Dirección UEN PyD GAM.

Se logra realizar una investigación sobre los terrenos afectados por paso de tuberías y se determina que el 96 % de las tuberías se encuentra por calle pública, administración municipal y Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el otro 4 % se halla en propiedad privada y corresponden a las líneas de aducción (figura 11). Se determina que este porcentaje de tubería no cuenta con servidumbre de paso y de mantenimiento a favor del AyA, afectando directamente su mantenimiento correctivo y preventivo. Asimismo, según visitas realizadas actualmente, no se cuenta con un acceso adecuado a las líneas de aducción, siendo un punto de alta vulnerabilidad del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros y más aún si es asociado

con el material de las tuberías (AC) y de su importancia para el transporte del agua cruda a la planta potabilizadora Los Cuadros.

Por otro lado, al no contar con servidumbres inscritas a nombre de la institución, en gran parte de las líneas de aducción, el AyA se encuentra limitado en el desarrollo de obras para el mejoramiento del sistema, pues debe realizar la regularización de los terrenos en este punto, antes de iniciar cualquier gestión de un nuevo proyecto para el mejoramiento de las líneas.

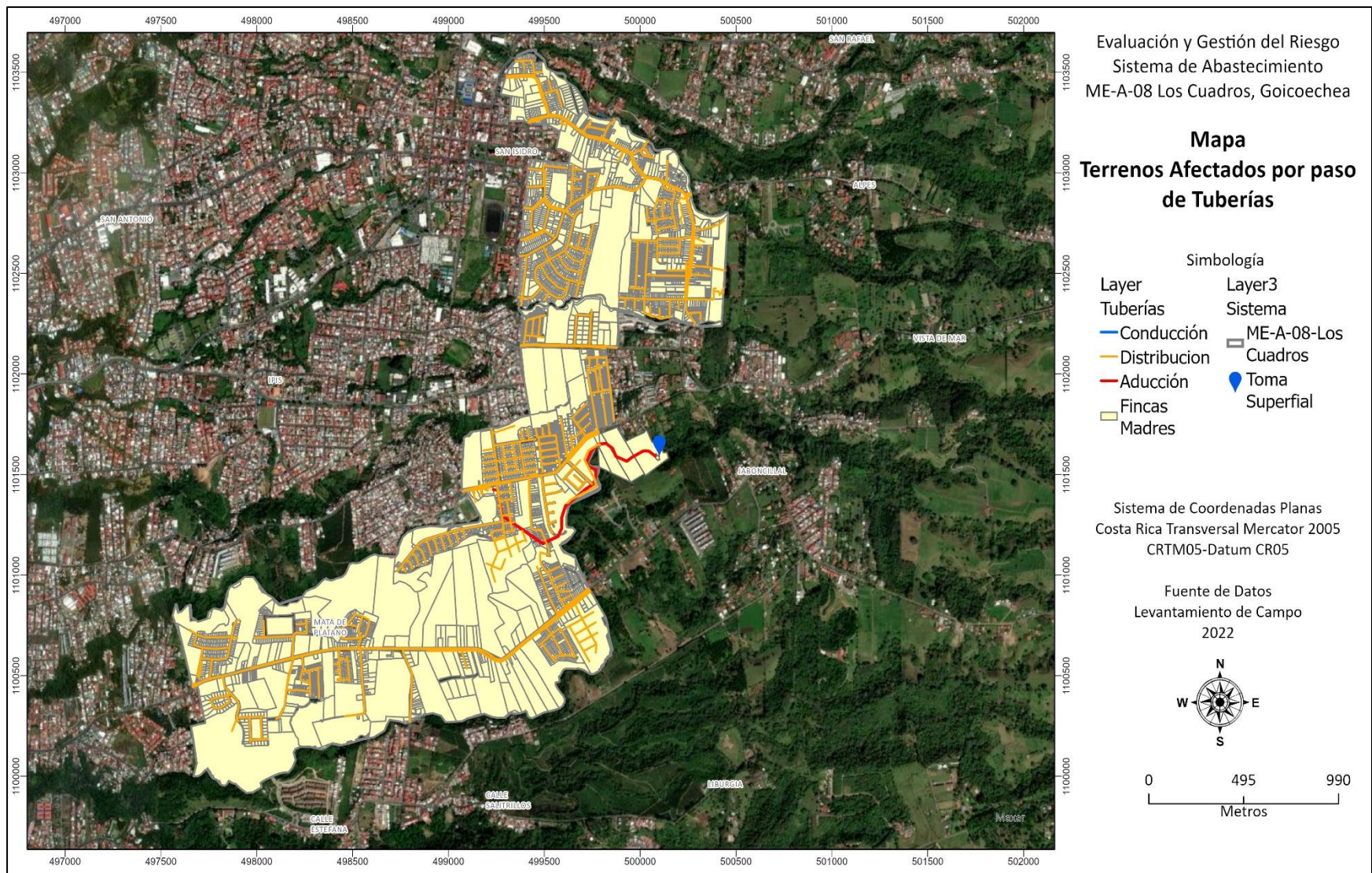


Figura 11. Catastro, de terreno afectados por tuberías

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Registro Nacional / UEN PyD.

Con la finalidad de contar con las diferentes características del sistema y de sus componentes, se detalla el mapa general de todo el sistema ([Anexo V](#)), mapa donde se identifica la distribución del sistema y sus componentes en la comunidad. En este, se observa el contexto natural en el que está inmerso, con el propósito de contar con un contexto general, en aras de identificar posibles riesgos no detallados en las entrevistas o visitas de campo.

8.2.2.7. *Usuarios del sistema de abastecimiento*

Las tarifas se encuentran categorizadas según el tipo de servicio que utilice el usuario. Dentro del esquema de tarifas, se pueden citar las categorías domiciliar, ordinaria, reproductiva, preferencial y gobierno. Además, se cuenta una plataforma de servicio de atención al usuario y sistemas informáticos para llevar los controles de medición, facturación y de atención a los usuarios.

En un estudio realizado al sistema catastral comercial del AyA, se logra determinar la existencia de 5136 hidrómetros en total dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, de los cuales 4923 son de tipo de tarifa domiciliar, servicios que alimenta de agua potable a las viviendas, de los cuales 4056 presentan un consumo regular, servicios que se encuentran dentro del promedio de consumo general (25 m³). El detalle completo y su segregación, según tipo de usuarios y consumos presentados (históricos) se puede ver en los cuadros 20, 21 y la figura 12.

Cuadro 20. Distribución de hidrómetros según tipo de usuario en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Detalle por tipo de Usuario	Domiciliar	Domiciliar/Comercial	Domiciliar/Industrial	Gobierno	Preferencial	Total Conexiones
Cantidad de Usuarios	4923	68	118	1	26	5136

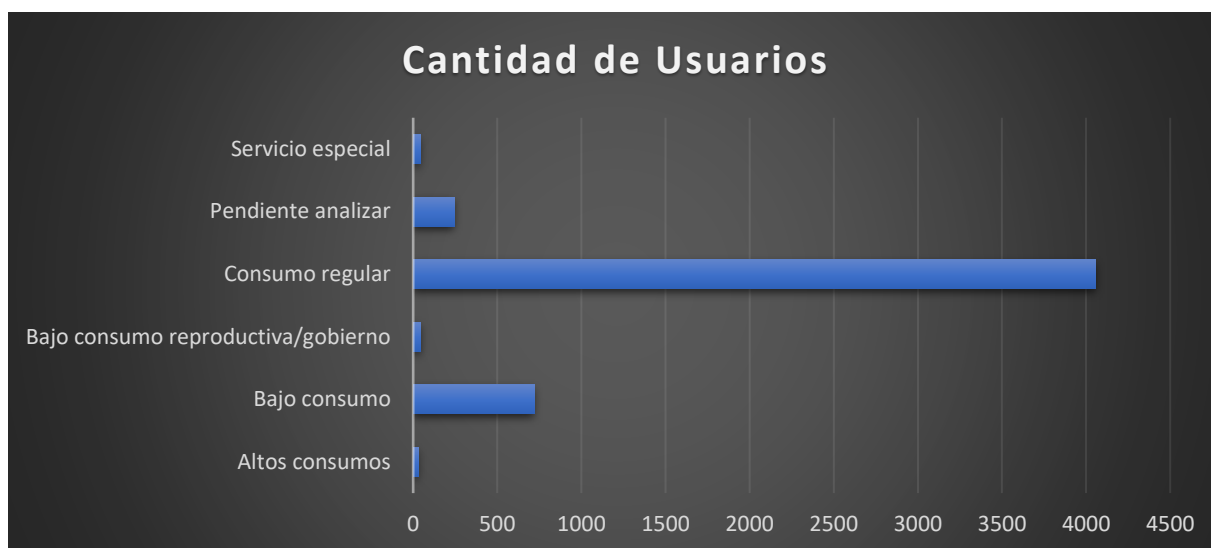
Fuente: Elaboración propia con base en sistema Comercial integrado, AyA.

Cuadro 21. Distribución de hidrómetros según tipo consumo en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Detalle por tipo de Consumo	Altos consumos	Bajo Consumo	Bajo consumo reproductiva	Consumo regular	Pendiente analizar	Servicio especial	Total Conexiones
Cantidad de Usuarios	30	720	44	4056	245	41	5136

Fuente: Elaboración propia con base sistema Comercial integrado, AyA.

Figura 12. Rango de consumo según el tipo de usuario.



Fuente: Elaboración propia con base sistema Comercial integrado, AyA.

Se realiza la representación geográfica de los usuarios en la figura 13, con una base de imagen satelital y se logra verificar que en la cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros existe infraestructura que se encuentra sin tener asociado un hidrómetro. Esto puede deberse a falta de levantamiento espacial, usuarios irregulares comercialmente, autoabastecimiento, otros.

El existir estas áreas del sistema sin una cobertura de medición de consumo del servicio de agua potable hace que se afecte directamente la recaudación económica por el servicio de agua potable; además, eleva los costos de operativos y principalmente el agua no contabilizada, que según estudios reciente y de manera en general en el AyA ronda el 50 % en todos sus sistemas.

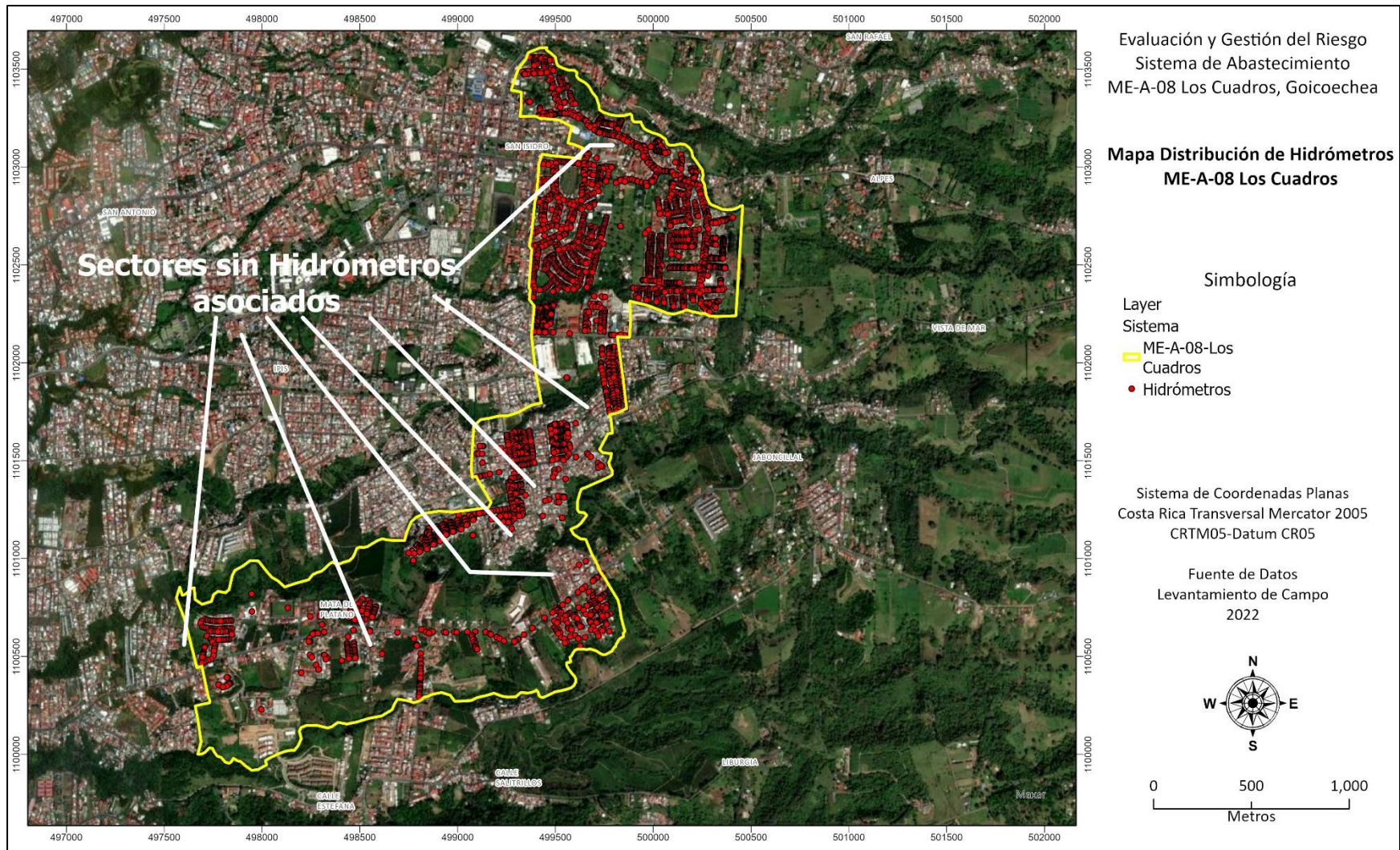


Figura 13. Distribución de hidrómetros Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros

Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Comercial AyA / UEN PyD.

8.2.2.8. Identificación del personal operativo dentro del sistema de abastecimiento

Personal de plantas, bombeos y del centro de control operacional trabajan 24 horas para garantizar la correcta operación de los sistemas y brindar la continuidad en el suministro de agua potable a la población. Además, funcionarios encargados de mantenimiento de redes de tuberías, líneas de conducción y operación del sistema de acueducto cuentan con disponibilidad para atención de emergencias en cualquiera de sus campos de especialidad, con tal de restablecer el servicio con la mayor brevedad posible.

Desde el centro de control se monitorea el comportamiento de los sistemas de abastecimiento y se coordina la atención de eventos de emergencia que afectan el suministro de agua a la población. Del mismo modo, se solicita apoyo de cualquiera de las direcciones para la ejecución de maniobras operativas que se necesiten para mejorar las condiciones del servicio.

8.2.2.9. Caracterización de la calidad y cantidad del recurso hídrico

En este apartado se inicia con el acceso en la base de datos de aforos históricos aguas arriba del punto de captación de la toma sobre el río Purral. Se logran obtener datos en un periodo comprendido entre marzo de 1999 y hasta la fecha, presentando un caudal mínimo de 48 l/s, caudal reportado en marzo del 2002. La microcuenca presenta un caudal promedio, en punto de captación, de 267,38 l/s y presentó un caudal máximo de 1098 l/s en octubre del 2008. El cuadro 22, con base en información del [Anexo VI](#), detalla un resumen de los datos obtenidos de los aforos realizados. De acuerdo con la información recopilada, la cantidad del recurso como agua cruda no se encuentra limitada para su captación y potabilización excepto en algunos meses de la estación seca por las condiciones de estiaje del río Purral.

Cuadro 22. Resumen de caudales medidos en río Purral.

Valor (l/s)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Caudal Máximo	255	200	98	81	258	494	608	606	975	1098	831	968
Caudal Promedio	172.6	129.8	77.9	63.6	89.5	206.3	286	227.8	414.6	506.5	559.6	413.8
Caudal Mínimo	103	103.2	56	54	49	72	99	80	88	90	239	166.3

Fuente: Estudios Básicos UEN Gestión Ambiental, AyA.

Con respecto a la calidad del agua cruda en la toma superficial, se tomará la información suministrada por el (LNA) de su base de datos en análisis microbiológicos (2011 al 2016) y físico-químicos (2010 a 2021), realizados por el LNA con una periodicidad mensual. El estudio de dichos datos permite identificar que dentro de los riesgos más altos del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros se asocia con la calidad del agua cruda procedente del río Purral, por la presencia de: aluminio, hierro, turbiedad y contaminación microbiológica. El cuadro 23 muestra resultados de coliformes totales del periodo del 2011 al 2016.

Cuadro 23. Resumen de coliformes totales medidos en río Purral

Año	Min	Promedio	Max
2011	930	8020.91	46000
2012	430	4793.64	15000
2013	240	4916.67	15000
2014	240	4897.27	24000
2015	430	25252.5	110000
2016	930	6194.29	24000

Fuente: Elaboración propia con base en información Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.

La toma superficial sobre el río Purral se encuentra dentro de las diez peores fuentes de agua superficial para consumo humano en Costa Rica, según el estudio de calidad estudio de calidad microbiológica de las fuentes de agua superficiales utilizadas para abastecimiento de agua potable en Costa Rica, siendo el aprovechamiento con peor calidad microbiológica. Según la base de datos del LNA, desde el año 2017 a la fecha, el promedio por coliformes fecales 100 ML⁻¹ es de 2958, siendo la última muestra de >21419,6 (23/04/2021). Estos parámetros identifican que la fuente de agua del río Purral presenta mayor cuidado en el proceso de potabilización, incrementado la periodicidad y rigurosidad de controles, así como los costos asociados en todo el proceso de potabilización.

La contaminación de origen antropogénico es la causa principal de la degradación de la calidad del río Purral, ejemplo de ello es la contaminación por lixiviados de botaderos de basura clandestinos ha sido uno de los principales problemas en años previos, como sucedió el 14⁴ de marzo del 2002 (Mata, 2003), producto del incendio de un botadero clandestino ubicado en 9°57'47.50"N 83°59'34.54"W. La quema en cuestión se descontroló en su momento y los bomberos, al apagar el fuego, enviaron un coctel de lixiviados hacia el cuerpo superficial (río Purral) que se ubicaba a menos de 20 metros en una pendiente de 30 %. La contaminación afectó el proceso de potabilización hasta por una semana ([Anexo I](#)). Otras situaciones similares con botaderos clandestinos bajo el mismo *modus operandi*, se ubicaron en 9°57'48.78"N 83°59'15.35"W, en el año 2011, cerca de una lechería en donde también procedieron con quema de los desechos sólidos acumulados. En su momento, un rebalse de agua proveniente del viejo acueducto comunal y utilizado por la lechería fue utilizado para extinguir la zona de quema, generando un lixiviado que llego parcialmente al cuerpo receptor (río Purral), impactando la calidad del agua cruda que ingreso a la planta potabilizadora Los Cuadros.

A escasos 100 metros del anterior botadero clandestino, pero ahora en la posición 9°57'53.38" N 83°59'12.70" W, en el año 2012, se repite el mismo problema de botadero clandestino con quema descontrolada. En esta ocasión, personal de bomberos apagaron el fuego, pero dada la experiencia de los dos eventos previos, se extremaron las medidas de control. En su momento, no afectó el cuerpo superficial más cercano (afluente del río Purral donde se ubica la captación de la planta potabilizadora Los Cuadros), posiblemente porque había un aproximado de 100 metros con baja pendiente entre la zona de afectación y el cuerpo de agua superficial. En la ubicación 9°57'48.34" N 83°59'40.04" W un derrumbe de material de desecho de una cabelleriza, depositado clandestinamente sobre la zanja de una naciente de agua, produjo un deslizamiento de todo el material en el año 2013, el cual se vertió sobre el cauce del río y, como se produjo aguas arriba de la toma de captación, afectó la calidad FQ y microbiológica del agua cruda de ingreso a la planta. Durante los años 2012 y 2013, un relleno de tierra (9°57'55.37" N 83°59'45.75" W), que obstruía el paso del drenado fluvial provocó arrastre de sedimentos afectando las condiciones FQ del agua cruda. El último botadero clandestino cerrado

⁴ La fecha real del evento fue el jueves 07 de marzo del 2002.

por la municipalidad (2020) estaba ubicado en la posición 9°57'52.58" N 83°59'38.16" W, a menos de 30 metros de la margen derecha del río.

Según los resultados de muestreos realizados por el LNA, el aluminio residual es el parámetro de control en agua potable que presenta algunos incumplimientos. La [figura 14](#) muestra el comportamiento de este parámetro durante el periodo 2011 al 2021. Se observa cómo, desde el año 2012, algunos muestreos superan los 200 µg/L como valor máximo admisible (VMA), según el Reglamento N° 38924. Desde finales del 2019, se reduce significativamente con una relación de 11 cumplimientos contra 3 incumplimientos. En el [Anexo III](#) se muestra resultados del agua clorada en parámetros de aluminio, hierro, turbiedad y cloro residual.

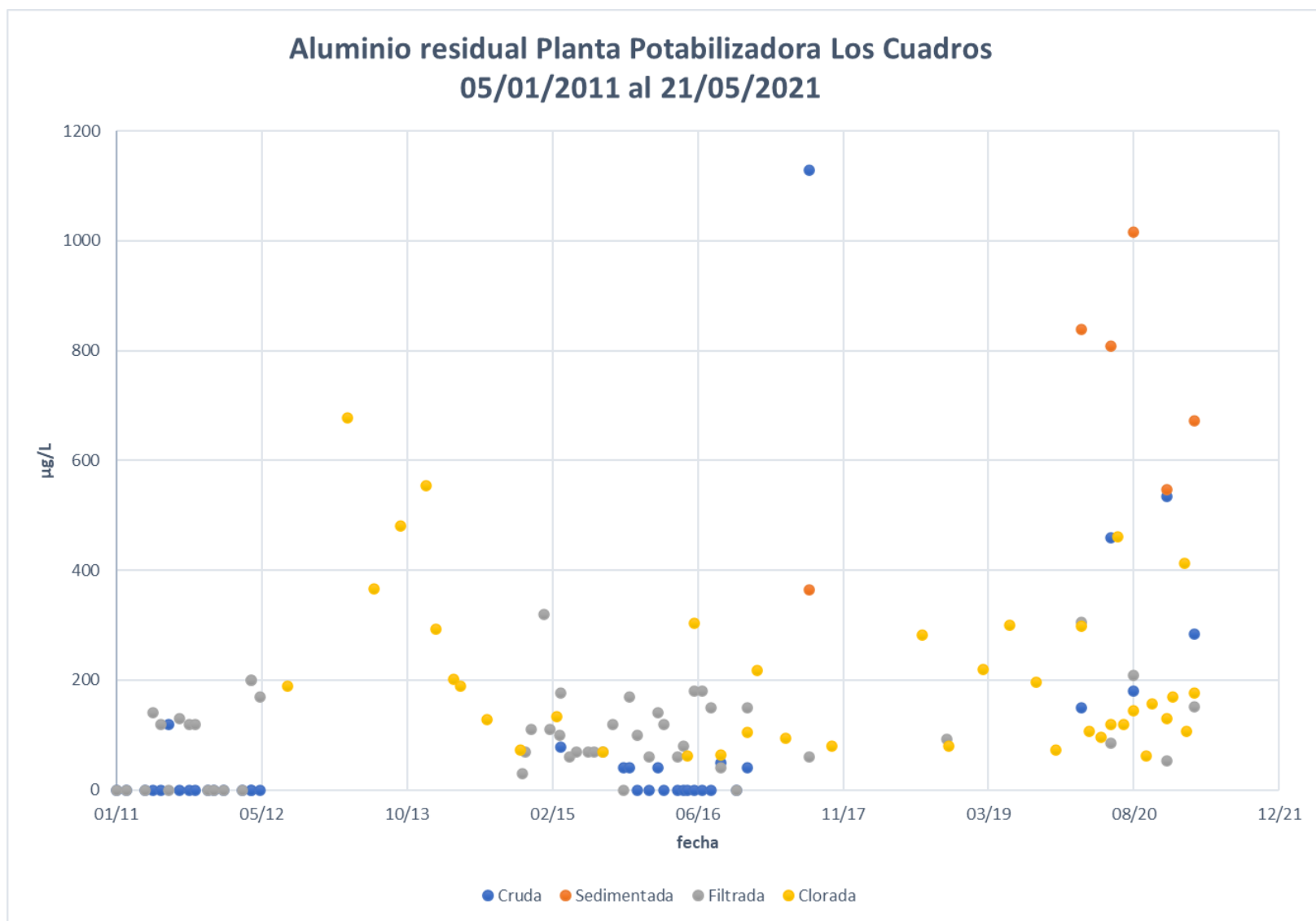


Figura 14. Consolidado del aluminio residual en todos los procesos de la Planta Potabilizadora Los Cuadros.

Fuente: Elaboración propia, según datos del Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.

En el caso del aluminio residual en agua potable el IRCACH establece que, en los parámetros de significado para la salud, residuales de aluminio entre (200-400) $\mu\text{g/L}$, es agua apta para la ingesta con clasificación como riesgo muy bajo y se puede continuar con el suministro de manera normal, manteniendo el control o vigilancia de la calidad del agua. Valores entre 400-900 $\mu\text{g/L}$, también es apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad, aun así se le asigna un riesgo bajo, por lo cual se permite continuar con el suministro de manera normal. El valor máximo permisivo para la salud se define en 900 $\mu\text{g/L}$ superior a este valor se considera no para la ingesta. Se recomienda seguir el Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química y/o el Procedimiento de Inspecciones Ordinarias, el Procedimiento de Inspección para Emergencias de brotes y/o el Procedimiento de Inspección para Emergencias Químicas, lo anterior descrito en el [cuadro 1](#) (Mora et al., 2018).

8.3. Determinación de los riesgos y evaluación

En este apartado se hace la identificación y la descripción de los riesgos identificados en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, los cuales, posteriormente, fueron evaluados por su probabilidad e impacto. Esta evaluación se realiza bajo los criterios detallados en el cuadro 24, criterios cuantitativos y cualitativos del SEVRI.

Cuadro 24. Criterios para determinar la probabilidad de un riesgo.

Descripción	Criterio cualitativo	Criterio cuantitativo	Frecuencia
Se espera que el evento se manifieste en casi la totalidad de los casos La expectativa de ocurrencia se da con una certeza de casi el 100 % de las circunstancias	Casi Certeza	5	Del 90 al 100 % de los casos
Se espera que el evento pueda ocurrir en la mayoría de los casos La probabilidad de ocurrencia se da en la mayoría de las circunstancias	Probable	4	Del 56 al 89 % de los casos
Se espera que el evento ocurra en algunas ocasiones La probabilidad de ocurrencia se da en la mitad de los casos	Posible	3	Del 45 al 89 % de los casos
Se espera que el evento ocurra en escasas ocasiones Puede ocurrir algunas veces	Poco Probable	2	Del 56 al 55 % de los casos
Seria excepcionalmente raro que ocurriera Puede ocurrir solo bajo circunstancias excepcionales	Raro	1	Del 0 al 10 % de los casos

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

Cuadro 25. Criterios para determinar el impacto o consecuencia del riesgo.

Descripción	Criterio cualitativo	Criterio cuantitativo
Los daños no son perceptibles y pasan inadvertidos No afectan el cumplimiento de los objetivos del AyA.	Insignificante	1
Los daños son mínimos, no implica perjuicios Los procesos estratégicos, sustantivos y de apoyo no se ven comprometidos.	Menor	2
Los daños son moderados, no excesivos Los procesos estratégicos, sustantivos y de apoyo, se pueden ver afectados y requiere atención para su corrección.	Moderado	3
Los daños son considerables Los procesos estratégicos, sustantivos y de apoyo, pierden capacidad de operación, no se pueden cumplir con los objetivos del AyA de manera razonable	Mayor	4
Los daños son adversos, no pueden ser reparados fácilmente e implican pérdidas muy altas para el AyA Los procesos estratégicos, sustantivos y de apoyo, se ven altamente comprometidos en su operación.	Catastrófico	5

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

La determinación de los riesgos y su evaluación se basan en tres pilares como ejes centrales:

1. La determinación de los riesgos asociados con cada etapa del proceso de abastecimiento de agua para consumo humano puede afectar la calidad del servicio de agua potable que provee el AyA a los usuarios de los sistemas de abastecimiento del Acueducto Metropolitano.
2. Se basa en el hecho de determinar e identificar aquellos riesgos que pueden presentar una afectación directa de contaminación del recurso hídrico, o bien afectar la infraestructura, que es parte del sistema, comprometiendo la seguridad y la continuidad del servicio a la población.
3. El análisis de evaluación se realiza por medio de la identificación de los riesgos, posteriormente se estima su severidad de acuerdo con los criterios de probabilidad e impacto, obteniendo un nivel de severidad asociado a cada uno. El nivel de severidad se obtiene por medio de la multiplicación del criterio cuantitativo de la probabilidad por el criterio cuantitativo del impacto.

Posteriormente, se determinará el valor de severidad, según los criterios detallados en el cuadro 26:

Cuadro 26. Determinación de severidad del riesgo absoluto.

Nivel de aceptabilidad del riesgo		
Nivel de severidad	Valoración del cuadrante	Descripción
<p>RIESGO ACEPTADO</p> <p>Nivel de riesgo leve</p> <p>De 1 a 2</p>	<p>Cuadrantes azules:</p> <p>Los riesgos evaluados y que se encuentran en estos cuadrantes se consideran como riesgos aceptados.</p> <p>Son aquellos que se presentan consecuencias y probabilidades bajas de materializarse, impactan de manera casi imperceptibles</p>	<p>los riesgos ubicados en estos cuadrantes no se le asigna ningún tipo de inversión de recursos, debido a que su impacto no representa ninguna exposición.</p>
<p>RIESGO ACEPTADO</p> <p>Nivel bajo</p> <p>De 3 a 4</p>	<p>Cuadrantes verdes:</p> <p>Los riesgos evaluados y que se encuentran en estos cuadrantes se considerarán como riesgos aceptados. Son aquellos que presentan consecuencias y probabilidad bajas de materializarse, algunos impactarán de forma mínima el logro de objetivos de la Institución.</p>	<p>Los riesgos ubicados en estos cuadrantes son a los cuales se les dirige menor inversión de recursos, debido al bajo impacto que representa su exposición, sin embargo, se debe velar por que no se eleven sus niveles, lo que conllevaría al desplazamiento de estos a cuadrantes de mayor exposición, se deben utilizar planes de monitoreo y seguimiento efectivo sobre los mismos</p>
<p>RIESGO NO ACEPTADO</p> <p>Nivel moderado</p> <p>De 5 a 9</p>	<p>cuadrantes amarillos:</p> <p>Los riesgos evaluados y que se ubican en estos cuadrantes se consideran con posibilidades de mejorar su administración.</p> <p>son aquellos que presentan consecuencias y probabilidades moderadas, la materialización de algunos de estos riesgos representará un impacto medio en el logro de los objetivos de la Institución.</p>	<p>Los riesgos ubicados en estos cuadrantes deben ser analizados con el objetivo de determinar las medidas de monitoreo y seguimiento que se le dará, ya que estos en caso de materialización, el impacto no se considera altamente negativo en el logro de los objetivos, sin embargo, será necesario su monitoreo para evitar que lleguen a niveles altos o extremos de exposición.</p>
<p>RIESGO NO ACEPTADO</p> <p>Nivel alto</p> <p>De 10 a 15</p>	<p>cuadrantes naranjas:</p> <p>Los riesgos evaluados y que se ubican en estos cuadrantes cuentan con altas probabilidades y consecuencias moderadas o viceversa; su exposición conlleva a niveles altos de perjuicio en el logro de los objetivos de la Institución.</p>	<p>Los riesgos ubicados en estos cuadrantes tienen el segundo nivel de prioridad, en cuanto a su administración de riesgos se refiere, ya que tienen la característica especial, que de no ser administrados adecuadamente su exposición puede aumentar y pasar a formar parte del grupo de riesgos de cuadrantes rojos; con lo que esto representa para los objetivos de la Institución</p>
<p>RIESGO NO ACEPTADO</p> <p>Nivel extremo</p> <p>De 16 a 25</p>	<p>Cuadrantes rojos:</p> <p>Los riesgos evaluados y que se ubican en estos cuadrantes cuentan con altas probabilidades de ocurrencia y con consecuencias elevadas para la Institución, en caso de que si llegasen a materializarse; cualquier manifestación provocaría perjuicios extremos en el logro de los objetivos de la Institución.</p>	<p>Son los primeros por los cuales hay que iniciar el proceso de administración de riesgos, con el objetivo de minimizar sus efectos, ya que cualquier manifestación de estos provocaría perjuicios mayores en el logro de los objetivos de la Institución, por lo general se debe seleccionar una buena estrategia de gestión, ya sea por medio de medidas que reduzcan las consecuencias o medidas que reduzcan las probabilidades de ocurrencia.</p>

Fuente: Unidad de Control Interno de AyA, 2018.

Como se detalló anteriormente, el nivel de severidad de un riesgo se obtiene multiplicando el criterio cuantitativo de la probabilidad por el criterio cuantitativo del impacto. Como producto principal de esta evaluación inicial, se obtiene una priorización de atención de los riesgos en función de su nivel de severidad.

$$\text{Severidad de un riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Impacto}$$

8.3.1 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de cuenca

Cuadro 27. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) en la cuenca río Purral.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
1	microcuenca	microcuenca Río Purral	Interrupción del componente de potabilización, derivado en cambios en la calidad del recurso dentro de la microcuenca, asociados a cambios por variaciones estacionales, climáticos y antropogénicos	Probable	Variaciones físico-químicos y microbiológicos que afectan la calidad del agua cruda, dificultando el óptimo proceso de cernido en la captación así como el desarenado.	4	Mayor	Disminución de la disponibilidad de caudal en todo el Sistema de Abastecimiento	4	16	EXTREMO
2	microcuenca	microcuenca Río Purral	Salida de operación de infraestructura de componentes del componente de potabilización de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas del Río	Posible	Máximas avenidas en la microcuenca, derivado del cambio de uso de suelo en la parte alta de la microcuenca	3	Catastrófico	Disminución de la disponibilidad de caudal en todo el Sistema de Abastecimiento	5	15	ALTO
3	microcuenca	microcuenca Río Purral	Interrupción del componente de potabilización por cambios en la cantidad del agua disponible en la microcuenca generados por variaciones estacionales, climáticos y antropogénicos	Probable	Estrés hídrico alrededor de la disponibilidad del agua en la microcuenca, derivado a nuevas asignaciones de caudal, aprovechamientos irregulares, desvíos de cauce y otras	4	Moderado	Disminución de la disponibilidad de caudal en todo el Sistema de Abastecimiento	3	12	ALTO

Fuente: Elaboración propia.

8.3.2 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de aprovechamientos del sistema

Cuadro 28. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel de aprovechamientos.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
1	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas del Río	Probable	Avenidas máximas del Río Purral que afectan directamente la infraestructura de los componentes como los procesos de captación y desarenación, sumado el fenómeno ENOS	4	Mayor	Disminución o pérdida total de caudal en el Sistema de Abastecimiento	3	12	ALTO
2	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Posible	Deterioro de la infraestructura por cumplimiento de vida útil o fatiga de los materiales constructivos	3	Mayor	Posible disminución o pérdida total de caudal del componente de captación	4	12	ALTO
3	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de inundación	Posible	Posibles eventos naturales que afecten al Sistema de Abastecimiento en los componentes de captación. Eventos cada vez más recurrentes.	3	Catastrófico	Provoca la salida de operación y suspensión parcial o total del caudal de alimentación hacia el Sistema de Abastecimiento. Su recuperación implica un alto porcentaje de recursos	5	15	ALTO
4	Toma Superficial	Río Purral	Interrupción del suministro hacia el Sistema de Abastecimiento por obstrucción en estructuras de componentes de captación o en el proceso de desarenación	Probable	Obstrucción del componente de captación, principalmente en estación lluviosa	4	Mayor	Disminución parcial o total del caudal captado para abastecer el Sistema de Abastecimiento.	4	16	EXTREMO
5	Toma Superficial	Río Purral	Afectación en la calidad del agua por contaminación del Río Purral	Casi certeza	Detección y deterioro de la calidad del agua captada por ingreso de contaminantes, principalmente por residuos, químicos y microbiológicos.	5	Mayor	Disminución o suspensión de caudal en los componentes de captación y potabilización	4	20	EXTREMO

Fuente: Elaboración propia.

8.3.3 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de componentes de potabilización del sistema

Cuadro 29. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel componentes de potabilización.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
1	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Interrupción del Sistema de Abastecimiento por obstrucción en estructuras del proceso de desarenado	Probable	Obstrucción y colmatación de la estructura en evento de lluvia fuerte.	4	Mayor	Disminución parcial o total del caudal que alimenta la Planta Potabilizadora	4	16	EXTREMO
2	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de inundación	Posible	Avenidas máximas en la microcuenca, derivados del cambio de uso de suelo en la parte alta de la microcuenca, pueden afectar el sistema de desarenación	3	Catastrófico	Provoca la salida de operación y suspensión parcial o total del caudal de alimentación del Sistema de Abastecimiento, su recuperación implica un alto porcentaje de recursos	5	15	ALTO
3	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Posible	Deterioro de la infraestructura por cumplimiento de vida útil o fatiga y abrasión de los materiales constructivos	3	Mayor	Provoca la salida de operación y suspensión total del caudal de entrada en el componente de potabilización y su reparación implica un alto costo.	4	12	ALTO
4	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura de acueducto (vulnerabilidad sanitaria)	Posible	Ingreso y detección de algún agente contaminante que afecte la calidad del agua cruda y dificulte o impida la potabilización.	3	Mayor	Disminución o suspensión de caudal en la entrada de la planta potabilizadora	4	12	ALTO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
5	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: materiales y herramientas	Posible	No tener disponibles materiales y herramientas para llevar a cabo las diferentes tareas de mantenimiento, preventivo y correctivo	3	Moderado	Aumento de los tiempos de respuesta en los diferentes procesos de mantenimiento	3	9	MODERADO
6	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	Probable	Daños en el cerramiento perimetral, tapas, compuertas para el ingreso a la estructura (actividades recreativas) en la contaminación del agua	4	Mayor	Disminución o suspensión total del caudal en Sistema de Abastecimiento	4	16	EXTREMO
7	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	Raro	Históricamente la infraestructura ha resistido los diferentes eventos sísmicos que se han presentado, sin embargo, no deja de ser un riesgo para considerar	1	Catastrófico	Salida parcial o total del caudal aportado al Sistema de Abastecimiento, su recuperación implica un alto gasto de recursos	4	4	BAJO
8	Planta Potabilizadora	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: personal	Probable	No contar con el personal necesario para cubrir los turnos de operación 24/7.	4	Mayor	El tiempo de respuesta tardío para la del Sistema de Abastecimiento, lo que implica al menos en el componente de potabilización la salida de operación al menos un turno al día.	4	16	EXTREMO
9	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: vehículos	Probable	No disponer con el recurso de transporte, horas extras, disponibilidad para colaboradores para cumplir con las labores de mantenimiento, lavados sanitario, en situación de emergencia	4	Moderado	Aumento de los tiempos de respuesta en para la correcta operación del componente de potabilización. Además, se da una aceleración en el deterioro de la infraestructura, servicio al usuario e imagen Institucional	3	12	ALTO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
10	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Posible	Deterioro de la infraestructura por cumplimiento de vida útil o fatiga y abrasión de los materiales constructivos	3	Mayor	Provoca la salida de operación y suspensión parcial o total del caudal del componente de potabilización, su recuperación implica un alto porcentaje de recursos	4	12	ALTO
11	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Posible	Detección de algún agente contaminante que afecte la calidad del agua de proceso que dificulte o impida el componente de potabilización	3	Mayor	Disminución o suspensión total del caudal en componente de Potabilización	4	12	ALTO
12	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por fallo de equipos de dosificación y/o control de calidad	Posible	Posibles fallas y deficiencias en los diferentes equipos del componente de potabilización	3	Mayor	Incumplimiento del reglamento de calidad de agua potable. Disminución o suspensión total del caudal en componente de Potabilización	4	12	ALTO
13	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por interrupción en el suministro eléctrico requerido	Posible	Fallo del suministro eléctrico del ICE, CNFL.	3	Moderado	Tiempo de respuesta afectado y no depende del colaborador del componente de potabilización. Incumplimiento con el reglamento de calidad de agua potable.	3	9	MODERADO
14	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	Raro	Históricamente la infraestructura ha resistido los diferentes eventos sísmicos que se han presentado, sin embargo, no deja de ser un riesgo para considerar	1	Mayor	Salida parcial o total del caudal aportado al Sistema de Abastecimiento, su recuperación implica un alto gasto de recursos	4	4	BAJO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
15	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	Poco probable	Posibles daños en el componente de potabilización, hurto de equipo, inseguridad del personal en turno a pesar del cerramiento perimetral, y disponer de oficial de seguridad las 24 horas	2	Mayor	Daño físico al personal operativo y robo de activos Institucionales.	4	8	MODERADO
16	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación en calidad del agua de proceso por fallo de equipos de dosificación y/o control de calidad	Posible	Posibles fallas y deficiencias en los diferentes equipos de desinfección	3	Mayor	Incumplimiento del reglamento de calidad de agua potable.	4	12	ALTO
17	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	Poco probable	Daños en el cerramiento perimetral y patrimonio Institucional.	2	Catastrófico	Afectación a la continuidad del proceso de desinfección, el incumplimiento con el reglamento de calidad de agua potable y hasta posible de hospitalización o fallecimiento de tercero por inhalación de gas cloro.	5	10	ALTO
18	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por errores humanos de operación por parte de los funcionarios en el componente de potabilización	Raro	Deficiencia en prácticas operativas en el proceso de desinfección	1	Moderado	Incumplimiento del reglamento de calidad de agua potable.	3	3	BAJO
19	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Raro	Deterioro estructural de la caseta de desinfección y elementos.	1	Mayor	Salida de operación total o parcial del proceso de desinfección, fugas de gas cloro y hospitalización de funcionarios o terceros.	4	4	BAJO
20	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación en la salud de las personas por ocurrencia de fugas de gas cloro	Raro	Posible daño en equipos y cilindros de gas cloro en la estación del proceso de desinfección.	1	Catastrófico	Hospitalización de funcionarios y población por inhalación de gas cloro. Interrupción en el proceso de desinfección del agua.	5	5	MODERADO

Fuente: Elaboración propia.

8.3.4 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de tanque del almacenamiento del sistema

Cuadro 30. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel tanques de almacenamiento

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)						
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
1	Tanque de almacenamiento	El Carmen de Goicoechea	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Posible	Posible deterioro al cerramiento perimetral y tapas metálicas del tanque comprometiendo el sello sanitario	3	Afectación directa en la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios	3	9	MODERADO
2	Tanque de almacenamiento	La Finca	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Posible	Posible deterioro al cerramiento perimetral y tapas metálicas del tanque comprometiendo el sello sanitario	3	Afectación directa en la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios	3	9	MODERADO
3	Tanque de almacenamiento	Los Cuadros (en la Planta Potabilizadora)	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Posible	Posible deterioro al cerramiento perimetral y tapas metálicas del tanque comprometiendo el sello sanitario	3	Afectación directa en la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios	3	9	MODERADO
4	Tanque de almacenamiento	Metálico La Finca	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Posible	Las rejillas de protección se deterioran con el tiempo debido a que se encuentran a la intemperie. Existencia de agente de seguridad en el punto	3	Afectación directa a la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios	3	9	MODERADO
5	Tanque de almacenamiento	El Pueblo	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Casi Certeza	Cerramiento perimetral en mal estado, ingreso de personas ajenas al AyA	5	Afectación directa a la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios	3	15	ALTO
6	Tanque de almacenamiento	La Finca / Los Cuadros / El Carmen	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Posible	Posibles fallas estructurales con el paso del tiempo	3	Afectación directa a la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios	3	9	MODERADO
7	Tanque de almacenamiento	El Pueblo	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Casi Certeza	Posibles fallas estructurales con el paso del tiempo, el tanque ya cuenta con alto grado de deterioro	5	Afectación directa a la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios. El Tanque se encuentra fuera de operación debido a las posibles consecuencias	4	20	EXTREMO
8	Tanque de almacenamiento	La Finca / El Carmen	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del	Raro	Terreno se encuentra a nombre del AyA	1	Se debe tener vigilancia de posibles invasiones	2	2	BAJO

			Sistema Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada							
9	Tanque de almacenamiento	El Pueblo / Los Cuadros	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada	Posible	Terrenos no se encuentran a nombre del AyA y no ha generado número de finca	1	Afectación directa en recargo de funciones que puede derivar en los tiempos de respuesta de la operación, en aras, de iniciar el proceso de regularización de los bienes inmuebles	2	2	ALTO
10	Tanque de almacenamiento	La Finca / Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema De Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	Raro	Terreno cuenta con oficial de seguridad las 24 horas	1	Se debe tener vigilancia de posibles invasiones y vandalismo	2	2	BAJO
11	Tanque de almacenamiento	El Pueblo / EL Carmen	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	Casi Certeza	El terreno se encuentra siendo invadido regularmente. No dispone de vigilancia de seguridad de ningún tipo.	5	Afectación directa a la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios. El Tanque EL Pueblo se encuentra fuera de operación debido a las posibles consecuencias	4	20	EXTREMO
12	Tanque de almacenamiento	La Finca / El Carmen	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Posible	Disminución del residual de cloro.	3	Afectación directa a la calidad del agua potable. Afectación a la salud de los usuarios	3	9	MODERADO

Fuente: Elaboración propia.

8.3.5 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de estaciones de bombeo

Cuadro 31. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel estaciones de bombeo

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
1	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	Posible	Por las condiciones geográficas del país, en caso de un sismo, los componentes estarían en vulnerabilidad por la antigüedad de la infraestructura	3	Mayor	Discontinuidad del suministro de agua potable en el Sistema de Abastecimiento	4	12	ALTO
2	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: vehículos	Probable	Limitaciones en la asignación de vehículos Institucionales que se encuentren en buen estado para brindar el adecuado servicio en la operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo	4	Moderado	Deterioro del estado de la infraestructura de la estación de bombeo	3	12	ALTO
3	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: presupuesto	Posible	Limitaciones en la asignación de presupuesto por motivo de recortes en las finanzas públicas	3	Moderado	Deterioro del estado de la infraestructura de la estación de bombeo	3	9	MODERADO
4	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de incendio	Poco probable	La configuración eléctrica dispone de las debidas protecciones, sin embargo, por las características propias de las estaciones de bombeo, para impulsar el agua potable dicha	2	Mayor	Discontinuidad del suministro de agua potable en el Sistema de Abastecimiento	4	8	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
					configuración eléctrica podría presentar fallas						
5	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por interrupción en el suministro eléctrico requerido	Posible	Antigüedad de los elementos eléctricos de la estación de bombeo. Además, por afectaciones de los proveedores de energía eléctrica ICE o CNFL	3	Moderado	Discontinuidad del suministro de agua potable en el Sistema de Abastecimiento	3	9	MODERADO
6	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Interrupción de la potabilización y distribución del agua por cambios en la calidad a nivel de la fuente, generados por variaciones estacionales, fenómenos meteorológicos-climáticos o afectación antropogénica	Posible	El suministro de agua se puede ver afectado para la operación de las estaciones de Bombeo debido a las afectaciones por fenómenos climáticos a nivel país así como afectaciones antropogénicas alrededor del Sistema de Abastecimiento y la microcuenca	3	Moderado	Discontinuidad del suministro de agua potable en el Sistema de Abastecimiento	3	9	MODERADO
7	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: Recurso Humano	Posible	Limitaciones en cuanto al reclutamiento de personal y disponibilidad de plazas	3	Moderado	Deterioro del estado de la infraestructura de la estación de bombeo	3	9	MODERADO
8	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: materiales y herramientas	Posible	Limitaciones en cuanto a la disponibilidad de insumos requeridos para el mantenimiento preventivo y correctivo de las estaciones de bombeo, motivado por tecnicismos en los	3	Moderado	Deterioro del estado de la infraestructura de la estación de bombeo	3	9	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
					procedimientos de compras.						
9	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: equipo especializado de bombeo	Posible	Probabilidad de que se dificulte el suministro de equipo por motivo de importación y tiempos de entrega de estos	3	Moderado	Deterioro del estado de la infraestructura de la estación de bombeo	3	9	MODERADO
10	Estación de Bombeo	Los Cuadros / Ipís	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada	Posible	Terrenos no se encuentran a nombre del AyA y no ha generado número de finca	3	Mayor	Afectación directa en recargo de funciones que puede derivar en los tiempos de respuesta de la operación, en aras, de iniciar el proceso de regularización de los bienes inmuebles	4	12	ALTO

Fuente: Elaboración propia.

8.3.6 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de tuberías de aducción, conducción y distribución

Cuadro 32. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel tuberías.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
1	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas de ríos	Probable	Tubería de aducción en gran porcentaje de su trayectoria se encuentra en la zona de protección del Río Purral	4	Mayor	El colapso de las tuberías implicaría detener la operación del Sistema de Abastecimiento. Alto costo en recursos para su recuperación	4	16	EXTREMO
2	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de deslizamiento	Probable	Tubería de aducción en gran porcentaje de su trayectoria se encuentra en la zona protección del río Purral, zona que cuenta con alta pendiente y terreno muy inestable	4	Catastrófico	El colapso de las tuberías por deslizamiento implicaría detener la operación del Sistema de Abastecimiento. Alto costo en recursos para su recuperación	5	20	EXTREMO
3	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Posible	Gran porcentaje de la línea de aducción es de material de AC y presenta gran cantidad de años en funcionamiento	3	Mayor	El colapso de las tuberías por antigüedad implicaría detener la operación el Sistema de Abastecimiento. Alto costo en recursos para su recuperación	4	12	ALTO
4	Tuberías	Tubería de Conducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Posible	Gran porcentaje de la línea de conducción es de material de AC y presenta gran cantidad de años en funcionamiento	3	Moderado	El proceso de reparación llevaría horas y afectaría directamente la prestación del servicio en el Sistema de Abastecimiento.	3	9	MODERADO
5	Tuberías	Tubería de Distribución	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Posible	Un porcentaje de la línea de distribución es de material de AC y presenta gran cantidad de años en funcionamiento	3	Insignificante	El proceso de reparación llevaría horas y afectaría directamente la prestación del servicio en el Sistema de Abastecimiento.	1	3	Bajo
6	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	Posible	Se encuentra relacionados a la vulnerabilidad sísmica en el Sistema de Abastecimiento, para este caso en específico un sismo acelera el proceso de deslizamiento en la zona de protección del Río Purral, sitio	3	Mayor	Un sismo mayor provocaría daños a las tuberías lo que implica salida de operación del Sistema de Abastecimiento	4	12	ALTO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)							
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Probabilidad	Justificación Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Justificación Consecuencia	Valor	Resultado	Severidad
					donde se encuentra la tubería de aducción						
7	Tuberías	Tubería de Conducción	Salida de operación de infraestructura de Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	Posible	Se encuentra relacionados a la vulnerabilidad sísmica en del Sistema de Abastecimiento, para este caso en específico un sismo acelera el proceso de deslizamiento en la zona de protección del río Purral, sitio donde se encuentra la tubería de conducción	3	Menor	Un sismo mayor provocaría daños a las tuberías, sin embargo, las tuberías de conducción en su mayoría se encuentran de manera subterránea	2	6	MODERADO
8	Tuberías	Tubería de Conducción	Interrupción del Sistema de Abastecimiento por averías mayores en tuberías principales	Poco probable	Se encuentra relacionado a la incidencia de averías que podrían llegar a generar afectación del Sistema de Abastecimiento	2	Mayor	La incidencia de este riesgo es baja, sin embargo, en caso de ocurrir una avería no sería posible el funcionamiento del Sistema de Abastecimiento por tiempo indefinido	4	8	MODERADO
9	Tuberías	Tubería de Aducción	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse invadido el terreno/servidumbre	Casi Certeza	Según inspección realiza se determina la existencia de infraestructura (viviendas irregulares) ubicadas físicamente por sobre la tubería de aducción.	5	Catastrófico	El colapso por el peso aportado por la infraestructura implicaría detener la operación del Sistema de Abastecimiento así como posible perforación involuntaria o intensional a la tubería. Alto costo en recursos para su recuperación	5	25	EXTREMO
10	Tuberías	Tubería de Aducción	Accidente laboral por condiciones de difícil acceso a infraestructura de los componentes de tuberías en el Sistema de Abastecimiento	Posible	Debido a las condiciones topográficas y la vulnerabilidad de deslizamiento donde se ubica la tubería de aducción	3	Moderado	El personal que atendería la reparación puede estar expuesto a condiciones laborales de inseguridad	3	9	MODERADO

Fuente: Elaboración propia.

8.3.7 Determinación y evaluación de riesgos a nivel de usuarios del sistema

Cuadro 33. Matriz de determinación de riesgos y evaluación sin medida de control (riesgos absolutos) a nivel medición a usuarios.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Controles				Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
					Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control						
1	Red de Distribución	Usuarios	Disminución del caudal disponible para el Sistema de Abastecimiento por existencia de conexiones ilícitas	EXTREMO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Control establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por el departamento de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Posible	3	Mayor	4	12	ALTO
			Instructivo de atención de reportes de agua potable, órdenes de servicio, faltantes de agua y denuncias (Código UENPYD-INS-008)	Procedimiento establecido para el abastecimiento de agua potable mediante cisternas, derivada de afectación en el sistema										
			Procedimiento establecido para el accionamiento del servicio con camiones cisterna de agua potable en la GAM (SG-GSGAM-2021-00551)											

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Controles				Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
					Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control						
2	Red de Distribución	Usuarios	Disminución de la cantidad de horas de disponibilidad en el Sistema de Abastecimiento por obstrucción en tomas de captación, contaminación en la microcuenca o por estiaje del Río Purral	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Control establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por el departamento de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Poco Probable	2	Moderado	3	6	Moderado
			Instructivo de atención de reportes de agua potable, órdenes de servicio, faltantes de agua y denuncias (Código UENPYD-INS-008)											
			Procedimiento establecido para el accionamiento del servicio con camiones cisterna de agua potable en la GAM (SG-GSGAM-2021-00551)		Procedimiento establecido para el abastecimiento de agua potable mediante cisternas, derivada de afectación en el sistema									

Fuente: Elaboración propia.

8.4. Determinación, validación de medidas de control y nueva evaluación con la clasificación de los riesgos

Realizada la identificación y evaluación de los riesgos, se realiza una identificación de controles existentes y potenciales, dentro de la operación del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, que se consideren necesarios para mitigar el riesgo para cada uno de los riesgos identificados y evaluados previamente. Estos controles se identifican o proponen para que puedan contribuir a disminuir la probabilidad o el impacto asociados a la materialización del riesgo.

Los criterios utilizados para evaluar la efectividad de la medida de control seleccionada se describen en el [cuadro 3](#). Posterior a la evaluación de la medida de control, se realiza la clasificación respectiva, de igual manera, apegados a los criterios establecidos por el SEVRI, descritos en el [cuadro 4](#). Por último, se aplica la metodología seleccionada para la evaluación de los riesgos con medidas de control detallada en la [figura 4](#).

Los controles utilizados para la evaluación riesgo se trata de procedimientos, reglamentos, manuales, protocolos, formularios, programas, normas, instructivos y planes que se encuentran oficializados dentro del AyA. Para ayudar con la evaluación, se procede a crear un catálogo de controles descrito en el cuadro 34.

Cuadro 34. Catálogo de controles.

Nombre del control	Descripción del control	Nombre del control	Descripción del control
<p>Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)</p>	<p>Programa de mantenimiento que incluye las actividades requeridas con la frecuencia de ejecución deseada para cada tipo de componente de infraestructura de los Sistemas de Abastecimiento de agua potable del GAM.</p>	<p>Instructivo de inspección para mejoras en la red de distribución de agua potable (Código UENPYD-INS-017)</p>	<p>Este instructivo es aplicable a funcionarios del mantenimiento de redes de Zonas GAM que atienden inspecciones para los trabajos de Mejoras en la red de distribución de agua potable, tales como, sustitución de tuberías, extensión de ramales, interconexiones, etc, especialmente a los nombrados en los puestos jefe técnico Sistemas de Agua y Técnico Especialista en Sistemas de agua.</p>
<p>Indicador Estado de la Infraestructura</p>	<p>Indicador administrado por la Dirección de Mantenimiento Civil GAM. Se calcula con base en el levantamiento y actualización de la infraestructura civil de todos los componentes de los sistemas de agua potable GAM. Sirve para diagnóstico del estado de la infraestructura y priorización de intervenciones a los componentes que lo requieren.</p>	<p>Instructivo de inspección para reposición de asfalto o bacheo (Código UENPYD-INS-018)</p>	<p>Establece los pasos por ejecutar para el antes, durante y después del reporte generado para una posible colocación o reposición de la superficie de rodamiento. Este instructivo se aplica en las zonas de mantenimiento de redes de los sistemas GAM y puede ser aplicado por el ING-Z (ingeniero de Zona) y INSP-Z (inspector de Zona).</p>
<p>Protocolo para distribución de agua potable mediante camiones cisterna</p>	<p>Protocolo Nacional con los estándares mínimos para la distribución de agua potable mediante camiones cisterna, en atención de incidentes que comprometen el servicio de abastecimiento de agua potable intradomiliar de cualquier ente operador.</p>	<p>Protocolo para atención de emergencias: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del proceso de potabilización en la Planta Potabilizadora</p>	<p>Protocolo de aplicación obligatoria para todas las Plantas Potabilizadoras ante la ocurrencia de cualquier causa o situación, entre otros, de origen natural, antropogénica, material, equipamiento, que tiene la capacidad de afectar negativamente el proceso de potabilización y por ende interrumpir el servicio de abastecimiento de agua potable a las comunidades.</p>
<p>Procedimiento establecido para el accionamiento del servicio con camiones cisterna de agua potable en la GAM (SG-GSGAM-2021-00551)</p>	<p>Procedimiento específico emitido por y para la Subgerencia Gestión de Sistemas GAM para accionar el servicio de camiones cisterna a través tanto de la Dirección Centro de Servicios de Apoyo como a través de contratación vigente administrada por la Dirección Gestión de Equipamiento Operativo de la UEN Optimización de Sistemas GAM bajo la modalidad según demanda.</p>	<p>Protocolo para la atención de eventos de contaminación: Presencia esporádica de una sustancia o material no esperado en el agua cruda y que produce un efecto negativo en el proceso de potabilización.</p>	<p>Protocolo de aplicación obligatoria para todas las Plantas Potabilizadoras ante la ocurrencia de un evento de contaminación con cualquier tipo de sustancia o material que no esperado en el agua cruda y que produce un efecto negativo en el proceso de potabilización, normalmente manifestado con olores desagradables, formación de colores en el agua, capas aceitosas en el espejo de agua y paredes de las unidades o bien cambios en las características fisicoquímicas tradicionales de operación.</p>
<p>Proceso de potabilización (Código OSA-51)</p>	<p>Conjunto de procedimientos que enmarcan las actividades operativas de potabilización de agua en los Sistemas de Abastecimiento de agua potable. Actualmente en proceso de elaboración para el Sistema de Gestión de Calidad Institucional.</p>	<p>Manual de procedimiento coagulación de Planta Potabilizadora Los Cuadros</p>	<p>El procedimiento consiste en describir de una manera lógica, secuencial y organizada las actividades del Proceso de Coagulación, iniciando desde el ingreso del agua a la caja de entrada y finalizando con la mezcla rápida del agua con el coagulante y floculante dosificado. Es aplicable para la Planta Potabilizadora Los Cuadros.</p>

Nombre del control	Descripción del control	Nombre del control	Descripción del control
Inspecciones sanitarias anuales	Inspecciones que deben realizarse a todos los componentes de infraestructura con una frecuencia mínima anual, con el fin de obtener un diagnóstico de las condiciones sanitarias de la infraestructura de los Sistemas de Abastecimiento del Acueducto Metropolitano. Se cuenta con formularios para levantamiento de información de cada tipo de componente en campo. Dichas inspecciones también son requisito para la participación en el Programa Sello de Calidad Sanitaria del Laboratorio Nacional de Aguas de AyA, para lo cual se realizan informes anuales por sistema con los principales hallazgos en materia de vulnerabilidad sanitaria y ejecución de planes de mejora.	Manual de procedimiento floculación de Planta Potabilizadora Los Cuadros	El procedimiento consiste en describir de una manera lógica el Proceso de Floculación iniciando desde el fluido de agua entrante a los floculadores y finalizando con la obtención del floc con las mejores características para facilitar los procesos posteriores. Es aplicable para la Planta Potabilizadora Los Cuadros.
Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Control establecido por la Dirección de Sistemas de Bombeo GAM para la programación semanal de los mantenimientos requeridos en los sistemas de bombeo del Acueducto Metropolitano.	Manual de procedimiento sedimentación de Planta Potabilizadora Los Cuadros	El procedimiento consiste en describir de una manera lógica el Proceso de Sedimentación iniciando desde el fluido de agua floculada al sedimentador y finalizando con las partículas (floc) ya sedimentadas para el proceso de filtración. Es aplicable para la Planta Potabilizadora Los Cuadros.
Planes de contingencia para sistemas de bombeo	Planes establecidos por la Dirección Sistemas de Bombeo GAM para respuesta oportuna ante salidas de operación y/o fallos en los sistemas de bombeo del Acueducto Metropolitano.	Manual de procedimiento filtración de Planta Potabilizadora Los Cuadros	El procedimiento consiste en describir de una manera lógica el Proceso de Filtración iniciando desde la entrada de agua sedimentada al módulo de filtración y finalizando con la filtración del agua para su posterior desinfección. Es aplicable para la Planta Potabilizadora Los Cuadros.
Manejo de inventario de equipo de bombeo	Control establecido por la Dirección de Sistemas de Bombeo GAM para manejo de inventario de los equipos de bombeo para el Acueducto Metropolitano.	Manual de procedimiento desinfección de Planta Potabilizadora Los Cuadros	El procedimiento consiste en describir de una manera lógica el Proceso de Desinfección iniciando con la cloración del agua filtrada y finalizando con el fluido de agua tratada al tanque de almacenamiento y la toma de muestras para evaluar la calidad del agua tratada. Es aplicable para la Planta Potabilizadora Los Cuadros.
Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo	Indicadores administrados por la Dirección Sistemas de Bombeo para predecir fallas y priorizar intervenciones en los equipos de bombeo del Acueducto Metropolitano.	Procedimiento para la atención de emergencias en acueductos Subgerencia GAM (SUB-G-SGAM-UEN- PD-2012-409)	Procedimiento aplica en todo evento que obligue a suspender la continuidad del servicio en el ACMSJ, y que afecte a un sector de población de al menos 10 000 habitantes por un período mínimo de 6 horas en horas de alto consumo, o en su defecto a una población mucho mayor en un lapso más corto de tiempo, esto a criterio de los encargados de generar la alerta.
Control de criticidad de estaciones de bombeo	Control establecido por la Dirección de Sistemas de Bombeo GAM para gestionar la criticidad de las estaciones de bombeo del Acueducto Metropolitano.	Normalización registral de terrenos y servidumbres	Proceso para formalizar la inscripción de un terreno o servidumbre asociado a un componente de infraestructura de acueducto existente, a nombre de AyA, según lo estipulado en el "Reglamento de avalúos y adquisición de bienes destinados al dominio público de AyA" (Acuerdo de Junta Directiva N° 2018-54).

Nombre del control	Descripción del control	Nombre del control	Descripción del control
Procedimiento Reparación de Fugas (Código GM-MAP-PROC-001)	Este procedimiento establece los requisitos referentes a los servicios de reparación de redes de distribución de acueducto efectuados por las zonas en el mantenimiento de redes de los sistemas GAM. Define las actividades específicas que se deben seguir, cuando se requiere hacer reparaciones en las redes de distribución secundaria.	Adquisición de terrenos y servidumbres	Proceso para formalizar la adquisición e inscripción de un terreno o servidumbre asociado a un componente de infraestructura de acueducto nuevo, a nombre de AyA, según lo estipulado en el "Reglamento de avalúos y adquisición de bienes destinados al dominio público de AyA" (Acuerdo de Junta Directiva N° 2018-54).

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos y clasificados los controles, se procede con una nueva evaluación de los riesgos, según se detallada en la metodología anteriormente expuesta:

8.4.1 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de cuenca

Cuadro 35. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de cuenca.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
1	microcuenca	microcuenca Río Purral	Interrupción del componente de potabilización, derivado en cambios en la calidad del recurso dentro de la microcuenca, asociados a cambios por variaciones estacionales, climáticos y antropogénicos	EXTREMO	Protocolo para atención de emergencias y denuncias ambientales con afectación al recurso hídrico: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del proceso del componente de potabilización.	Medida de control fuerte	Protocolo que ayuda a identificar el foco de contaminación o alteración del recurso hídrico y gestionar el evento	Medida de Control Clave	Probable	4	Moderado	3	12	ALTO
2	microcuenca	microcuenca Río Purral	Salida de operación de infraestructura de componentes del componente de potabilización de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas del Río	ALTO	Protocolo para atención de emergencias: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del proceso del componente de potabilización.	Medida adecuada	Inspección visual en la zona de captación para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural y reportar al área encargada de protección del RH.	Medida de Control Clave	Posible	3	Mayor	4	12	ALTO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
3	microcuenca	microcuenca Río Purral	Interrupción del componente de potabilización por cambios en la cantidad del agua disponible en la microcuenca generados por variaciones estacionales, climáticos y antropogénicos	ALTO	Protocolo para atención de emergencias y denuncias ambientales con afectación al recurso hídrico: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del proceso del componente de potabilización.	Medida de control fuerte	Se realiza un levantamiento de datos de la afectación y se establece los mecanismos de denuncia a las diferentes Instituciones	Medida de Control Clave	Probable	4	Menor	2	8	MODERADO

Fuente: Elaboración propia.

8.4.2 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de aprovechamiento

Cuadro 36. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control a de aprovechamiento.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
1	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas del Río	ALTO	Protocolo para atención de emergencias: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del proceso del componente de potabilización	Medida de control adecuada	Inspección visual en la zona de captación para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural y reportar al área encargada de mantenimiento.	Medida de Control Clave	Probable	4	Moderado	3	12	ALTO
2	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	ALTO	Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada	Inspección visual del desarenador para identificar y anticipar posibles puntos vulnerables ante un evento. Para programar mantenimiento.	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
3	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de inundación	ALTO	Protocolo para atención de emergencias: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del proceso del componente de potabilización	Medida de control adecuada	Inspección visual en la zona de captación para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural y reportar al área encargada de mantenimiento.	Medida de Control Clave	Posible	3	Alto	4	12	ALTO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
4	Toma Superficial	Río Purral	Interrupción del suministro hacia el Sistema de Abastecimiento por obstrucción en estructuras de componentes de captación o en el proceso de desarenación	EXTREMO	Protocolo para la atención de eventos de contaminación: Presencia esporádica de una sustancia o material no esperado en el agua cruda y estructuras de captación	Medida de control fuerte	Existencia de un control horario en cada etapa del componente de potabilización. Además, protocolo para la atención de eventos de contaminación e Inspección periódica visual del estado del agua en la infraestructura del componente de captación.	Medida de Control Clave	Probable	4	Moderado	3	12	ALTO
5	Toma Superficial	Río Purral	Afectación en la calidad del agua por contaminación del Río Purral	EXTREMO	Protocolo para la atención de eventos de contaminación: Presencia esporádica de una sustancia o material no esperado en el agua cruda y que produce un efecto negativo en el componente de potabilización.	Medida de control fuerte	Existencia de un control horario en cada etapa del componente de potabilización. Además, protocolo para la atención de eventos de contaminación e Inspección periódica visual del estado del agua en la infraestructura del componente de captación.	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Moderado	3	6	MODERADO

Fuente: Elaboración propia.

8.4.3 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de componentes de potabilización del sistema

Cuadro 37. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control de componentes de potabilización.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
1	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Interrupción del Sistema de Abastecimiento por obstrucción en estructuras del proceso de desarenado	EXTREMO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control fuerte	Existencia de un control horario en cada etapa del componente de potabilización. Además, protocolo para la atención de eventos de contaminación así como inspección periódica visual del estado del agua cruda en la infraestructura de captación.	Medida de Control Clave	Probable	4	Moderado	3	12	ALTO
2	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de inundación	ALTO	Protocolo para atención de emergencias: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del componente de potabilización	Medida de control adecuada	Inspección visual del desarenador para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
3	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	ALTO	Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada	Inspección visual del desarenador para identificar y anticipar posibles puntos vulnerables ante un evento. Para programar mantenimiento	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
4	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura de acueducto (vulnerabilidad sanitaria)	ALTO	Protocolo para la atención de eventos de contaminación: Presencia esporádica de una sustancia o material no esperado en el agua cruda y estructuras de captación	Medida de control fuerte	Existencia de un control horario en cada etapa del componente de potabilización. Además, protocolo para la atención de eventos de contaminación así como inspección periódica visual del estado del agua cruda en la infraestructura de captación.	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
					Protocolo para la atención y generación de denuncias por afectación al recurso hídrico	Medida de control adecuada	Inspección visual del desarenador para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento							
5	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: materiales y herramientas	MODERADO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control pobre	Falta de vehículos por diversas razones, problemas de logística, contratación administrativa, otros	Medida de Control Clave	Posible	3	Menor	2	6	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
6	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	EXTREMO	Protocolo para la atención y generación de denuncias por afectación al recurso hídrico	Medida de control adecuada	Inspección visual del desarenador para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento, coordinación con Fuerza Pública, otros entes. Reforzamiento de infraestructura	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
7	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	BAJO	Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada	Inspección visual del desarenador para identificar y anticipar posibles puntos vulnerables ante un evento	Medida de Control Clave	Raro	1	Moderado	3	3	BAJO
8	Planta Potabilizadora	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: personal	EXTREMO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control adecuada	Materialización del riesgo por de personal para cubrir jornadas, horas extras. Largos períodos de tiempo para asignación de plaza y presupuesto.	Medida de Control Clave	Probable	4	Mayor	4	16	EXTREMO
9	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: vehículos	ALTO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control adecuada	Reasignación de vehículos entre unidades. Cumplimiento de inspección vehicular, solicitudes de reemplazos de flotilla vehicular	Medida de Control Clave	Probable	4	Moderado	3	12	ALTO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
10	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	ALTO	Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada	Inspección visual de la planta potabilizadora para identificar y anticipar posibles puntos vulnerables ante un evento	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
11	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	ALTO	Protocolo para la atención de eventos de contaminación: Presencia esporádica de una sustancia o material no esperado en el agua cruda y estructuras de captación	Medida de control fuerte	Existencia de un control horario en cada etapa del componente de potabilización. Además, protocolo para la atención de eventos de contaminación así como inspección periódica visual del estado del agua en la infraestructura del componente de potabilización	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
12	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por fallo de equipos de dosificación y/o control de calidad	ALTO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control fuerte	Existencia de un control horario en cada etapa del componente de potabilización. Además, protocolo para la atención de eventos de contaminación así como inspección periódica del estado de los equipos y el proceso de potabilización	Medida de Control Clave	Posible	3	Menor	2	6	MODERADO
13	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por interrupción en el suministro eléctrico requerido	MODERADO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control fuerte	Existencia de respaldo eléctrico. Además, gran parte de los procesos fueron diseñados o modificados para funcionar sin electricidad.	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	BAJO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
14	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	BAJO	Protocolo para atención de emergencias: Ocurrencia de cualquier causa o situación que ponga en riesgo la calidad o continuidad del componente de potabilización en la Planta Potabilizadora	Medida de control adecuada	Inspección visual de la planta potabilizadora para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural. Programación de mantenimiento correctivo y preventivo	Medida de Control Clave	Raro	1	Moderado	3	3	BAJO
15	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	MODERADO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control fuerte	Seguridad privada las 24 horas y en caso de incidente reporte inmediato a Fuerza Pública y OIJ	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	BAJO
16	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación en calidad del agua de proceso por fallo de equipos de dosificación y/o control de calidad	ALTO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control fuerte	Existencia de un control horario en cada etapa del componente de potabilización. Además, protocolo para la atención de eventos de contaminación e inspección periódica visual del estado del agua en la infraestructura y equipos de potabilización	Medida de Control Clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
17	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	ALTO	Proceso de potabilización (Código OSA-51)	Medida de control fuerte	Seguridad privada las 24 horas y en caso de incidente reporte inmediato a fuerza pública y OIJ	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	BAJO
18	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por errores humanos de operación por parte de los funcionarios en el componente de potabilización	BAJO	Formulario Informe de control diario de mantenimiento preventivo y correctivo de estaciones de desinfección, suministro de reactivos	Medida de control fuerte	Capacitación del personal. Supervisión de la jefatura inmediata. Monitoreo de cloro residual en la red de distribución.	Medida de Control Clave	Raro	1	Menor	2	2	LEVE
19	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	BAJO	Formulario Informe de control diario de mantenimiento preventivo y correctivo de estaciones de desinfección, suministro de reactivos	Medida de control adecuada	Inspección visual de las estructuras. Solicitar mantenimiento preventivo	Medida de Control Clave	Raro	1	Moderado	2	2	LEVE
20	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación en la salud de las personas por ocurrencia de fugas de gas cloro	MODERADO	Formulario Informe de control diario de mantenimiento preventivo y correctivo de estaciones de desinfección, suministro de reactivos	Medida de control fuerte	Se realiza una inspección mínima semanal en la estación de desinfección para la revisión del funcionamiento del proceso, mantenimiento y elaboración de informe.	Medida de Control Clave	Raro	1	Insignificante	1	1	LEVE

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
					Reglamento para la mitigación del riesgo, la atención de emergencias y desastres por la manipulación del cloro en los procesos del AyA (Acuerdo de Junta Directiva N° 2009-1060)	Medida de control hermética	Cumplimiento con lo indicado en el reglamento.							

Fuente: Elaboración propia

8.4.4 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de tanque de almacenamiento

Cuadro 38. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control de tanques.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
1	Tanque de almacenamiento	El Carmen de Goicoechea	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control fuerte	Inspección visual del tanque para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de la estructura.	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	Bajo
					Procedimiento Monitoreo, registro y control de parámetros operativos del acueducto (Código OSA-52-01-P)	Medida de control adecuada								
					Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada								
2	Tanque de almacenamiento	La Finca	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control fuerte	Inspección visual del tanque para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural. Programación de mantenimiento y	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	Bajo

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
					Procedimiento Monitoreo, registro y control de parámetros operativos del acueducto (Código OSA-52-01-P)	Medida de control adecuada	lavado sanitario de la estructura.							
				Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada									
3	Tanque de almacenamiento	Los Cuadros (en la Planta Potabilizadora)	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control fuerte	Inspección visual del tanque para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de la estructura.	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	Bajo
					Procedimiento Monitoreo, registro y control de parámetros operativos del acueducto (Código OSA-52-01-P)	Medida de control adecuada								
					Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada								
4	Tanque de almacenamiento	Metálico La Finca	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-	Medida de control fuerte	Inspección visual del tanque para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural. Programación de	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	Bajo

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
			(vulnerabilidad sanitaria)		GAM-2018-00177)		mantenimiento y lavado sanitario de la estructura.							
					Procedimiento Monitoreo, registro y control de parámetros operativos del acueducto (Código OSA-52-01-P)	Medida de control adecuada								
					Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada								
5	Tanque de almacenamiento	El Pueblo	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	ALTO	No se está aplicando ninguna medida de control	Sin medida de control	esta fuera de servicio							ALTO
6	Tanque de almacenamiento	La Finca / Los Cuadros / El Carmen	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control fuerte	Inspección visual de los tanques para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento natural. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.	Medida de Control Clave	Moderado	3	Menor	2	6	Moderado
					Inspecciones sanitarias anuales	Medida de control adecuada								
7	Tanque de almacenamiento	El Pueblo	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a	EXTREMO	No se está aplicando ninguna medida de control	Sin medida de control								EXTREMO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
			causa de deterioro y/o antigüedad											
8	Tanque de almacenamiento	La Finca / El Carmen	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada	BAJO	Normalización registral de terrenos y servidumbres / Adquisición de terrenos y servidumbres	Medida de control adecuada	Los terrenos se encuentran debidamente inscritos a nombre del AyA y se encuentran al día de pago de Bienes Inmuebles	Medida de Control Clave	Raro	1	Insignificante	1	1	LEVE
9	Tanque de almacenamiento	El Pueblo / Los Cuadros	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada	ALTO	Normalización registral de terrenos y servidumbres / Adquisición de terrenos y servidumbres	Medida de control adecuada	No se ha iniciado el proceso de regularización de los terrenos	Medida de Control Clave	Posible	3	Mayor	4	12	ALTO
10	Tanque de almacenamiento	La Finca / Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema De Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	BAJO	Procedimiento Monitoreo, registro y control de parámetros operativos del acueducto (Código OSA-52-01-P)	Medida de control fuerte	Seguridad privada las 24 horas y en caso de incidente reporte inmediato a fuerza pública y OIJ	Medida de Control Clave	Raro	1	Insignificante	1	1	LEVE
11	Tanque de almacenamiento	El Pueblo / EL Carmen	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	EXTREMO	Procedimiento Monitoreo, registro y control de parámetros operativos del acueducto (Código OSA-52-01-P)	Medida de control adecuada	Terreno sin seguridad, sin adecuado cerramiento ni monitoreo	Medida de Control Clave	Casi Certeza	5	Moderado	4	20	EXTREMO
12	Tanque de almacenamiento	La Finca / El Carmen	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción	Medida de control fuerte	Inspección del residual de cloro en cada tanque para identificar necesidad de	Medida de Control Clave	Poco Probable	2	Menor	2	4	Bajo

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
			Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)		y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)		rotación de agua. Programación de control de nivel de tanque.							
					Procedimiento Monitoreo, registro y control de parámetros operativos del acueducto (Código OSA-52-01-P)	Medida de control adecuada								
					Inspecciones sanitarias semanales	Medida de control adecuada								

Fuente: Elaboración propia.

8.4.5 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de estaciones de bombeo

Cuadro 39. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control en estaciones de bombeo.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
1	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	ALTO	Planes de contingencia para sistemas de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos	Medida de control clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
					Manejo de inventario de equipo de bombeo									
Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo														
					Control de criticidad de estaciones de bombeo									
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
2	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: vehículos	ALTO	Control de criticidad de estaciones de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos	Medida de control clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
					Manejo de inventario de equipo de bombeo									

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
3	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: presupuesto	MODERADO	Planes de contingencia para sistemas de bombeo Manejo de inventario de equipo de bombeo Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo Control de criticidad de estaciones de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos	Medida de control clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
4	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de incendio	MODERADO	Planes de contingencia para sistemas de bombeo Manejo de inventario de equipo de bombeo Indicadores de probabilidad de	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de	Medida de control clave	Poco probable	2	Moderado	3	6	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
					falla de equipos de bombeo		las estaciones y sus elementos							
					Control de criticidad de estaciones de bombeo									
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
5	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por interrupción en el suministro eléctrico requerido	MODERADO	Planes de contingencia para sistemas de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos	Medida de control clave	Poco probable	2	Moderado	3	6	MODERADO
					Manejo de inventario de equipo de bombeo									
					Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo									
					Control de criticidad de estaciones de bombeo									
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
6	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Interrupción de la potabilización y distribución del agua por cambios en la	MODERADO	Planes de contingencia para sistemas de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de	Medida de control clave	Raro	1	Moderado	3	3	BAJO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
			calidad a nivel de la fuente, generados por variaciones estacionales, fenómenos meteorológicos-climáticos o afectación antropogénica		Manejo de inventario de equipo de bombeo		impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos							
				Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo										
				Control de criticidad de estaciones de bombeo										
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
7	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: Recurso Humano	MODERADO	Control de criticidad de estaciones de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos	Medida de control clave	Poco probable	2	Moderado	3	6	MODERADO
				Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo										
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
8	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: materiales y herramientas	MODERADO	Control de criticidad de estaciones de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos	Medida de control clave	Poco probable	2	Moderado	3	6	MODERADO
					Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo									
					Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
9	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: equipo especializado de bombeo	MODERADO	Planes de contingencia para sistemas de bombeo	Medida de control fuerte	Existencia de un controles y manejos en las diferentes etapas del proceso de impulsión. Además, protocolo para la atención de eventos. Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos	Medida de control clave	Poco probable	2	Moderado	3	6	MODERADO
					Manejo de inventario de equipo de bombeo									
					Indicadores de probabilidad de falla de equipos de bombeo									
					Control de criticidad de estaciones de bombeo	Medida de control hermética	Inspección periódica visual del estado de las estaciones y sus elementos. Mantenimiento preventivo y correctivo							
Programación semanal de labores de mantenimiento en sistemas de bombeo														

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
10	Estación de Bombeo	Los Cuadros / Ipís	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada	ALTO	Normalización registral de terrenos y servidumbres / Adquisición de terrenos y servidumbres	Medida adecuada	No se ha iniciado el proceso de regularización de los terrenos	Medida de control clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO

Fuente: Elaboración propia.

8.4.6 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de líneas de tubería

Cuadro 40. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control en tuberías del sistema.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
1	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas de ríos	EXTREMO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la Dirección de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Probable	4	Moderado	3	12	ALTO
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							
2	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de deslizamiento	EXTREMO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la Dirección de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Probable	4	Mayor	4	16	EXTREMO
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							
3	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por	ALTO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la	Medida de control clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
			colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad		UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)		Dirección de Mantenimiento de Redes							
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							
4	Tuberías	Tubería de Conducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la Dirección de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Moderado	3	Menor	2	6	MODERADO
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							
5	Tuberías	Tubería de Distribución	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Bajo	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la Dirección de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Posible	3	Insignificante	1	3	BAJO
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
6	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	ALTO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la Dirección de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Posible	3	Moderado	3	9	MODERADO
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							
7	Tuberías	Tubería de Conducción	Salida de operación de infraestructura de Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la Dirección de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Posible	3	Menor	2	6	MODERADO
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							
8	Tuberías	Tubería de Conducción	Interrupción del Sistema de Abastecimiento por averías mayores en tuberías principales	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Programa establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por la Dirección de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Poco probable	2	Mayor	4	8	MODERADO

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
					Inspecciones sanitarias anuales		Inspección visual de las líneas de tubería para identificar posibles puntos vulnerables ante un evento. Programación de mantenimiento y lavado sanitario de las estructuras.							
9	Tuberías	Tubería de Aducción	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse invadido el terreno/servidumbre	EXTREMO	Normalización registral de terrenos y servidumbres / Adquisición de terrenos y servidumbres	Medida de control adecuada	No se ha iniciado el proceso de regularización de los terrenos	Medida de control clave	Probable	4	Catastrófico	5	20	EXTREMO
10	Tuberías	Tubería de Aducción	Accidente laboral por condiciones de difícil acceso a infraestructura de los componentes de tuberías en el Sistema de Abastecimiento	MODERADO	Programa de Capacitación de la UEN Producción y Distribución GAM 2019 Procedimiento gestión de accidentes y enfermedades (Código GTH-85-02-P) Procedimiento gestión de peligros y riesgos (Código GTH-85-03-P)	Medida de control adecuada	Se les capacita a los compañeros para el Uso adecuado de los implementos de seguridad Se cumple con los procedimientos establecidos por Salud Ocupacional	Medida de control clave	Poco probable	2	Menor	2	4	BAJO

Fuente: Elaboración propia.

8.4.7 Identificación de controles y evaluación de riesgos con medida de control a nivel de usuarios del servicio

Cuadro 41. Matriz de determinación de controles riesgos y evaluación de riesgos con medida de control usuarios.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
1	Red de Distribución	Usuarios	Disminución del caudal disponible para el Sistema de Abastecimiento por existencia de conexiones ilícitas	EXTREMO	<p>Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)</p> <p>Instructivo de atención de reportes de agua potable, órdenes de servicio, faltantes de agua y denuncias (Código UENPYD-INS-008)</p> <p>Procedimiento establecido para el accionamiento del servicio con camiones cisterna de agua potable en la GAM (SG-GSGAM-2021-00551)</p>	Medida de control adecuada	<p>Control establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por el departamento de Mantenimiento de Redes</p> <p>Procedimiento establecido para el abastecimiento de agua potable mediante cisternas, derivada de afectación en el sistema</p>	Medida de control clave	Posible	3	Mayor	4	12	ALTO
2	Red de Distribución	Usuarios	Disminución de la cantidad de horas de disponibilidad en el Sistema de Abastecimiento por obstrucción en tomas de captación, contaminación en la	MODERADO	Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de la UEN Producción y Distribución GAM (UEN-PyD-GAM-2018-00177)	Medida de control adecuada	Control establecido para minimizar el riesgo en las diferentes líneas de tuberías, aplicado por el departamento de Mantenimiento de Redes	Medida de control clave	Poco Probable	2	Moderado	3	6	Moderado

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación sin Medida de Control (Riesgo Absoluto)	Identificación de Controles				Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	Control	Evaluación del control	Justificación de evaluación del control	Clasificación del control	Probabilidad	Valor	Consecuencia (Impacto)	Valor	Resultado	Severidad
			microcuenca o por estiaje del Río Purral		Instructivo de atención de reportes de agua potable, órdenes de servicio, faltantes de agua y denuncias (Código UENPYD-INS-008)									
					Procedimiento establecido para el accionamiento del servicio con camiones cisterna de agua potable en la GAM (SG-GSGAM-2021-00551)		Procedimiento establecido para el abastecimiento de agua potable mediante cisternas, derivada de afectación en el sistema							

Fuente: Elaboración propia.

8.5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de administración del riesgo, identificación de un plan de mejoras (gestión del riesgo)

Se logra determinar un plan de mejora para cada uno de los riesgos que continúan como significativos, debido a que las medidas de control no existen o no son eficaces. A este plan se le asigna un posible periodo de ejecución y la unidad responsable. Con el fin de tener una línea para trazar el plan de mejora se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Priorización de los riesgos con base el criterio de análisis de severidad.
- Identificación de alternativas para la atención del riesgo y se analizó la forma en que se puede seguir gestionando.
- Planteamiento de un procedimiento para realizar el control de ejecución.
- Programación de la ejecución del plan, ya sea a corto, mediano o largo plazo.

El tipo de medida para atender el riesgo se describe en la figura 15, además, el resultado del análisis se desarrolla desde el cuadro 42 hasta el cuadro 48, presentando los planes de acción para los riesgos más relevantes.

Medidas de administración de riesgos

La prioridad en la aplicación de las medidas de administración será el resultado del análisis del riesgo absoluto versus riesgo controlado y se determinará de conformidad con prioridad establecida institucionalmente, a través del nivel de severidad en que cada riesgo se encuentra.

La identificación de las medidas se debe realizar, de forma tal que estas traten de abarcar la mayor cantidad de riesgos, cuya evaluación no ha sido aceptable, con la finalidad de que los planes de tratamiento y mitigación tengan una relación de costo-beneficio principalmente con miras a ubicarlo en un nivel de riesgos aceptable que permita el cumplimiento de los objetivos Institucionales.

La determinación del tipo de medida a implementar abarcará al menos uno de los siguientes supuestos:

Atender riesgos: consiste en actuar antes ante las consecuencias por la materialización de uno o varios factores de riesgo punto y aparte.

Modificar riesgos: consiste en controlar el impacto que pueden causar los factores de riesgo, considerando tanto la consecuencia como la probabilidad previa a que ocurra.

Prevenir riesgos: consiste en no llevar a cabo o modificar proyectos, funciones o actividades, para que logre su objetivo sin verse afectado por el riesgo.

Retener riesgos: consiste en no realizar las medidas anteriores de atender, modificar o prevenir riesgos, y estar en disposición de enfrentar las eventuales consecuencias en caso de materialización.

Figura 15. Medidas para administración de riesgos

Fuente: SEVRI, Unidad de Control Interno, 2020.

8.5.1 Plan de acción para administrar riesgos significativos en la cuenca

Cuadro 42. Plan de acción para riesgos significativos en la cuenca.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	microcuenca	microcuenca Río Purral	Interrupción del componente de potabilización, derivado en cambios en la calidad del recurso dentro de la microcuenca, asociados a cambios por variaciones estacionales, climáticos y antropogénicos	ALTO	Atender el riesgo	Incentivar y promover programa de gestión de microcuenca en AyA, Interinstitucional y terceros para el adecuado manejo de microcuenca. Intervención social por parte de la Dirección Ambiental	Recursos por Administración y tarifa Hídrica	UEN Gestión Ambiental AyA	II semestre 2022	Debe ser un proceso continuo en el tiempo
2	microcuenca	microcuenca Río Purral	Salida de operación de infraestructura de componentes del componente de potabilización de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas del Río	ALTO	Atender el riesgo	Incentivar y promover programa de gestión de microcuenca en AyA, Interinstitucional y terceros para el adecuado manejo de microcuenca. Intervención social por parte de la Dirección Ambiental	Recursos por Administración y tarifa Hídrica	UEN Gestión Ambiental AyA	II semestre 2022	Debe ser un proceso continuo en el tiempo
3	microcuenca	microcuenca Río Purral	Interrupción del componente de potabilización por cambios en la cantidad del agua disponible en la microcuenca generados por variaciones estacionales, climáticos y antropogénicos	MODERADO	Atender el riesgo	Incentivar y promover programa de gestión de microcuenca en AyA, Interinstitucional y terceros para el adecuado manejo de microcuenca. Intervención social por parte de la Dirección Ambiental	Recursos por Administración y tarifa Hídrica	UEN Gestión Ambiental AyA	II semestre 2022	Debe ser un proceso continuo en el tiempo

Fuente: Elaboración propia.

8.5.2 Plan de acción para administrar riesgos significativos en el aprovechamiento

Cuadro 43. Plan de acción para riesgos significativos en el aprovechamiento del Sistema de Abastecimiento.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas del Río	ALTO	Atender el riesgo	Identificación de aquellas vulnerabilidades estructurales de la obra captación y su documentación con recomendaciones al departamento de Mantenimiento Civil para mejora	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento de avenida máxima	Proceso continuo en el tiempo
2	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el proceso de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección.	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento de avenida máxima	Proceso continuo en el tiempo
3	Toma Superficial	Río Purral	Salida de operación en la infraestructura de componentes del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de inundación	ALTO	Atender el riesgo	Identificación de aquellas vulnerabilidades estructurales de la obra captación y su documentación con recomendaciones al departamento de Mantenimiento Civil para realizar mejora	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento de avenida máxima	Proceso continuo en el tiempo
4	Toma Superficial	Río Purral	Interrupción del suministro hacia el Sistema de Abastecimiento por obstrucción en estructuras de componentes de captación o en el proceso de desarenación	ALTO	Atender el riesgo	Comunicación con personal de turno y disponible para atender el evento natural. Realizar el mantenimiento respectivo y lavado sanitario	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras	Cada vez que se dé un evento de avenida máxima	Proceso continuo en el tiempo

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
5	Toma Superficial	Río Purral	Afectación en la calidad del agua por contaminación del Río Purral	MODERADO	Atender el riesgo	Aplicación del procedimiento por afectación del recurso hídrico de manera inmediata, Identificar el foco de contaminación para eliminarla o minimizar	Recursos por Administración	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección UEN PyD / UEN Gestión Ambiental	Cada vez que se dé un evento afectación de recuso hídrico captado	Proceso continuo en el tiempo

Fuente: Elaboración propia.

8.5.3 Plan de acción para administrar riesgos significativos en componentes de potabilización

Cuadro 44. Plan de acción para riesgos significativos en componentes de potabilización.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Interrupción del Sistema de Abastecimiento por obstrucción en estructuras del proceso de desarenado	ALTO	Atender el riesgo	Comunicación con personal de turno y disponible para atender el evento natural. Realizar el mantenimiento respectivo y lavado sanitario	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras	Cada vez que se dé un evento de avenida máxima	Proceso continuo en el tiempo
2	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de inundación	MODERADO	Atender el riesgo	Identificación de aquellas vulnerabilidades estructurales de la obra de desarenación y su documentación con recomendaciones al departamento de Mantenimiento Civil para realizar mejora	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento de avenida máxima	Proceso continuo en el tiempo
3	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el proceso de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección.	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	II semestre 2022	Proceso continuo en el tiempo
4	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura de acueducto (vulnerabilidad sanitaria)	MODERADO	Atender el riesgo	Aplicación del procedimiento por afectación del recurso hídrico de manera inmediata, Identificar el foco de contaminación para eliminarla o minimizar	Recursos por Administración	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección UEN PyD / UEN Gestión Ambiental	Cada vez que se dé un evento afectación de recuso hídrico captado	Proceso continuo en el tiempo
5	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación	MODERADO	Atender el riesgo	Documentación de los requerimientos necesarios para la realización de las funciones y solicitud de estos a las áreas encargadas	-	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección UEN PyD	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos						
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS						
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin	
			de recursos Institucionales: materiales y herramientas								
6	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el control de inspecciones sanitarias validar o actualizar dicho control. Mejorar y reforzar las estructuras y cierre perimetral de la propiedad	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento de vandalismo	Proceso continuo en el tiempo	
7	Desarenador	Desarenador Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	BAJO	Atender el riesgo	Identificación de aquellas vulnerabilidades estructurales de la obra de desarenación y su documentación con recomendaciones al departamento de Mantenimiento Civil para realizar mejora	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento sísmico	Proceso continuo en el tiempo	
8	Planta Potabilizadora	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: personal	EXTREMO	Atender el riesgo	Ampliación de jornadas laborales. Documentación de requerimientos de personal y envío de solicitud a la Dirección de Capital Humano. Documentación y solicitud de horas extras necesarias para cubrir jornadas	-	Dirección Plantas Potabilizadoras	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente	
9	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos Institucionales: vehículos	ALTO	Prevenir el riesgo	Documentación y solicitud de remplazo de flotilla vehicular en mal estado y de nuevas unidades para personal sin esta herramienta	-	Dirección Plantas Potabilizadoras	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente	
10	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el control de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección.	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	II semestre 2022	Proceso continuo en el tiempo	

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
11	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el control de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Aplicación y divulgación del protocolo en componente de potabilización, conforme lo estipulado en el manual de procedimiento de potabilización de agua de la Planta Potabilizadora.	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento de contaminación	Proceso continuo en el tiempo
12	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por fallo de equipos de dosificación y/o control de calidad	MODERADO	Atender el riesgo	Documentación de requerimientos en equipo, insumos, viáticos, horas extras y servicios. Realizar la solicitud de los recursos al área o áreas encargadas de licitaciones y presupuesto	-	Dirección Plantas Potabilizadoras	II semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
13	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por interrupción en el suministro eléctrico requerido	BAJO	Prevenir Riesgo	Realizar instalación de equipos alternativos. Continuar y reforzar los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos de los sistemas eléctricos y de respaldo. Coordinación y comunicación con el proveedor de la energía eléctrica del área	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras	II semestre 2022	Proceso continuo en el tiempo
14	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	BAJO	Atender el riesgo	Continuar con el control de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Identificación de aquellas vulnerabilidades estructurales para su atención inmediata	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento sísmico	Proceso continuo en el tiempo
15	Planta Filtros Rápidos	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	BAJO	Atender el riesgo	Continuar con el control de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Identificación de aquellas vulnerabilidades	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	II semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
						estructurales para su atención inmediata				
16	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación en calidad del agua de proceso por fallo de equipos de dosificación y/o control de calidad	MODERADO	Atender el riesgo	Documentación de requerimientos en equipo, insumos, viáticos, horas extras y servicios. Realizar la solicitud de los recursos al área o áreas encargadas de licitaciones y presupuesto	-	Dirección Plantas Potabilizadoras	II semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
17	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	BAJO	Atender el riesgo	Continuar con el control de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Identificación de aquellas vulnerabilidades estructurales para su atención inmediata	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Plantas Potabilizadoras / Dirección Mantenimiento Civil	II semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
18	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación a la calidad del agua por errores humanos de operación por parte de los funcionarios en el componente de potabilización	LEVE	No requiere plan de acción porque se da por aceptado el riesgo					
19	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	LEVE	No requiere plan de acción porque se da por aceptado el riesgo					
20	Estación de Desinfección	Planta Potabilizadora Los Cuadros	Afectación en la salud de las personas por ocurrencia de fugas de gas cloro	LEVE	No requiere plan de acción porque se da por aceptado el riesgo					

Fuente: Elaboración propia.

8.5.4 Plan de acción para administrar riesgos significativos en tanques de almacenamiento

Cuadro 45. Plan de acción para riesgos significativos en tanques del sistema.

Nº	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Tanque de almacenamiento	El Carmen de Goicoechea	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Bajo	Prevenir el riesgo	Continuar con el componente de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Mejorar y reforzar los componentes de registro de tanque y operación de válvulas claves. Labores comunicadas y asignadas a Mantenimiento Civil	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
2	Tanque de almacenamiento	La Finca	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Bajo	Prevenir el riesgo	Continuar con el componente de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Mejorar y reforzar los componentes de registro de tanque y operación de válvulas claves. Labores comunicadas y asignadas a Mantenimiento Civil	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
3	Tanque de almacenamiento	Los Cuadros (en la Planta Potabilizadora)	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Bajo	Prevenir el riesgo	Continuar con el componente de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Mejorar y reforzar los componentes de registro de tanque y operación de válvulas claves. Labores comunicadas y asignadas a Mantenimiento Civil	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente

Nº	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
4	Tanque de almacenamiento	Metálico La Finca	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Bajo	Prevenir el riesgo	Continuar con el componente de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Mejorar y reforzar los componentes de registro de tanque y operación de válvulas claves. Labores comunicadas y asignadas a Mantenimiento Civil	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
5	Tanque de almacenamiento	El Pueblo	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	ALTO	Atender el riesgo	Aplicar inspección sanitaria al tanque. Realizar las mejoras necesarias para asegurar la calidad y cantidad de recurso a almacenar en el punto. Mejorar cierre perimetral del terreno	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
6	Tanque de almacenamiento	La Finca / Los Cuadros / El Carmen	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	Moderado	Atender el riesgo	Continuar con el componente de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Mejorar y reforzar los componentes de registro de tanque y operación de válvulas claves. Labores comunicadas y asignadas a Mantenimiento Civil	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
7	Tanque de almacenamiento	El Pueblo	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	EXTREMO	Atender el riesgo	Aplicar inspección sanitaria al tanque. Realizar las mejoras necesarias para asegurar la calidad y cantidad de recurso a almacenar en el punto. Mejorar cierre perimetral del terreno	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
8	Tanque de almacenamiento	La Finca / El Carmen	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada	LEVE	No requiere plan de acción porque se da por aceptado el riesgo					
9	Tanque de almacenamiento	El Pueblo / Los Cuadros	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento	ALTO	Atender el riesgo	Remitir informe, datos e información necesaria para la regularización del terreno	Recursos por Administración	Dirección Operación del Acueducto /	II Semestre 2022	II Semestre 2024

Nº	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
			debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada					Dirección UEN PyD		
10	Tanque de almacenamiento	La Finca / Los Cuadros	Salida de operación de infraestructura del Sistema De Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	LEVE	No requiere plan de acción porque se da por aceptado el riesgo					
11	Tanque de almacenamiento	El Pueblo / EL Carmen	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de vandalismo	EXTREMO	Atender el riesgo	Aplicar inspección sanitaria al tanque. Realizar las mejoras necesarias para asegurar la calidad y cantidad de recurso a almacenar en el punto. Mejorar cierre perimetral del terreno	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto / Dirección Mantenimiento Civil	II Semestre 2022	Proceso que debe realizarse anualmente
12	Tanque de almacenamiento	La Finca / El Carmen	Afectación a la calidad del agua por contaminación en infraestructura del Sistema de Abastecimiento (vulnerabilidad sanitaria)	Bajo	Prevenir el riesgo	Continuar con el componente de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Incrementar control de nivel para asegurar rotación de agua.	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección Operación del Acueducto	Diario	Proceso continuo en el tiempo

Fuente: Elaboración propia.

8.5.5 Plan de acción para administrar riesgos significativos en estaciones de bombeo

Cuadro 46. Plan de acción para riesgos significativos en estaciones de bombeo.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	MODERADO	Atender el riesgo	Identificación de aquellas vulnerabilidades estructurales de la caseta y componentes. Realizar su documentación con recomendaciones al departamento de Mantenimiento Civil para mejora	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección de Bombeo / Dirección Mantenimiento Civil	Cada vez que se dé un evento sísmico	Proceso continuo en el tiempo
2	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: vehículos	MODERADO	Prevenir el riesgo	Documentación y solicitud de remplazo de flotilla vehicular en mal estado y de nuevas unidades para personal sin esta herramienta	-	Dirección de Bombeo	II Semestre 2022	Proceso debe de realizarse anualmente
3	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: presupuesto	MODERADO	Prevenir el riesgo	Documentación y solicitud de necesidades anualmente, dar seguimiento a las solicitudes realizadas	-	Dirección de Bombeo	II Semestre 2022	Proceso debe de realizarse anualmente
4	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de incendio	MODERADO	Atender el riesgo	Dar seguimiento a los controles establecidos para este riesgo. Comunicación directa con equipo de bomberos, contar con apagacendios y alarmas	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección de Bombeo	II Semestre 2022	Proceso debe de realizarse anualmente
5	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por interrupción en el suministro eléctrico requerido	MODERADO	Atender el riesgo	Realizar instalación de equipos alternativos. Continuar y reforzar los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos de los sistemas eléctricos y de respaldo. Coordinación y comunicación con el proveedor de la energía eléctrica del área	Recursos por Administración, dentro del programa de mantenimiento	Dirección de Bombeo	II Semestre 2022	Proceso debe de realizarse anualmente

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
6	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Interrupción de la potabilización y distribución del agua por cambios en la calidad a nivel de la fuente, generados por variaciones estacionales, fenómenos meteorológicos-climáticos o afectación antropogénica	BAJO	Atender el riesgo	Aplicación del procedimiento por afectación del recurso hídrico de manera inmediata. Identificar el foco de contaminación para eliminarla o minimizar	Recursos por Administración	Dirección Bombeo / Dirección UEN PyD / UEN Gestión Ambiental	Cada vez que se dé un evento afectación de recuso hídrico	Proceso continuo en el tiempo
7	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: Recurso Humano	MODERADO	Atender el riesgo	Ampliación de jornadas laborales. Documentación de requerimientos de personal y envío de solicitud a la unidad de Capital Humano. Documentación y solicitud de horas extras necesarias para cubrir jornadas	-	Dirección Bombeo	II Semestre 2022	Proceso debe realizarse anualmente
8	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: materiales y herramientas	MODERADO	Atender el riesgo	Documentación de los requerimientos necesarios para la realización de las funciones y solicitud de estos a las áreas encargadas	-	Dirección Bombeo	II Semestre 2022	Proceso debe realizarse anualmente
9	Estación de Bombeo	Finca de Coronado / Los Cuadros / Ipís	Incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las labores de operación y mantenimiento del Sistema de Abastecimiento por limitación de recursos en AyA: equipo especializado de bombeo	MODERADO	Atender el riesgo	Documentación de los requerimientos necesarios para la realización de las funciones y solicitud de estos a las áreas encargadas	-	Dirección Bombeo	II Semestre 2022	Proceso debe realizarse anualmente
10	Estación de Bombeo	Los Cuadros / Ipís	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse en propiedad privada	MODERADO	Atender el riesgo	Remitir informe, datos e información necesaria para la regularización del terreno	Recursos por Administración	Dirección Bombeo	II Semestre 2022	II Semestre 2024

Fuente: Elaboración propia.

8.5.6 Plan de acción para administrar riesgos significativos en líneas de tuberías

Cuadro 47. Plan de acción para riesgos significativos en tuberías.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de crecidas de ríos	ALTO	Prevenir el riesgo	Continuar con el proceso de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Programación de actividades a ejecutar por Administración y por contratación en caso de ser necesario.	Recursos por Administración	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	II Semestre 2022	II semestre 2023
2	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de deslizamiento	EXTREMO	Atender el riesgo	Programación de actividades inmediatas a ejecutar por Administración y por contratación en caso de ser necesario para reforzar después de la reparación.	Recursos por Administración	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	II Semestre 2022	II semestre 2023
3	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	MODERADO	Atender el riesgo	Mejorar las condiciones de las líneas actuales con cambio de material y diámetro. Colocación o reparación de ventosas	₡ 350,000,000.00	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	I Semestre 2023	I Semestre 2024
4	Tuberías	Tubería de Conducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	MODERADO	Atender el riesgo	Mejorar las condiciones de las líneas actuales con cambio de material y diámetro.	₡ 200,000,000.00	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	I Semestre 2023	I Semestre 2024
5	Tuberías	Tubería de Distribución	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por colapso generado a causa de deterioro y/o antigüedad	BAJO	Atender el riesgo	Mejorar las condiciones de las líneas actuales con cambio de material y diámetro.	₡ 50,000,000.00	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	I Semestre 2023	I Semestre 2024

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
6	Tuberías	Tubería de Aducción	Salida de operación de infraestructura del Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el proceso de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Programaciones inmediatas para atender el colapso	Recursos por Administración	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	Cada vez que se dé un evento sísmico	Proceso continuo en el tiempo
7	Tuberías	Tubería de Conducción	Salida de operación de infraestructura de Sistema de Abastecimiento por daños generados a causa de sismo	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el proceso de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Programaciones inmediatas para atender el colapso	Recursos por Administración	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	Cada vez que se dé un evento sísmico	Proceso continuo en el tiempo
8	Tuberías	Tubería de Conducción	Interrupción del Sistema de Abastecimiento por averías mayores en tuberías principales	MODERADO	Atender el riesgo	Continuar con el proceso de inspecciones sanitarias y mejorar el proceso realizando más constante la inspección. Programaciones inmediatas para atender el colapso	Recursos por Administración	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	Cada vez que se dé un evento de avería	Proceso continuo en el tiempo
9	Tuberías	Tubería de Aducción	Imposibilidad de operar y mantener infraestructura del Sistema de Abastecimiento debido a acceso restringido por encontrarse invadido el terreno/servidumbre	EXTREMO	Atender el riesgo	Remitir informe, datos e información necesaria para la regularización del terreno	Recursos por Administración	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV	II Semestre 2022	II Semestre 2024
10	Tuberías	Tubería de Aducción	Accidente laboral por condiciones de difícil acceso a infraestructura del componente de tuberías en el Sistema de Abastecimiento	BAJO	Atender el riesgo	Activar los protocolos, instituciones y colaboradores de la institución para la atención de este tipo de riesgo	Recursos por Administración	Macrozona Este - Mantenimiento de Redes zona IV / Salud Ocupacional	Cada vez que se dé el evento	Proceso continuo en el tiempo

Fuente: Elaboración propia.

8.5.7 Plan de acción para administrar riesgos significativos en usuarios al sistema

Cuadro 48. Plan de acción para riesgos significativos en usuarios.

N°	Identificación de Riesgos			Evaluación con medida de Control (Riesgo Controlado)	V. Plan de acción para administrar los riesgos					
	Tipo de Componente	Nombre del componente	Riesgo	Severidad	ACCIONES / MEDIDAS					
					Supuesto para selección del plan de acción	Plan de acción o actividades	Inversión Requerida	Responsable	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Red de Distribución	Usuarios	Disminución del caudal disponible para el Sistema de Abastecimiento por existencia de conexiones ilícitas	Alto	Atender el riesgo	Identificar los sectores con conexiones irregulares, que cuenta con tarifa fija, incluidos los asentamientos irregulares, y establecer el proceso de inclusión al sistema de comercial como usuarios del AyA	-	Dirección de Catastro y Comercial AyA, GAM	II Semestre 2022	II Semestre 2023
2	Red de Distribución	Usuarios	Disminución de la cantidad de horas de disponibilidad en el Sistema de Abastecimiento por obstrucción en tomas de captación, contaminación en la microcuenca o por estiaje del Río Purral	Moderado	Atender el riesgo	Identificar los sectores que presentan desabastecimiento, diseñar redundancia de abastecimiento por medio de otros sistemas, incrementar volumen de almacenamiento	Recursos por Administración	Dirección Operación del Acueducto / Macrozona Este -Mantenimiento de Redes zona IV / Dirección Programación y Control	II semestre 2023	II semestre 2024

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 49. Consolidado de resultados

Componente	Severidad									
	Cantidad de Riesgos Absolutos					Cantidad de Riesgos Controlados				
	Extremo	Alto	Moderado	Bajo	Leve	Extremo	Alto	Moderado	Bajo	Leve
Microcuencia	1	2					2	1		
Captación	2	3					3	2		
Potabilización	3	9	4	4		1	2	9	5	3
Tanques	2	2	6	2		2	2	1	5	2
Bombeo		3	7					9	1	
Tuberías	3	2	4	1		2	1	5	2	
Usuarios	1		1				1	1		
Subtotal	12	21	22	7	0	5	11	28	13	5
Total	62					62				

Fuente: Elaboración Propia.

El cuadro 49 resume la cantidad de riesgos identificados por severidad para cada componente como riesgos absolutos y controlados después de aplicar la medida de control.

9. Conclusiones

Se logra obtener el estado de los siete componentes del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, determinándose que el riesgo absoluto más significativo es Potabilización y Tuberías. También se identifica que el riesgo predominante se encuentra asociado con el vandalismo y la calidad del recurso en los diferentes componentes, principalmente en el sistema captación y sus líneas de aducción. Esto ocasiona que sean los puntos donde se presenta la mayor vulnerabilidad del sistema y, por ende, donde se tenga que realizar la mayor inversión de recursos para asegurar el servicio de agua potable a los usuarios que dependen de este sistema de abastecimiento.

La categorización de los riesgos permite determinar **medidas de control** para el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros con **una severidad de 12 riesgos extremos, 21 altos, 20 moderados, 7 bajos y ninguno leve.**

Con el establecimiento de 3 controles en la microcuenca, 4 en aprovechamiento, 7 en potabilización, 5 en tanques de almacenamiento, 7 en las estaciones de Bombeo, 6 en tuberías y 3 en usuarios, la gestión de los riesgos asociados en la **severidad se reduce de 12 a 5 riesgos en extremo, 21 a 11 en alto, mientras se incrementa en moderado de 20 a 27, en bajo de 7 a 12 y en leve pasa de 0 a 5.**

En cuanto al análisis realizado a nivel de microcuenca, se evidencia el deterioro hallado en esta, determinando riesgos significativos derivados de calidad, cantidad y avenidas máximas que se pueda presentar. Esto último es derivado de los tipos de uso de suelo que se presentan en la parte alta de la cuenca, ya que un gran porcentaje de cobertura corresponde a pastos con árboles dispersos, potenciando la escorrentía hacia las diferentes redes de drenaje, incluidos drenajes pluviales de las carreteras y los asentamientos humanos alrededor del área de influencia de la microcuenca. Esto acelera el proceso de arrastre de sedimentos y materiales gruesos que ocasionan obstrucciones en los componentes de captación y desarenado.

En lo que respecta a las condiciones estructurales de los componentes del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, se evidencia que los mayores riesgos se encuentran

asociados con las tuberías antiguas y de asbesto cemento (líneas de aducción y conducción), además de la infraestructura del tanque de almacenamiento El Pueblo, que se encuentra fuera de operación por el riesgo sanitario presente en el terreno y en la infraestructura propia del tanque. La planta potabilizadora requiere un diagnóstico para valorar si el comportamiento del aluminio residual, según los parámetros de significado para la salud del IRCACH, permite continuar con el suministro normal, ya que se considera apto para la ingesta hasta 900 µg/L.

Una de las vulnerabilidades que más se repite en la evaluación de los diferentes componentes y con severidades importantes son los riesgos asociados con la gestión propia del AyA, principalmente lo vinculado con la limitación de recursos como personal, vehículos, herramientas, equipos, horas extra y presupuesto. Estas corresponden a deficiencias que alteran los tiempos de respuesta de los encargados de las diferentes áreas, lo que propicia una incapacidad para cumplir de manera eficiente y eficaz las diferentes labores de operación del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros y que posiblemente comprometería los planes de acciones propuestos para la administración de los riesgos.

La representación geográfica de los diferentes usuarios dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros permite determinar zonas que no dispone con hidrómetros para la medición del consumo de agua potable. Esto puede deberse a asentamientos ilegales, conexiones ilícitas o error de la recopilación y manejo de la información geográfica. Sin embargo, se asume como un riesgo significativo por el tamaño de las áreas identificadas y sin cobertura de medición, situación que se ve reflejada en el agua no contabilizada del sistema de abastecimiento en estudio.

Se identifican una serie de controles disponibles y oficializados, como procedimientos, reglamentos, manuales, protocolos, formularios, programas, normas, instructivos y planes; que, por diferentes razones, en muchas ocasiones, no son aplicados debido a la falta de recursos económicos (presupuesto) y, principalmente, por ausencia de capital humano. No obstante, estas son herramientas para la gestión de los riesgos del sistema de abastecimiento que son aplicados como medidas de mitigación.

Por otro lado, el trabajo realizado mediante la interacción de un equipo multidisciplinario permitió realizar un diagnóstico y evaluación más exhaustiva de todo el sistema de abastecimiento, permitiendo trazar la más óptima gestión para los diferentes riesgos valorados.

El equipo que colaboró en la aplicación de la herramienta de identificación y gestión de riesgos del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros estaba compuesto por una serie de profesionales a cargo de los diferentes departamentos y unidades que operan el sistema de abastecimiento, a pesar de las dificultades para realizar el análisis y las evaluaciones, debido a sus diferentes cargas de trabajo. La participación de estos profesionales tiene su grado de importancia, porque estos colaboradores cuentan con la experiencia para poder definir los riesgos existentes y su plan de acción para gestionarlos.

La recopilación de información (como lo son las evaluaciones y los análisis realizados en esta investigación para el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros) ayuda a disponer de una línea base que AyA no dispone para el sistema de abastecimiento, a pesar de ser una microcuenca con grado de estrés hídrico considerable. Lo anterior permite atestiguar con una línea de datos científicos que para el abastecimiento de agua potable en calidad, cantidad, cobertura, costo, continuidad y conciencia ecológica que se brinda a los usuarios, según las condiciones económicas, condiciones administrativas, condiciones de cuenca y condiciones operativas con las que se relaciona el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, puede reducir o controlar su vulnerabilidad.

10. Recomendaciones

Es aconsejable realizar una convocatoria, al menos anual, de los diferentes colaboradores del AyA que participaron en la revisión de la herramienta PSA para la verificación de la eficacia de la herramienta aplicada y su actualización, donde se aplique una determinada metodología de evaluación, una frecuencia de verificación y la asignación de responsabilidades.

En el presente trabajo no se pudo contemplar el aspecto social y de resiliencia al cambio climático dentro del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, debido a una serie de

factores requeridos para este fin, siendo uno de los principales los profesionales especializados en la temática. Actualmente, el AyA no cuenta con este tipo de profesionales laborando directamente dentro de la operatividad de los sistemas de abastecimiento del GAM; recientemente, la Dirección de Gestión Ambiental creó una unidad social; sin embargo, no poseen la experiencia para una evaluación social dentro de los sistemas de abastecimiento del acueducto metropolitano. Bajo este panorama, es recomendable que, en futuras actualizaciones y con la experiencia adquirida en el tiempo por los profesionales de Gestión Ambiental, se incluyan estos aspectos y sus afectaciones directas en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Tomando en cuenta las dificultades que se puedan presentar para la gestión de los riesgos identificados, principalmente a nivel de microcuenca y de regularización de terrenos, es recomendable la invitación o la participación para establecer alianzas estratégicas con otras instituciones, tales como el Sistema Nacional de Área de Conservación (SINAC), el gobierno local, la Dirección de Aguas del MINAE, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Registro Nacional y, en este caso en específico, el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), como dueños de los terrenos del tanque El Pueblo, Bombeo Ipís, planta potabilizadora y parte de la línea de aducción.

Considerando las altas cargas de trabajo de los colaboradores del área operativa, es recomendable que, por parte del área funcional de gestión de riesgo institucional, inicien una serie de capacitaciones para el personal involucrado de una u otra manera en la aplicación y seguimiento del PSA y que debe tener el AyA para el sistema de abastecimiento en estudio.

Siendo identificados los riesgos asociados con la microcuenca como significativos, se recomienda un programa de monitoreo institucional e interinstitucional, iniciando con la identificación de los puntos focales de contaminación. Es importante establecer todo un programa de manejo de microcuenca, liderada por parte de la Dirección de Gestión Ambiental del AyA, ejecutado por medio de alianzas con los diferentes actores privados, de gestión pública y sociedad civil dentro del área de influencia de recarga; además, con la ejecución de diversos estudios (hidrológicos, geológicos, hidrogeológicos, sociales, biológicos, entre otros) que

permitan disponer con información que respalden acciones y estrategias enfocadas en mejoras dentro de la microcuenca, con el objetivo de mejorar la calidad y cantidad (disponibilidad) del recurso hídrico actual y futuro.

Es recomendable que, por parte de la Dirección de Gestión Ambiental y con apoyo de la UEN PyD GAM, se identifiquen las zonas de protección absoluta de la toma superficial sobre el río Purral. Además, es oportuno realizar la adquisición de las áreas identificadas para la protección del recurso. La compra de terrenos debe ser comandada por la parte de asesoría legal de bienes inmuebles del AyA, coordinación de la UEN PyD GAM y Dirección de Topografía.

Se debería proponer la creación de equipos de trabajo o comisión, lideradas por parte de la asesoría legal de bienes inmuebles del AyA, donde se involucre la UEN PyD, Dirección de Topografía, Avalúos y Notariado Institucional, con la finalidad de iniciar, lo antes posible, con la regularización de servidumbres de paso y mantenimiento de las tuberías de aducción, además de los terrenos del tanque El Pueblo, Bombeo Ipís y Planta Potabilizadora Los Cuadros.

De igual manera, se debe crear un equipo de trabajo o comisión entre instituciones y la sociedad civil, de modo que se brinde respuesta para el manejo de los asentamientos irregulares que habitan en terrenos dentro de la servidumbre de paso de la tubería de aducción, debido al alto riesgo asociado con los habitantes de estos asentamientos como para el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros. Por tratarse de un tema complejo y de afectación social, además de requerir el involucramiento de variados actores para su atención, es aconsejable que dicha acción sea dirigida, o bien que se genere una directriz con delegación de acciones desde la Presidencia Ejecutiva de AyA o la Gerencia General.

Es importante que, por medio de la Dirección de Gestión Ambiental y la UEN de Optimización de Sistemas GAM, se realice la determinación de disponibilidad del agua, tanto a nivel de cuenca (dentro del marco de monitoreo de cuenca) como en la disponibilidad del sistema de abastecimiento (análisis de oferta y demanda), con el objetivo de crear información relevante para tomar decisiones y estrategias en el futuro, y así atender de una manera más

eficiente la demanda que se pueda dar dentro de la zona de cobertura del Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros.

Es recomendable que, en la aplicación de la herramienta realizada, evaluación y gestión de riesgos en el Sistema de Abastecimiento ME-A-08 Los Cuadros, se asignen claramente las responsabilidades de las diferentes áreas identificadas en el plan de acción, además, se debe contar directamente con el apoyo de las diferentes áreas de apoyo y Gerencia General del AyA.

Hay un conflicto con lo establecido en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (Decreto N° 33903), ya que clasifica la calidad del agua del río Purrul, en no utilizable como fuente de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, con base en lo anterior, es evidente sugerir un diagnóstico de la metodología de dicho reglamento.

Las acciones recomendadas anteriormente deben propiciar que las instituciones públicas que brindan servicios bajo el esquema de bien social incluyan más activamente actores de la sociedad civil.

11. Bibliografía

AyA (2010). *Reseña histórica del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.*

<https://www.AyA.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Rese%C3%B1a%20hist%C3%B3rica%20del%20Instituto%20Costarricense%20de%20Acueductos%20y%20Alcantarillados.pdf>

AyA Acuerdo (2010). *Propuesta de organizacional funcional para la aplicación del SEVRI.*

https://www.AyAjd.com/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=68&id=10484&Itemid=1000000000000

AyA Acuerdo (2020). *Cierre del ciclo SEVRI 2018-2019.*

https://www.AyAjd.com/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=158&id=18419&Itemid=1000000000000

AyA/OPS/OMS. (2002). *Análisis Sectorial Agua Potable y Saneamiento.*

<https://www.AyA.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/An%C3%A1lisis%20sectorial%20agua%20potable%20y%20saneamiento%20de%20Costa%20Rica%20Informe%20final%202002.pdf>

Barboza Topping, R. (2018). *Diseño administrativo del Plan de Seguridad del Agua: propuesta metodológica.* <http://dspaceAyA.igniteonline.la/handle/AyA/437>

Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo.* Organización Mundial de la Salud. Ginebra.

<https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/103949/retrieve>

- Contraloría General de la República [CGR]. (2016). *Sistema Específico de Valoración de Riesgos Institucional* (SEVRI). https://www.pgr.go.cr/wp-content/uploads/2016/12/SEVRI_PGR_2016.docx
- Decenio del agua UN. (2014). *Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)*. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>
- Decreto Ejecutivo N° 25991. (1997). *Reglamento para la Calidad del Agua Potable*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=41585&nValor3=43839&strTipM=TC
- Decreto Ejecutivo N° 32327-S. (2005). *Reglamento para la Calidad del Agua Potable*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=54734&nValor3=59968&strTipM=TC
- Decreto Ejecutivo N° 33797-MJMOPT. (2007). *Declara datum horizontal oficial para Costa Rica, el CR05, enlazado al Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF2000) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para la época de medición 2005.83*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=60238&nValor3=67698&strTipM=TC
- Decreto Ejecutivo N° 39144. (2015). *Reforma Reglamento para la calidad del Agua Potable*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80050&nValor3=101479&strTipM=TC
- Decreto Ejecutivo N° 41499-S. (2019). *Reforma Reglamento para la calidad del Agua Potable*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=88074&nValor3=114926&strTipM=TC
- Decreto Ejecutivo N° 43342. (2020). *Declaratoria de interés público del Proyecto Abastecimiento para el Acueducto Metropolitano Quinta Etapa*.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=91373&nValor3=120617&strTipM=TC

Decreto Ejecutivo N° 38924-S (2015). *Reglamento para la Calidad del Agua Potable*. Diario oficial La Gaceta N° 170. Costa Rica.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=80047&nValor3=123709&strTipM=TC

Decreto Ejecutivo N° AR-PSAYA-2013, (2014). *Reforma Reglamento de Prestación de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado Sanitario e Hidrantes*. Diario oficial La Gaceta N°69. Costa Rica.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=78860&nValor3=103739&strTipM=TC

Decreto N° 41852-MP-MAG. (2019). *Declara estado de emergencia situación generada por déficit hídrico consecuencia de comportamiento anormal de precipitaciones con afectación en cantones de las provincias de Guanacaste, Puntarenas, Alajuela, Cartago y San José*.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=89439&nValor3=0&strTipM=TC

Decreto N° 41944-MP-MAG. (2019). *Reforma Declara estado de emergencia situación generada por déficit hídrico consecuencia de comportamiento anormal de precipitaciones con afectación en cantones de las provincias de Guanacaste, Puntarenas, Alajuela, Cartago y San José*.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=89720&nValor3=117832&strTipM=TC

Directriz CGR, (2005). *Directrices Generales para el Establecimiento y Funcionamiento del Sistema Específico de Valoración del Riesgo Institucional (SEVRI)*.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=55123&nValor3=75419&strTipM=TC

Directriz N° 032 – S. (2018). *Implementación de los planes de seguridad del agua y la participación del Ministerio de Salud*.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=87850&nValor3=114555&strTipM=FN

Echavarría, T. R. (2021). La Gestión por Cuenca en Costa Rica: genealogía y trayectoria de un concepto1. *Geopolítica*, 12(2), 277-304.

<https://revistas.ucm.es/index.php/GEOP/article/download/71202/4564456558895>

García Campos, N. G. (2019). *Plan de seguridad del agua de la Asada Las Vueltas, Parrita, Puntarenas*, 2019. http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/80372/TFG_%2C_%20Natalia%20Garcia%20Campos..pdf?sequence=1&isAllowed=y

García, N. (2019). *Plan de seguridad del agua ASADA las vueltas, Parrita, Puntarenas, 2019. Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Salud Pública para optar al grado y título de Maestría Profesional en Salud Pública con énfasis en Políticas en Salud.*

http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/80372/TFG_%2c_%20Natalia%20Garcia%20Campos..pdf?sequence=1&isAllowed=y

GWP. (2022). ¿Qué es la GIRH? [https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/como/Que-es-la-GIRH/#:~:text=La%20Gesti%C3%B3n%20Integrada%20de%20los%20Recursos%20H%C3%ADdricos%20\(GIRH\)%20es%20un,sostenibilidad%20de%20los%20ecosistemas%20vitaes](https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/como/Que-es-la-GIRH/#:~:text=La%20Gesti%C3%B3n%20Integrada%20de%20los%20Recursos%20H%C3%ADdricos%20(GIRH)%20es%20un,sostenibilidad%20de%20los%20ecosistemas%20vitaes).

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4 ed.). México: Mc Graw Hill Interamericana. IMN. (2022). Lluvia Diaria.

<https://www.imn.ac.cr/web/imn/isoyetas>

Ingeniería Sanitaria (2022). *Perfil Victor Maldonado*.

<http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/web/index.php/informacion-general/victor-maldonado>

International Water Association. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: método pormenorizado de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*.

Organización Mundial de la Salud.

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75142/9789243562636_spa.pdf

León, R. (2019). *Propuesta plan de seguridad del agua (PSA) para la Asociación Administradora del Acueducto Rural de San Miguel de Higuito de Desamparados.*

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11354>

Ley N° 1634. (1953). *Ley General de Agua Potable.*

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6825&nValor3=7296&strTipM=TC

Ley N° 2726. (1961). *Ley Constitutiva Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados.*

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=37097&nValor3=39114&strTipM=TC

Ley N° 8292, (2002). *Ley General de Control Interno.*

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=49185&nValor3=52569&strTipM=TC

Marroquín, C. P. A., Pérez, A. y Lozada, P. T. (2014). Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. *Revista EIA*, 11(21), 157-169.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5429765.pdf>

Mata, A. (2003). Abundancia, descuido y crisis del agua en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*,

25(1), 3-13. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8304591.pdf>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1989). *Hoja Cartográfica Istarú 3445-IV*. Edición 3.

Instituto Geográfico Nacional. Escala 1:50000. Color.

Mora Alvarado, D. (2020). *AyA: 50 años de salud y desarrollo.*

<https://dspaceAyA.igniteonline.la/handle/AyA/208>

Mora Alvarado, D. A. (2006). Evolución de las guías microbiológicas de la OMS para evaluar la calidad del agua para consumo humano: 1984-2004. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 15(29),

- 44-54. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292006000200006&script=sci_arttext&tlng=en
- Mora Alvarado, D. A., Chanto, R. F. y Portuguez Barquero, F. C. (2011). *Lo Intangible De Los Planes De Seguridad Del Agua*. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Lo%20intangible%20de%20los%20planes%20de%20seguridad%20del%20agua.pdf>
- Mora Navarro, J. G. y Femenía Ribera, C. (2008). AutoCAD aplicado a la Topografía. *Topografía y Cartografía*, 25(149), 16-24. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/40575/Mora%3bFemenia%20-%20AutoCAD%20aplicado%20a%20la%20Topograf%c3%ada.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Mora, D. (2011). *Lo intangible de los planes de seguridad del agua*. AyA. <https://www.AyA.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Lo%20intangible%20de%20los%20planes%20de%20seguridad%20del%20agua.pdf>
- Mora-Alvarado, D., Orozco-Gutiérrez, J., Solís-Castro, Y., Rivera-Navarro, P. C., Cambronero-Bolaños, D., Zúñiga-Zúñiga, L. A. y García-Aguilar, J. (2018). Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en Costa Rica (IRCACH). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(3), 3-14. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000300003#aff3
- Munguía-Paiz, Y., Lorz, R., Granados, R., Jiménez, R. (2011) *Diagnostico Comunitario Los Cuadros Purrál, Goicoechea. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos Rectoría de Sector Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH)*.
- Municipalidad de Goicoechea. (2022). *El Cantón*. <https://munigoicoechea.go.cr/inicio/el-canton/?v=67d1aa8e30c2>
- Núñez, M. R. y Calderón, J. F. V. (2014). Solución alternativa para la transformación directa de la información geográfica: el caso de Costa Rica ante el cambio del sistema oficial de coordenadas (Lambert a CRTM05). *Revista Geográfica de América Central*, 2(53), 15-38. <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744544001.pdf>

- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75142/1/9789243562636_spa.pdf.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano. Guía*. Ginebra. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
- Pérez-Vidal, A., Delgado-Cabrera, L. G. y Torres-Lozada, P. (2012). Evolución y perspectivas del Sistema de Abastecimiento de la ciudad de Santiago de Cali frente al aseguramiento de la calidad del agua potable. *Ingeniería y competitividad*, 14(2), 69-81. Página 10 del PDF. <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291325042003.pdf>
- Pérez-Vidal, A., Delgado-Cabrera, L. G., Escobar-Rivera, J. C., Cruz-Vélez, C. H. y Torres-Lozada, P. (2018). Análisis de peligros y puntos críticos de control en plantas convencionales de tratamiento de agua. *Interciencia*, 43(2), 85-92. <https://www.redalyc.org/journal/339/33956916004/html/>
- Pérez-Vidal, A., Escobar-Rivera, J. C. y Torres-Lozada, P. (2018). Evaluación del riesgo en procesos de tratamiento de agua para el desarrollo de un Plan de Seguridad del Agua-PSA. *Dyna*, 85(206), 304-310. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v85n206/0012-7353-dyna-85-206-00304.pdf>
- Pucha-Cofrep, F., Fries, A., Cánovas-García, F., Oñate-Valdivieso, F., González-Jaramillo, V. y Pucha-Cofrep, D. (2017). *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS*. Franz Pucha Cofrep. [https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=XOIsDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=ARCGIS+que+es&ots=0c0XTBZIrI&sig=QmUgzVSFLN3jT6V6wj6rNFr2bZg&redir_esc=y#v=onepage&q=ARCGIS %20que %20es&f=false](https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=XOIsDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=ARCGIS+que+es&ots=0c0XTBZIrI&sig=QmUgzVSFLN3jT6V6wj6rNFr2bZg&redir_esc=y#v=onepage&q=ARCGIS%20que%20es&f=false)
- Ramos, R. C. (2003). *La georreferenciación en cartografía*. In Buenos Aires, Argentina: ponencia presentada en el Primer Congreso de la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartografía. https://www.ign.gob.ar/descargas/geodesia/2003_la_georreferenciacion_en_cartografia.pdf
- Reglamento N° 2001-175. (2001). *Reglamento de Normas Técnicas y Procedimientos para el Mantenimiento Preventivo de los sistemas de abastecimiento de Agua*.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=59021

Solsona, F. (2002). *Guías para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los países en desarrollo*. Lima, Perú: OPS/CEPIS.

http://65.182.2.246/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14576/doc14576.pdf

TAHAL Consulting Eng. (1990). *Plan Maestro de Agua y Saneamiento y Alcantarillado Sanitario de la Gran Área Metropolitana*. Informe de Fase I. TAHAL Consulting Engineers Ltd. San José, Costa Rica

Unidad de Control Interno de AyA. (2018). *Sistema Específico de Valoración de Riesgo Institucional (SEVRI). Componentes del SEVRI para el AYA: Marco Orientador del SEVRI Ambiente de Apoyo sujetos Interesados*.

https://www.aya.go.cr/transparenciaInst/rendicion_cuentas/CiclosEvaluacionSEVRI/COMPONENTES%20DEL%20SEVRI-2018.pdf

Valdiviezo Castro, A. L. (2019). *Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores*.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4089/ICI_271.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zeledón, J.M. (2022). *DA-0808-2022. INFORME DE GESTIÓN, Periodo de Gobierno 2018 – 2022*.

https://da.go.cr/wp-content/uploads/2018/02/DA-0808-2022_Informe-Gestion-DA_2018-2022_VF.pdf

Zúñiga, N. C. y Mora, E. C. (2020). Evaluación de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable a partir de la percepción de personas usuarias: El caso en Cartago, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 95-122.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S221538962020000100095&script=sci_arttext

A las 2:15 pm visitó la planta la Doctora: Victoria Pacheco, revisó y olió el agua cruda y manifestó que a criterio de ella se podía tratar el agua, pero que quedaba a criterio de la Ing. Doña Acuña poner a trabajar la planta y mandar el agua a la población tratada. Inacio A. Guzmán

4:50 PM Planta en operación con 95 CPS Indico la Ing. Doña Doña Acuña.

De esta operación se le Indico al CC

11 AM Viene persona de canal 7 y canal 6 a recopilar información sobre la contaminación del agua

6:15 PM se activo la bomba pequeña se reporto al centro de control.

3 PM Viene personal del periodico al día.

Quando en la Planta de 6 PM a las Percepcionero Romero Entre 6:15 PM

6:30 pm viene a la Planta el señor GERMAN SALAZAR a Recoleccion muestras.

Viernes 8/3/02

6:50 PM se aumento el cloro a 2.3

NOTA La muestra que se colecto el señor GERMAN SALAZAR el cloro residual era de 0.8 mg/l

Manipulación en la válvula de moto de Platano queda cerrado.

En el bombeo queda en operación la bomba grande.

Entrega Planta operando con 88 CPS total

NOTA Indica la Ing Doña Doña Acuña. se debe de estar muestreando cada semana PH Alcalinidad turbiedad color olor y sabor cloro residual

Viernes 8 de marzo del 2002

Operador: Oscar Chaves Garpo

Servicio: 7:00 pm a 12:00 min

Tiempo: Bueno


Recibo la planta operando con 88 CPS

Figura 18. Jornada diaria del viernes 08 marzo 2002, a las 16h30 la planta potabilizadora vuelve a entrar en operación.

Fuente: AyA, 2022.

12.2. Anexo II. Manual de puestos clases vitales, tratamiento agua potable. Versión 08-2020

Jefe Técnico Especialista Tratamiento de Agua Potable


	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43192
			Página: 1 de 4
	JEFE	TÉCNICO	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

1. NATURALEZA

Coordinar, supervisar y ejecutar actividades técnicas especializadas en la operación y mantenimiento de las plantas potabilizadoras de agua.

2. FUNCIONES PRINCIPALES

1. Participar en la implementación de políticas, lineamientos, estrategias, normas, estándares, manuales y procedimientos; así como la implementación de planes, programas, proyectos y acciones en materia de potabilización de agua.
2. Coordinar, supervisar y ejecutar actividades relacionadas con la administración integrada de la información de potabilización de agua.
3. Administrar la planta potabilizadora bajo su responsabilidad.
4. Supervisar la manipulación y control de válvulas.
5. Supervisar el lavado de los componentes de la planta.
6. Coordinar, supervisar y ejecutar actividades relacionadas con la operación y el mantenimiento de las tomas, aducciones, desarenadores, floculadores, sedimentadores, filtros, tanques de almacenamiento y equipos de desinfección.
7. Supervisar el control de producción de calidad del agua, de caudal del ingreso y salida de agua, así como el control de niveles de tanques, manipulación y control de válvulas.
8. Supervisar el lavado de componente de planta.
9. Controlar y supervisar la preparación de granulometrías de medios filtrantes.
10. Controlar y supervisar las pruebas de cloración, dosificación de químicos (polímero, sulfato de aluminio, hipoclorito de sodio, cloro gas granulado).
11. Supervisar y controlar el cambio de cilindros de cloro gas.
12. Supervisar y controlar el muestreo de agua y determinación de parámetros del agua (turbiedad, alcalinidad, color, PH, cloro residual), entre otros.

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43192
			Página: 2 de 4
	JEFE	TÉCNICO	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional	
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020	Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020	


3. ACTIVIDADES GENERALES

1. Participar en procesos de adquisición y contratación de Bienes y Servicios; así como apoyar la ejecución de actividades de la contraparte técnica en la coordinación y control del cumplimiento de los términos contractuales.
2. Participar en la ejecución del diseño, implementación, ejecución y evaluación de acciones relacionadas con el sistema de Control Interno del Instituto, en la dependencia donde labora.
3. Revisar, corregir, aprobar y firmar; reportes, informes, cartas, memorandos u otros documentos en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
4. Elaborar y presentar reportes e informes en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
5. Elaborar y presentar propuestas de mejoramiento de la gestión de su puesto de trabajo en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña.
6. Participar en actividades de capacitación, reuniones, eventos, comités, comisiones o grupos de trabajos tanto internos como externos, en materia de su competencia y/o relacionados con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
7. Realizar otras actividades asignadas por su superior, en materia de su competencia y/o afines con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos e intereses del Instituto.

4. REQUISITOS

4.1. FORMACIÓN ACADÉMICA

60% o más de avance en una carrera universitaria aprobada en el área de Ingeniería: Civil, Construcción, Química o preparación equivalente.

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43192
			Página: 3 de 4
	JEFE	TÉCNICO	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

4.2. FORMACIÓN TÉCNICA

200 horas de capacitación en temas relacionados con inspección, supervisión de obras de mantenimiento de sistemas de agua potable y sus componentes, operación y mantenimiento de plantas potabilizadoras, entre otros.

4.3. EXPERIENCIA

1. Tres años de experiencia en labores operativas relacionadas con la ejecución de actividades de inspección, supervisión de obras de mantenimiento de componentes, tales como: sistemas de agua potable, operación y mantenimiento de plantas potabilizadoras.
2. Dos años de experiencia en labores de dirección de personal a nivel técnico y operativo.


4.4. REQUISITO LEGAL

Poseer Licencia para conducir vehículo, según corresponda.

4.5. COMPETENCIAS

Tipo	Competencia	Grado	Concepto según el grado
Institucional	Iniciativa	3	Busca otras alternativas para lograr las metas de implementación del cambio. Actúa cotidianamente buscando resolver las diferentes cuestiones que le se pueden presentar sin esperar que los otros resuelvan.
	Orientación de servicio al cliente	3	Sugiere y apoya acciones que permiten mejorar el servicio a los clientes. Se muestra siempre respetuoso y cortés ante las solicitudes de éstos.
	Compromiso y calidad organizacional	3	Mantiene una actitud diligente y promueve dentro del área de trabajo el mejoramiento continuo para el cumplimiento de los objetivos de la Dirección o Proceso, con el propósito de alcanzar la excelencia en la gestión y el logro de las metas de calidad deseadas.
Por clase ocupacional y funciones	Capacidad de organización	3	Organiza el trabajo del proceso y diseña planes de acción para cumplir oportunamente con las metas establecidas. Controla el uso de la información y los recursos a su cargo y define la ubicación y acceso de la información y los recursos necesarios para la ejecución del proceso de trabajo en el que participa o dirige.
	Destreza manual	3	Aplica los conocimientos y normas técnicas e institucionales en actividades manuales en la gestión ambiental, la operación, mantenimiento y comercialización de los sistemas de acueducto y alcantarillado, así como actividades de apoyo al funcionamiento, según el proceso en que participa.

Técnico Especialista Tratamiento de Agua Potable


	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43292	
			Página: 1 de 3	
	TÉCNICO	ESPECIALISTA	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional	
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020	

1. NATURALEZA

Ejecutar y controlar actividades técnicas en la operación y mantenimiento de los sistemas de potabilización de agua.


2. FUNCIONES PRINCIPALES

1. Participar en la implementación de políticas, lineamientos, estrategias, normas, estándares, manuales y procedimientos; así como la implementación de planes, programas, proyectos y acciones en materia de potabilización de agua.
2. Ejecutar y controlar actividades relacionadas con la administración integrada de la información de potabilización de agua.
3. Operar la planta potabilizadora bajo su responsabilidad.
4. Ejecutar y controlar la manipulación y control de válvulas.
5. Ejecutar y controlar el lavado de los componentes de la planta.
6. Ejecutar actividades relacionadas con la operación y el mantenimiento de las tomas, aducciones, desarenadores, floculadores, sedimentadores, filtros, tanques de almacenamiento y equipos de desinfección.
7. Ejecutar el control de producción de calidad del agua, de caudal del ingreso y salida de agua, así como el control de niveles de tanques, manipulación y control de válvulas.
8. Ejecutar el lavado de componente de planta.
9. Ejecutar la preparación de granulometrías de medios filtrantes.
10. Ejecutar las pruebas de cloración, dosificación de químicos (polímero, sulfato de aluminio, hipoclorito de sodio, cloro gas granulado).
11. Ejecutar el cambio de cilindros de cloro gas.
12. Ejecutar el muestreo de agua y determinación de parámetros del agua (turbiedad, alcalinidad, color, PH, cloro residual), entre otros.


	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43292 Página: 2 de 3
	TÉCNICO	ESPECIALISTA	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
	Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020	Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

3. ACTIVIDADES GENERALES

1. Participar en procesos de adquisición y contratación de Bienes y Servicios; así como apoyar la ejecución de actividades de la contraparte técnica en la coordinación y control del cumplimiento de los términos contractuales.
2. Participar en la ejecución del diseño, implementación, ejecución y evaluación de acciones relacionadas con el sistema de Control Interno del Instituto, en la dependencia donde labora.
3. Revisar, corregir, aprobar y firmar; reportes, informes, cartas, memorandos u otros documentos en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
4. Elaborar y presentar reportes e informes en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
5. Elaborar y presentar propuestas de mejoramiento de la gestión de su puesto de trabajo en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña.
6. Participar en actividades de capacitación, reuniones, eventos, comités, comisiones o grupos de trabajos tanto internos como externos, en materia de su competencia y/o relacionados con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
7. Realizar otras actividades asignadas por su superior, en materia de su competencia y/o afines con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos e intereses del Instituto.
8. Cumplir con las labores de mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas electromecánicos de las Plantas Potabilizadoras y de los componentes electrónicos de las estaciones de dosificación con los que cuenta la GAM.
9. Velar por que se realicen las reparaciones eléctricas de las edificaciones y las casas de las distintas Plantas, así como, en los paneles de control y en los sistemas de conducción electrónicos de los dosificadores de cloro de acuerdo con la programación.

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43292 Página: 3 de 3
	TÉCNICO	ESPECIALISTA	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
	Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020	Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

10. Velar por el cumplimiento de la programación de las labores de mantenimiento preventivo de la infraestructura de las Plantas Potabilizadoras.
11. Realizar cambios de previstas, cambios de cableado, sistemas de iluminación, ampliaciones de voltaje, levantamiento de croquis e interpretación de planos eléctricos, para las actividades de mantenimiento eléctrico de las Plantas potabilizadoras entre otros.
12. Realizar labores de apoyo en las detecciones de fluctuaciones eléctricas en las Plantas potabilizadoras.
13. Coordinar que se realice la carga y descarga de materiales para las reparaciones a ejecutar por parte del personal de mantenimiento electromecánico.
14. Realizar y dirigir las reparaciones electromecánicas y en el cierre de las órdenes de reparación de acuerdo con lo programado por la jefatura cuando esto es contratado.
15. Custodiar los materiales y velar por la correcta operación de equipos varios, como cortadoras, bombas, perforadoras, máquinas de soldar, entre otras, utilizadas en las actividades de mantenimiento electromecánico de la planta potabilizadora.
16. Realizar labores de inspección en el mantenimiento electromecánico que es realizado por empresas externas en plantas potabilizadoras cuando son sustituidos (materiales y equipos).
17. Realizar labores de apoyo en la operación y manipulación de válvulas, para reducir o aumentar la presión de agua en caso de fallas en los sistemas electromecánicos, mientras estos son restablecidos.
18. Control e inventario de materiales retirados de bodega, con respecto a los utilizados en el campo.
19. Llevar el control y los reportes de horas extras del personal bajo su cargo.

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43292 Página: 4 de 3
	TÉCNICO	ESPECIALISTA	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

20. Operar equipos y realizar cualesquiera otras labores que requiera la jefatura en el campo operativo.

4. REQUISITOS

4.1. FORMACIÓN ACADÉMICA

40% de avance en una carrera universitaria aprobada en el área de Ingeniería: Civil, Construcción, Electromecánica, Química o preparación equivalente.

4.2. FORMACIÓN TÉCNICA

200 horas de capacitación en temas relacionados con la operación y mantenimiento de plantas de potabilizadoras, sistemas de desinfección, entre otros.


4.3. EXPERIENCIA

1. Dos años de experiencia en labores técnicas relacionadas con la ejecución de actividades en mantenimiento y construcción de sistemas de agua potable y sus componentes, así como supervisión de personal.
2. Un año de experiencia en labores de dirección de personal a nivel técnico y operativo.

4.4. REQUISITO LEGAL


Poseer Licencia para conducir vehículo, según corresponda.

4.5. COMPETENCIAS

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43292
			Página: 5 de 3
	TÉCNICO	ESPECIALISTA	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

Tipo	Competencia	Grado	Concepto según el grado
Institucional	Iniciativa	2	Formula ideas para mejorar y resolver situaciones que compete a sus funciones sin esperar que las cosas queden sin resolver.
	Orientación de servicio al cliente	2	Trata en forma atenta y respetuosa a clientes internos y externos. En ocasiones recomienda acciones para mejorar la atención de los clientes, demostrando interés en sus requerimientos.
	Compromiso y calidad organizacional	2	Muestra lealtad institucional y disposición para ayudar a otros a completar sus tareas y superar obstáculos, comprometido con la búsqueda de mejora continua y la obtención de resultados de calidad deseados.
Por clase ocupacional y funciones	Destreza manual	3	Aplica los conocimientos y normas técnicas e institucionales en actividades manuales en la gestión ambiental, la operación, mantenimiento y comercialización de los sistemas de acueducto y alcantarillado, así como actividades de apoyo al funcionamiento, según el proceso en que participa.
	Trabajo en equipo	2	Participa activamente en los equipos de trabajo de su proceso, expresa ideas y opiniones y realiza propuestas, es tolerante ante las ideas, actitudes u opiniones de los otros miembros del equipo.

Técnico Tratamiento de Agua Potable

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43392
			Página: 1 de 3
	TÉCNICO	TÉCNICO	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

1. NATURALEZA


Ejecutar y realizar actividades en la operación y mantenimiento los sistemas de potabilización de agua.

2. FUNCIONES PRINCIPALES

1. Ejecutar y realizar actividades de apoyo en el proceso de potabilización del agua.
2. Ejecutar y realizar el control de apoyo de caudal de ingreso y salida de agua a la planta y nivel del tanque.
3. Apoyar en la ejecución de actividades de manipulación y control de válvulas.
4. Participar en la preparación de las granulometrías de los medios filtrantes.
5. Participar en el lavado de los componentes de la planta: filtros, sedimentadores, floculadores, desarenadores, tanques de almacenamiento y parrillas.
6. Ejecutar actividades de apoyo en el muestreo de agua.
7. Participar en la ejecución de las pruebas de cloración y cambio de cilindros de cloro gas, entre otros.

3. ACTIVIDADES GENERALES

1. Elaborar y presentar reportes e informes en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
2. Elaborar y presentar propuestas de mejoramiento de la gestión en su puesto de trabajo en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña.
3. Revisar, corregir, aprobar y firmar documentos en materia de su competencia y/o relacionadas con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43392
			Página: 2 de 3
	TÉCNICO	TÉCNICO	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

4. Participar en actividades de capacitación, reuniones, eventos, comités, comisiones o grupos de trabajos tanto internos como externos, en materia de su competencia y/o relacionados con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos Institucionales.
5. Realizar otras actividades asignadas por su superior, en materia de su competencia y/o afines con el cargo que desempeña, de acuerdo con los requerimientos e intereses del Instituto.

4. REQUISITOS

4.1. FORMACIÓN ACADÉMICA


Graduado de un Colegio Técnico Profesional o título de Bachiller en Educación Media; o preparación equivalente.

4.2. FORMACIÓN TÉCNICA

200 horas de capacitación en temas relacionados con operación y mantenimiento de plantas de potabilizadoras, sistemas de desinfección entre otros.

4.3. EXPERIENCIA

Dos años de experiencia en labores operativas relacionadas con la ejecución de actividades en mantenimiento y construcción de sistemas de agua potable y sus componentes.

	MANUAL AUXILIAR DE CARGOS VITALES		Código: 43392
			Página: 3 de 3
	TÉCNICO	TÉCNICO	SISTEMAS DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
	Estrato	Categoría	Área de Gestión Ocupacional
Elaborado por: Vera Arroyo Alvarez Fecha: Enero 2020		Revisado por: Dirección Gestión del Capital Humano Fecha: Enero 2020	Versión: No. 08-2020 Aprobado Acuerdo: AJD-2020-20 Fecha: Enero 2020

4.4. COMPETENCIAS

Tipo	Competencia	Grado	Concepto según el grado
Institucional	Iniciativa	1	Hace lo que debe hacer, bien hecho, sin que nadie se lo ordene.
	Orientación de servicio al cliente	1	Atiende las solicitudes de los clientes de forma respetuosa y amable, o canaliza las necesidades de los clientes para que sean resueltas.
	Compromiso y calidad organizacional	1	Realiza su trabajo orientado hacia el logro de los objetivos de la Dirección o Proceso y al cumplimiento de las metas establecidas.
Por clase ocupacional y funciones	Destreza manual	2	Utiliza los conocimientos técnicos necesarios para la ejecución de las actividades de su puesto de trabajo.
	Trabajo en equipo	1	Participa en los equipos de trabajo de su área o proceso, acepta las normas comunes establecidas, muestra disposición para ayudar y colaborar con los demás.

12.3. Anexo III. Análisis FQ en aluminio, hierro, cloro residual y turbiedad del agua clorada 2012 al 2021.

Cuadro 50. Aluminio residual agua clorada.

ID LAB	FECHA DE MUESTREC	PUNTO DE MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES
AYA-ID-05530-2012	16-ago.-12	CLORADA	Aluminio	189	µg/L
AYA-ID-01723-2013	11-mar.-13	CLORADA	Aluminio	677	µg/L
AYA-ID-04381-2013	10-jun.-13	CLORADA	Aluminio	367	µg/L
AYA-ID-06779-2013	09-sep.-13	CLORADA	Aluminio	481	µg/L
AYA-ID-09274-2013	04-dic.-13	CLORADA	Aluminio	555	µg/L
AYA-ID-00038-2014	09-ene.-14	CLORADA	Aluminio	293	µg/L
AYA-ID-01694-2014	10-mar.-14	CLORADA	Aluminio	202	µg/L
AYA-ID-02497-2014	01-abr.-14	CLORADA	Aluminio	190	µg/L
AYA-ID-05064-2014	03-jul.-14	CLORADA	Aluminio	129	µg/L
AYA-ID-08249-2014	24-oct.-14	CLORADA	Aluminio	73	µg/L
AYA-ID-01335-2015	27-feb.-15	CLORADA	Aluminio	133.3	µg/L
AYA-ID-06000-2015	05-ago.-15	CLORADA	Aluminio	68.4	µg/L
AYA-ID-04800-2016	21-may.-16	CLORADA	Aluminio	61.6	µg/L
AYA-ID-05688-2016	14-jun.-16	CLORADA	Aluminio	303.4	µg/L
AYA-ID-09066-2016	13-sep.-16	CLORADA	Aluminio	64.3	µg/L
AYA-ID-13094-2016	15-dic.-16	CLORADA	Aluminio	104.4	µg/L
AYA-ID-00305-2017	18-ene.-17	CLORADA	Aluminio	217.8	µg/L
AYA-ID-03756-2017	26-abr.-17	CLORADA	Aluminio	94.2	µg/L
AYA-ID-09910-2017	02-oct.-17	CLORADA	Aluminio	80.2	µg/L
AYA-ID-07970-2018	08-ago.-18	CLORADA	Aluminio	282.8	µg/L
AYA-ID-11426-2018	08-nov.-18	CLORADA	Aluminio	80.5	µg/L
AYA-ID-01676-2019	07-mar.-19	CLORADA	Aluminio	220.4	µg/L
AYA-ID-04577-2019	05-jun.-19	CLORADA	Aluminio	300.3	µg/L
AYA-ID-07165-2019	03-sep.-19	CLORADA	Aluminio	196.9	µg/L
AYA-ID-09859-2019	12-nov.-19	CLORADA	Aluminio	73.2	µg/L
AYA-ID-00441-2020	05-feb.-20	CLORADA	Aluminio	298.5	µg/L
AYA-ID-01515-2020	06-mar.-20	CLORADA	Aluminio	106.9	µg/L
AYA-ID-02318-2020	14-abr.-20	CLORADA	Aluminio	95.6	µg/L
AYA-ID-03407-2020	19-may.-20	CLORADA	Aluminio	119.1	µg/L
AYA-ID-04114-2020	09-jun.-20	CLORADA	Aluminio	460.9	µg/L
AYA-ID-04714-2020	02-jul.-20	CLORADA	Aluminio	119.6	µg/L
AYA-ID-05285-2020	05-ago.-20	CLORADA	Aluminio	143.7	µg/L
AYA-ID-06343-2020	18-sep.-20	CLORADA	Aluminio	62	µg/L
AYA-ID-06682-2020	06-oct.-20	CLORADA	Aluminio	156.5	µg/L
AYA-ID-08265-2020	26-nov.-20	CLORADA	Aluminio	130.6	µg/L
AYA-ID-08781-2020	16-dic.-20	CLORADA	Aluminio	168.9	µg/L
AYA-ID-00279-2021	27-ene.-21	CLORADA	Aluminio	413.5	µg/L
AYA-ID-00428-2021	02-feb.-21	CLORADA	Aluminio	106.3	µg/L
AYA-ID-01258-2021	01-mar.-21	CLORADA	Aluminio	175.9	µg/L
AYA-ID-02373-2021	15-abr.-21	CLORADA	Aluminio	167.4	µg/L

Fuente: Lab. Nac. Aguas AyA, 2021.

Cuadro 51. Hierro residual agua clorada.

ID LAB	FECHA DE MUESTREC	PUNTO DE MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES
AYA-ID-00852-2012	14-may.-12	CLORADA	Hierro	32	µg/L
AYA-ID-05530-2012	16-ago.-12	CLORADA	Hierro	44	µg/L
AYA-ID-01723-2013	11-mar.-13	CLORADA	Hierro	107	µg/L
AYA-ID-04381-2013	10-jun.-13	CLORADA	Hierro	55	µg/L
AYA-ID-06779-2013	09-sep.-13	CLORADA	Hierro	84	µg/L
AYA-ID-09274-2013	04-dic.-13	CLORADA	Hierro	82	µg/L
AYA-ID-00038-2014	09-ene.-14	CLORADA	Hierro	36	µg/L
AYA-ID-01694-2014	10-mar.-14	CLORADA	Hierro	17	µg/L
AYA-ID-02497-2014	01-abr.-14	CLORADA	Hierro	38	µg/L
AYA-ID-05064-2014	03-jul.-14	CLORADA	Hierro	17	µg/L
AYA-ID-08249-2014	24-oct.-14	CLORADA	Hierro	4	µg/L
AYA-ID-01335-2015	27-feb.-15	CLORADA	Hierro	13.3	µg/L
AYA-ID-06000-2015	05-ago.-15	CLORADA	Hierro	5.4	µg/L
AYA-ID-04800-2016	21-may.-16	CLORADA	Hierro	14.3	µg/L
AYA-ID-05688-2016	14-jun.-16	CLORADA	Hierro	53.2	µg/L
AYA-ID-09066-2016	13-sep.-16	CLORADA	Hierro	8.8	µg/L
AYA-ID-13094-2016	15-dic.-16	CLORADA	Hierro	6.7	µg/L
AYA-ID-00305-2017	18-ene.-17	CLORADA	Hierro	14.3	µg/L
AYA-ID-03756-2017	26-abr.-17	CLORADA	Hierro	5.1	µg/L
AYA-ID-09910-2017	02-oct.-17	CLORADA	Hierro	19.6	µg/L
AYA-ID-07970-2018	08-ago.-18	CLORADA	Hierro	36.5	µg/L
AYA-ID-11426-2018	08-nov.-18	CLORADA	Hierro	11.4	µg/L
AYA-ID-01676-2019	07-mar.-19	CLORADA	Hierro	33.7	µg/L
AYA-ID-04577-2019	05-jun.-19	CLORADA	Hierro	31.3	µg/L
AYA-ID-07165-2019	03-sep.-19	CLORADA	Hierro	26.9	µg/L
AYA-ID-09859-2019	12-nov.-19	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-00441-2020	05-feb.-20	CLORADA	Hierro	27.9	µg/L
AYA-ID-01515-2020	06-mar.-20	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-02318-2020	14-abr.-20	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-03407-2020	19-may.-20	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-04114-2020	09-jun.-20	CLORADA	Hierro	66.2	µg/L
AYA-ID-04714-2020	02-jul.-20	CLORADA	Hierro	D.	µg/L
AYA-ID-05285-2020	05-ago.-20	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-06343-2020	18-sep.-20	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-06682-2020	06-oct.-20	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-08265-2020	26-nov.-20	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-08781-2020	16-dic.-20	CLORADA	Hierro	25	µg/L
AYA-ID-00279-2021	27-ene.-21	CLORADA	Hierro	73.2	µg/L
AYA-ID-00428-2021	02-feb.-21	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-01258-2021	01-mar.-21	CLORADA	Hierro	N.D.	µg/L
AYA-ID-02373-2021	15-abr.-21	CLORADA	Hierro	D.	µg/L

Fuente: Lab. Nac. Aguas AyA, 2021.

Cuadro 52. Cloro residual libre residual agua clorada.

ID LAB	FECHA DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES
AYA-ID-05530-2012	16-ago.-12	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.8	mg/L
AYA-ID-04381-2013	10-jun.-13	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.71	mg/L
AYA-ID-06779-2013	09-sep.-13	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.8	mg/L
AYA-ID-09274-2013	04-dic.-13	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.7	mg/L
AYA-ID-00038-2014	09-ene.-14	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.7	mg/L
AYA-ID-01694-2014	10-mar.-14	CLORADA	Cloro Residual Libre	N.D.	mg/L
AYA-ID-02497-2014	01-abr.-14	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.6	mg/L
AYA-ID-05064-2014	03-jul.-14	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.93	mg/L
AYA-ID-01335-2015	27-feb.-15	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.75	mg/L
AYA-ID-05688-2016	14-jun.-16	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.66	mg/L
AYA-ID-09066-2016	13-sep.-16	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.55	mg/L
AYA-ID-00305-2017	18-ene.-17	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.64	mg/L
AYA-ID-03756-2017	26-abr.-17	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.5	mg/L
AYA-ID-09910-2017	02-oct.-17	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.6	mg/L
AYA-ID-01792-2018	28-feb.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.62	mg/L
AYA-ID-02031-2018	06-mar.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.56	mg/L
AYA-ID-05625-2018	06-jun.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.67	mg/L
AYA-ID-06966-2018	09-jul.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.63	mg/L
AYA-ID-07970-2018	08-ago.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.74	mg/L
AYA-ID-09059-2018	06-sep.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.78	mg/L
AYA-ID-10126-2018	10-oct.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.79	mg/L
AYA-ID-11426-2018	08-nov.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.7	mg/L
AYA-ID-12849-2018	15-dic.-18	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.82	mg/L
AYA-ID-01676-2019	07-mar.-19	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.91	mg/L
AYA-ID-04577-2019	05-jun.-19	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.75	mg/L
AYA-ID-07165-2019	03-sep.-19	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.72	mg/L
AYA-ID-09859-2019	12-nov.-19	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.76	mg/L
AYA-ID-00441-2020	05-feb.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.43	mg/L
AYA-ID-01515-2020	06-mar.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.7	mg/L
AYA-ID-03407-2020	19-may.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.7	mg/L
AYA-ID-04114-2020	09-jun.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.6	mg/L
AYA-ID-04714-2020	02-jul.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.61	mg/L
AYA-ID-05285-2020	05-ago.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.76	mg/L
AYA-ID-06343-2020	18-sep.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.81	mg/L
AYA-ID-06682-2020	06-oct.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.77	mg/L
AYA-ID-08265-2020	26-nov.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.57	mg/L
AYA-ID-08781-2020	16-dic.-20	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.7	mg/L
AYA-ID-00279-2021	27-ene.-21	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.71	mg/L
AYA-ID-00428-2021	02-feb.-21	CLORADA	Cloro Residual Libre	0.73	mg/L
AYA-ID-01258-2021	01-mar.-21	CLORADA	Cloro Residual Libre	1	mg/L
AYA-ID-02373-2021	15-abr.-21	CLORADA	Cloro Residual Libre	1.05	mg/L

Fuente: Lab. Nac. Aguas AyA, 2021.

Cuadro 53. Turbiedad agua clorada

ID LAB	FECHA DE MUESTREC	PUNTO DE MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES
AYA-ID-00852-2012	14-may.-12	CLORADA	Turbiedad	0.5	UNT
AYA-ID-03281-2012	17-may.-12	CLORADA	Turbiedad	0.1	UNT
AYA-ID-05530-2012	16-ago.-12	CLORADA	Turbiedad	0.4	UNT
AYA-ID-07982-2012	13-nov.-12	CLORADA	Turbiedad	0	UNT
AYA-ID-01723-2013	11-mar.-13	CLORADA	Turbiedad	0.8	UNT
AYA-ID-04381-2013	10-jun.-13	CLORADA	Turbiedad	0.8	UNT
AYA-ID-06779-2013	09-sep.-13	CLORADA	Turbiedad	1	UNT
AYA-ID-09274-2013	04-dic.-13	CLORADA	Turbiedad	1.8	UNT
AYA-ID-00038-2014	09-ene.-14	CLORADA	Turbiedad	0.9	UNT
AYA-ID-01694-2014	10-mar.-14	CLORADA	Turbiedad	0.2	UNT
AYA-ID-02497-2014	01-abr.-14	CLORADA	Turbiedad	0.3	UNT
AYA-ID-05064-2014	03-jul.-14	CLORADA	Turbiedad	0.2	UNT
AYA-ID-08249-2014	24-oct.-14	CLORADA	Turbiedad	0.2	UNT
AYA-ID-01335-2015	27-feb.-15	CLORADA	Turbiedad	0.3	UNT
AYA-ID-03369-2015	05-may.-15	CLORADA	Turbiedad	0.3	UNT
AYA-ID-06000-2015	05-ago.-15	CLORADA	Turbiedad	0.7	UNT
AYA-ID-04800-2016	21-may.-16	CLORADA	Turbiedad	0.34	UNT
AYA-ID-05688-2016	14-jun.-16	CLORADA	Turbiedad	N.D.	UNT
AYA-ID-09066-2016	13-sep.-16	CLORADA	Turbiedad	0.4	UNT
AYA-ID-13094-2016	15-dic.-16	CLORADA	Turbiedad	0.23	UNT
AYA-ID-00305-2017	18-ene.-17	CLORADA	Turbiedad	0.4	UNT
AYA-ID-03756-2017	26-abr.-17	CLORADA	Turbiedad	0.42	UNT
AYA-ID-09910-2017	02-oct.-17	CLORADA	Turbiedad	0.32	UNT
AYA-ID-01792-2018	28-feb.-18	CLORADA	Turbiedad	0.99	UNT
AYA-ID-02031-2018	06-mar.-18	CLORADA	Turbiedad	0.4	UNT
AYA-ID-05625-2018	06-jun.-18	CLORADA	Turbiedad	0.58	UNT
AYA-ID-06966-2018	09-jul.-18	CLORADA	Turbiedad	0.52	UNT
AYA-ID-07970-2018	08-ago.-18	CLORADA	Turbiedad	0.29	UNT
AYA-ID-09059-2018	06-sep.-18	CLORADA	Turbiedad	0.42	UNT
AYA-ID-10126-2018	10-oct.-18	CLORADA	Turbiedad	0.54	UNT
AYA-ID-11426-2018	08-nov.-18	CLORADA	Turbiedad	0.21	UNT
AYA-ID-12849-2018	15-dic.-18	CLORADA	Turbiedad	0.84	UNT
AYA-ID-01676-2019	07-mar.-19	CLORADA	Turbiedad	0.31	UNT
AYA-ID-04577-2019	05-jun.-19	CLORADA	Turbiedad	D.	UNT
AYA-ID-07165-2019	03-sep.-19	CLORADA	Turbiedad	0.3	UNT
AYA-ID-09859-2019	12-nov.-19	CLORADA	Turbiedad	0.26	UNT
AYA-ID-00441-2020	05-feb.-20	CLORADA	Turbiedad	0.84	UNT
AYA-ID-01515-2020	06-mar.-20	CLORADA	Turbiedad	0.53	UNT
AYA-ID-02318-2020	14-abr.-20	CLORADA	Turbiedad	0.29	UNT
AYA-ID-03407-2020	19-may.-20	CLORADA	Turbiedad	N.D.	UNT
AYA-ID-04114-2020	09-jun.-20	CLORADA	Turbiedad	0.87	UNT
AYA-ID-04714-2020	02-jul.-20	CLORADA	Turbiedad	D.	UNT
AYA-ID-05285-2020	05-ago.-20	CLORADA	Turbiedad	D.	UNT
AYA-ID-06343-2020	18-sep.-20	CLORADA	Turbiedad	0.48	UNT
AYA-ID-06682-2020	06-oct.-20	CLORADA	Turbiedad	0.5	UNT
AYA-ID-08265-2020	26-nov.-20	CLORADA	Turbiedad	1.2	UNT
AYA-ID-08781-2020	16-dic.-20	CLORADA	Turbiedad	0.53	UNT
AYA-ID-00279-2021	27-ene.-21	CLORADA	Turbiedad	0.19	UNT
AYA-ID-00428-2021	02-feb.-21	CLORADA	Turbiedad	0.2	UNT
AYA-ID-01258-2021	01-mar.-21	CLORADA	Turbiedad	0.4	UNT
AYA-ID-02373-2021	15-abr.-21	CLORADA	Turbiedad	0.2	UNT

Fuente: Lab. Nac. Aguas AyA, 2021.

Cuadro 54. Hierro agua cruda / Fuente Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.

ID LAB	FECHA DE MUESTREC	PUNTO DE MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES
AYA-ID-00047-2011	05-ene.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-00910-2011	09-feb.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-02590-2011	14-abr.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.12	mg/L
AYA-ID-03040-2011	09-may.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.21	mg/L
AYA-ID-03748-2011	07-jun.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.15	mg/L
AYA-ID-04553-2011	05-jul.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.24	mg/L
AYA-ID-05342-2011	09-ago.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.19	mg/L
AYA-ID-06083-2011	12-sep.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-06720-2011	04-oct.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.11	mg/L
AYA-ID-07649-2011	15-nov.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.12	mg/L
AYA-ID-08095-2011	05-dic.-11	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.24	mg/L
AYA-ID-00229-2012	09-ene.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.15	mg/L
AYA-ID-01492-2012	12-mar.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-02336-2012	11-abr.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-02336-2012	11-abr.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-00849-2012	14-may.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.2	mg/L
AYA-ID-04715-2012	09-jul.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.42	mg/L
AYA-ID-05527-2012	16-ago.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.6	mg/L
AYA-ID-06312-2012	10-sep.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.3	mg/L
AYA-ID-07026-2012	02-oct.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.6	mg/L
AYA-ID-07979-2012	13-nov.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.36	mg/L
AYA-ID-08627-2012	06-dic.-12	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.28	mg/L
AYA-ID-00125-2013	14-ene.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.22	mg/L
AYA-ID-00828-2013	12-feb.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.42	mg/L
AYA-ID-01720-2013	11-mar.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.52	mg/L
AYA-ID-02533-2013	09-abr.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-03423-2013	14-may.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.4	mg/L
AYA-ID-04378-2013	10-jun.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.58	mg/L
AYA-ID-05311-2013	09-jul.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.48	mg/L
AYA-ID-06163-2013	14-ago.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.76	mg/L
AYA-ID-06776-2013	09-sep.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.4	mg/L
AYA-ID-08036-2013	15-oct.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.62	mg/L
AYA-ID-08802-2013	19-nov.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.2	mg/L
AYA-ID-09271-2013	04-dic.-13	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.14	mg/L
AYA-ID-00035-2014	09-ene.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.38	mg/L
AYA-ID-00805-2014	10-feb.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.36	mg/L
AYA-ID-01691-2014	10-mar.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.2	mg/L
AYA-ID-02494-2014	01-abr.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.18	mg/L
AYA-ID-03544-2014	15-may.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.44	mg/L
AYA-ID-04029-2014	04-jun.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.34	mg/L
AYA-ID-05061-2014	03-jul.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.12	mg/L
AYA-ID-05854-2014	11-ago.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.36	mg/L
AYA-ID-06748-2014	09-sep.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	1	mg/L
AYA-ID-07627-2014	01-oct.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	1	mg/L
AYA-ID-08512-2014	10-nov.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.5	mg/L
AYA-ID-09327-2014	03-dic.-14	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.52	mg/L
AYA-ID-00113-2015	13-ene.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.46	mg/L
AYA-ID-00647-2015	03-feb.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.42	mg/L
AYA-ID-01634-2015	09-mar.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.32	mg/L
AYA-ID-01795-2015	13-mar.-15	CRUDA	Hierro	285	µg/L
AYA-ID-02800-2015	14-abr.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.24	mg/L
AYA-ID-03366-2015	05-may.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.3	mg/L
AYA-ID-04395-2015	08-jun.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.42	mg/L
AYA-ID-04716-2015	16-jun.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.3	mg/L
AYA-ID-05323-2015	07-jul.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.8	mg/L
AYA-ID-05997-2015	05-ago.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.04	mg/L
AYA-ID-07065-2015	09-sep.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.28	mg/L
AYA-ID-09597-2015	14-oct.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.52	mg/L
AYA-ID-10525-2015	04-nov.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.3	mg/L
AYA-ID-11766-2015	03-dic.-15	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.34	mg/L
AYA-ID-00107-2016	12-ene.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.4	mg/L
AYA-ID-00984-2016	10-feb.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.4	mg/L
AYA-ID-01692-2016	01-mar.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.4	mg/L
AYA-ID-03358-2016	18-abr.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.16	mg/L
AYA-ID-04237-2016	10-may.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.2	mg/L
AYA-ID-04799-2016	21-may.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.42	mg/L
AYA-ID-05685-2016	14-jun.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.60	mg/L
AYA-ID-06772-2016	12-jul.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.16	mg/L
AYA-ID-07723-2016	10-ago.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.18	mg/L
AYA-ID-09063-2016	13-sep.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.36	mg/L
AYA-ID-11246-2016	08-nov.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.22	mg/L
AYA-ID-13091-2016	15-dic.-16	CRUDA	Hierro (1-10 Fenantrolina)	0.74	mg/L
AYA-ID-06883-2017	14-jul.-17	CRUDA	Hierro	711.2	µg/L
AYA-ID-00438-2020	05-feb.-20	CRUDA	Hierro	296.8	µg/L
AYA-ID-03404-2020	19-may.-20	CRUDA	Hierro	739.4	µg/L
AYA-ID-05282-2020	05-ago.-20	CRUDA	Hierro	374.2	µg/L
AYA-ID-08262-2020	26-nov.-20	CRUDA	Hierro	532.3	µg/L
AYA-ID-01255-2021	01-mar.-21	CRUDA	Hierro	204.7	µg/L

Cuadro 55. Manganeso agua cruda / Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas de AyA.

ID LAB	FECHA DE MUESTREC	PUNTO DE MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES
AYA-ID-00302-2017	18-ene.-17	CRUDA	Magnesio	6.2	mg/L
AYA-ID-06883-2017	14-jul.-17	CRUDA	Magnesio	4.9	mg/L
AYA-ID-01789-2018	28-feb.-18	CRUDA	Magnesio	6.5	mg/L
AYA-ID-07967-2018	08-ago.-18	CRUDA	Magnesio	1.2	mg/L
AYA-ID-11423-2018	08-nov.-18	CRUDA	Magnesio	D.	mg/L
AYA-ID-01673-2019	07-mar.-19	CRUDA	Magnesio	6.9	mg/L
AYA-ID-04574-2019	05-jun.-19	CRUDA	Magnesio	6.8	mg/L
AYA-ID-07162-2019	03-sep.-19	CRUDA	Magnesio	7.2	mg/L
AYA-ID-09856-2019	12-nov.-19	CRUDA	Magnesio	6.2	mg/L
AYA-ID-00438-2020	05-feb.-20	CRUDA	Magnesio	6.8	mg/L
AYA-ID-03404-2020	19-may.-20	CRUDA	Magnesio	7.1	mg/L
AYA-ID-05282-2020	05-ago.-20	CRUDA	Magnesio	6.8	mg/L
AYA-ID-08262-2020	26-nov.-20	CRUDA	Magnesio	5.8	mg/L
AYA-ID-01255-2021	01-mar.-21	CRUDA	Magnesio	6.6	mg/L

Cuadro 56. Manganeso agua cruda / Fuente Laboratorio Nacional de Aguas de AyA

ID LAB	FECHA DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES
AYA-ID-06884-2017	14-jul.-17	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Hierro	32.9	µg/L
AYA-ID-00439-2020	05-feb.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Hierro	59.1	µg/L
AYA-ID-03405-2020	19-may.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Hierro	103.9	µg/L
AYA-ID-05283-2020	05-ago.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Hierro	114.6	µg/L
AYA-ID-08263-2020	26-nov.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Hierro	37.1	µg/L
AYA-ID-01256-2021	01-mar.-21	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Hierro	43.7	µg/L
AYA-ID-06884-2017	14-jul.-17	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Manganeso	9.1	µg/L
AYA-ID-00439-2020	05-feb.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Manganeso	N.D.	µg/L
AYA-ID-03405-2020	19-may.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Manganeso	N.D.	µg/L
AYA-ID-05283-2020	05-ago.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Manganeso	N.D.	µg/L
AYA-ID-08263-2020	26-nov.-20	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Manganeso	N.D.	µg/L
AYA-ID-01256-2021	01-mar.-21	MEZCLA DE SEDIMENTADORES	Manganeso	N.D.	µg/L

12.4. Anexo IV. Planos constructivos de la planta potabilizadora Los Cuadros y el desarenador.

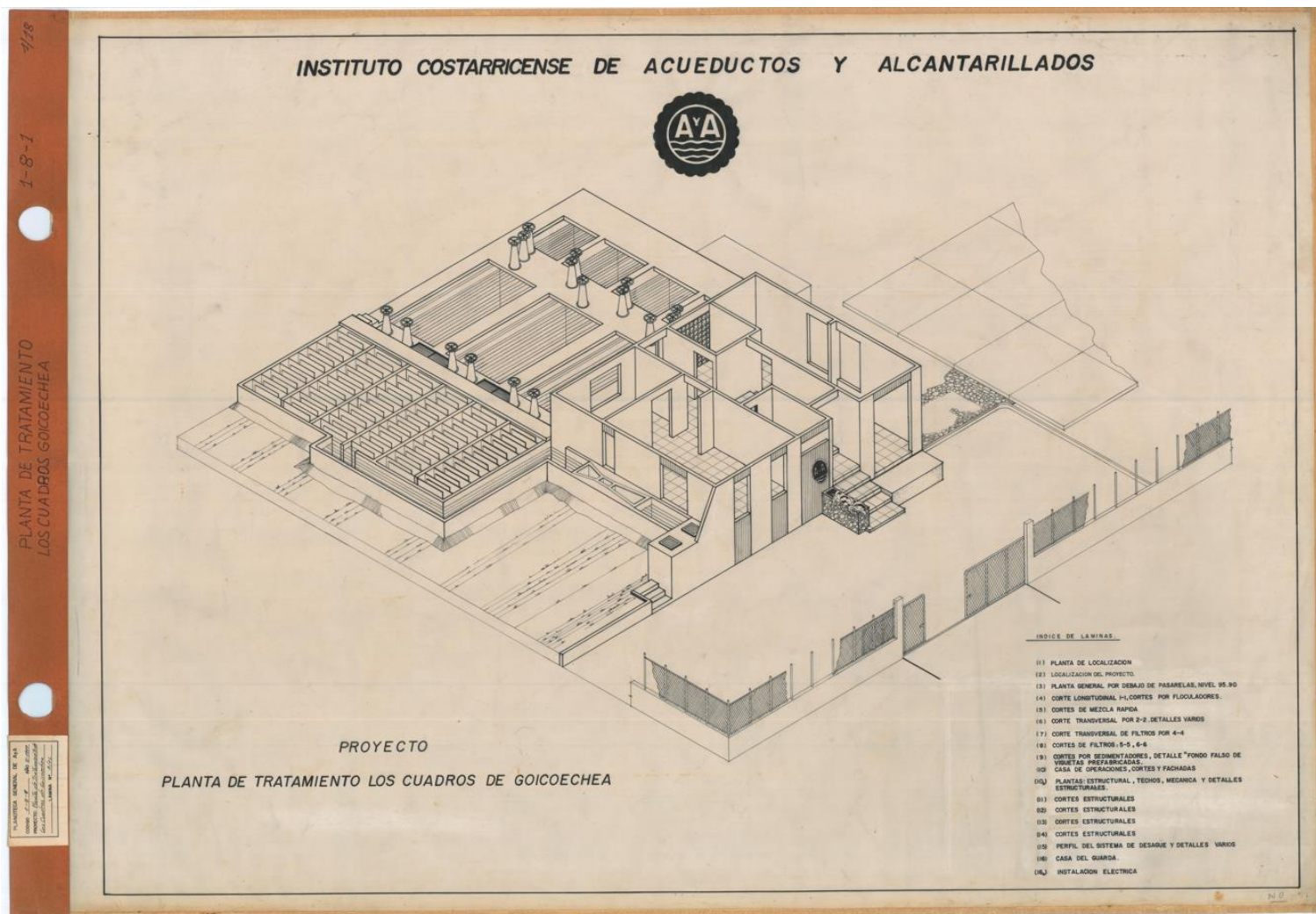


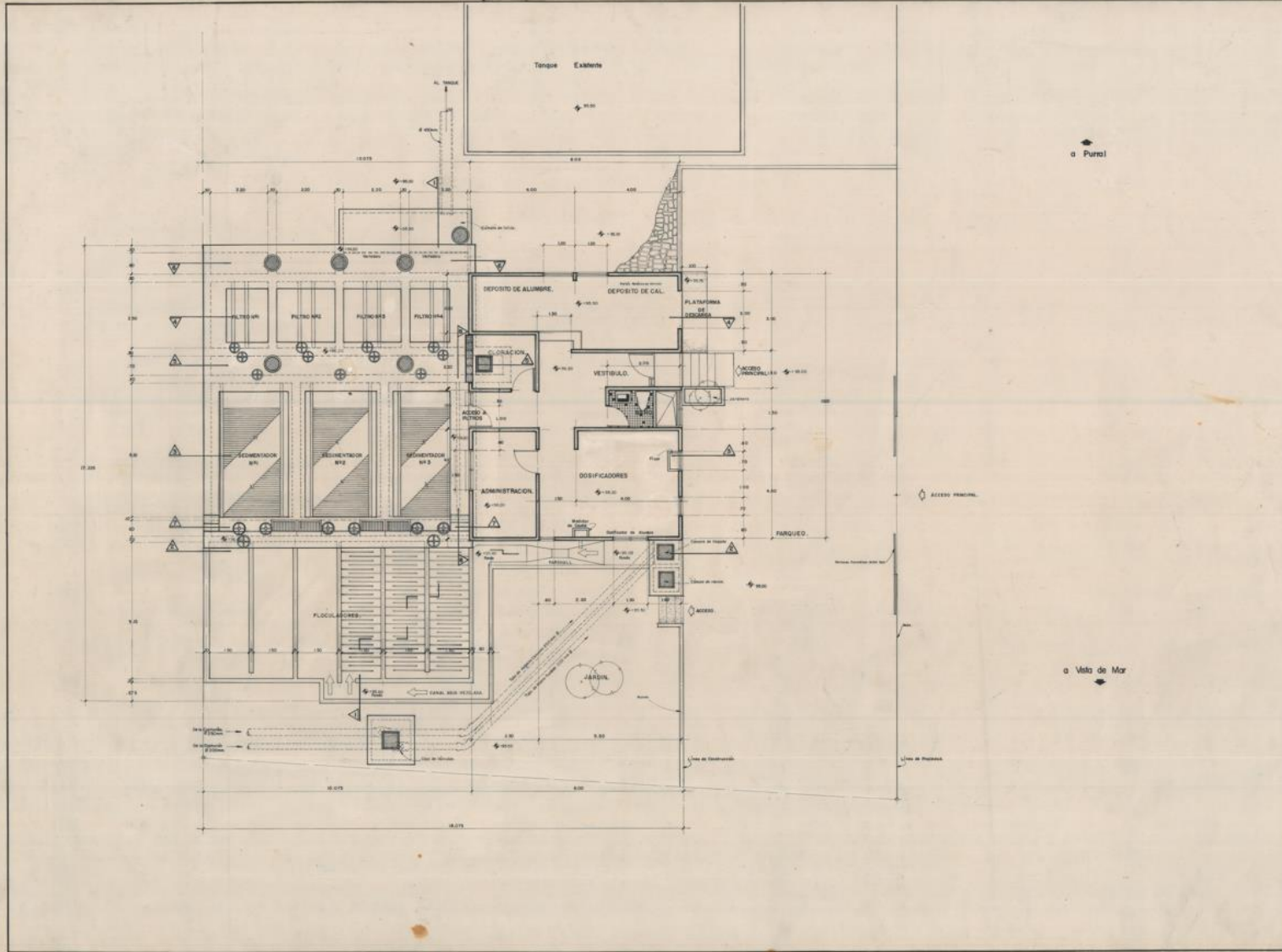
Figura 19. Detalle general de la planta / Fuente AyA.

3/18

1-8-1

PLANTA DE TRATAMIENTO
LOS CUADROS GOICOECHEA

COMISIÓN GENERAL DE P.A.
CONSEJO DE P.A.
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
LABORATORIO DE P.A.

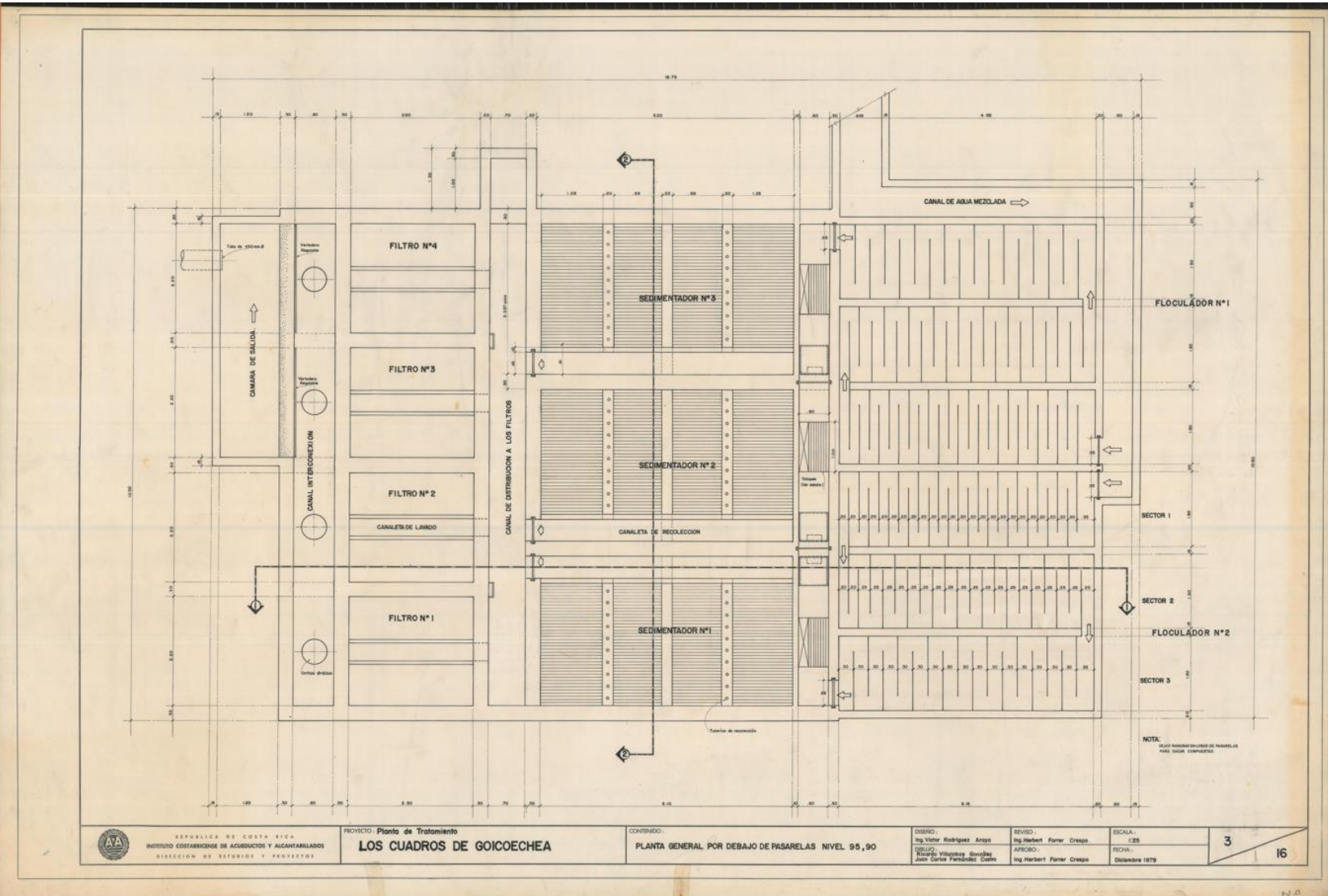


PLANTA de Tratamiento LOS CUADROS DE GOICOECHEA Capacidad 90.410 m ³ /h	CONTENIDO: PLANTA DE LOCALIZACION	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALcantarillados DIRECTOR DE ESTUDIOS Y PROYECTOS	REPUBLICA DE COSTA RICA MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES	ESCALA 1:500	16
				FECHA 1984	

Figura 20. Vista Planta de localización / Fuente AyA.

1-8-1 113

ANEXO PLANTA DE TRATAMIENTO
LOS CUADROS GOICOECHEA



<p>REPUBLICA DE COSTA RICA INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS</p>	<p>PROYECTO: Planta de Tratamiento LOS CUADROS DE GOICOECHEA</p>	<p>CONTENIDO: PLANTA GENERAL POR DEBAJO DE PASARELAS NIVEL 95,90</p>	<table border="1"> <tr> <td> <p>DISENO: Ing Victor Rodriguez Araya</p> </td> <td> <p>REVISO: Ing Herbert Fomer Crespo</p> </td> <td> <p>ESCALA: 1:25</p> </td> </tr> <tr> <td> <p>SEALO: Ricardo Villalobos Sanchez Juan Carlos Fernandez Castro</p> </td> <td> <p>AFRISO: Ing Herbert Fomer Crespo</p> </td> <td> <p>FECHA: Diciembre 1979</p> </td> </tr> </table>	<p>DISENO: Ing Victor Rodriguez Araya</p>	<p>REVISO: Ing Herbert Fomer Crespo</p>	<p>ESCALA: 1:25</p>	<p>SEALO: Ricardo Villalobos Sanchez Juan Carlos Fernandez Castro</p>	<p>AFRISO: Ing Herbert Fomer Crespo</p>	<p>FECHA: Diciembre 1979</p>
	<p>DISENO: Ing Victor Rodriguez Araya</p>	<p>REVISO: Ing Herbert Fomer Crespo</p>	<p>ESCALA: 1:25</p>						
<p>SEALO: Ricardo Villalobos Sanchez Juan Carlos Fernandez Castro</p>	<p>AFRISO: Ing Herbert Fomer Crespo</p>	<p>FECHA: Diciembre 1979</p>							
		3	16						

Figura 21. Planta General / Fuente AyA.

1-8-1 7/18

PLANTA DE TRATAMIENTO
LOS CUADROS DE GOICOECHEA

PLANTILLA ORIGINAL DE 1944
CANTONAL...
INSTRUMENTADO...
CONSERVADO...
CANTONAL...

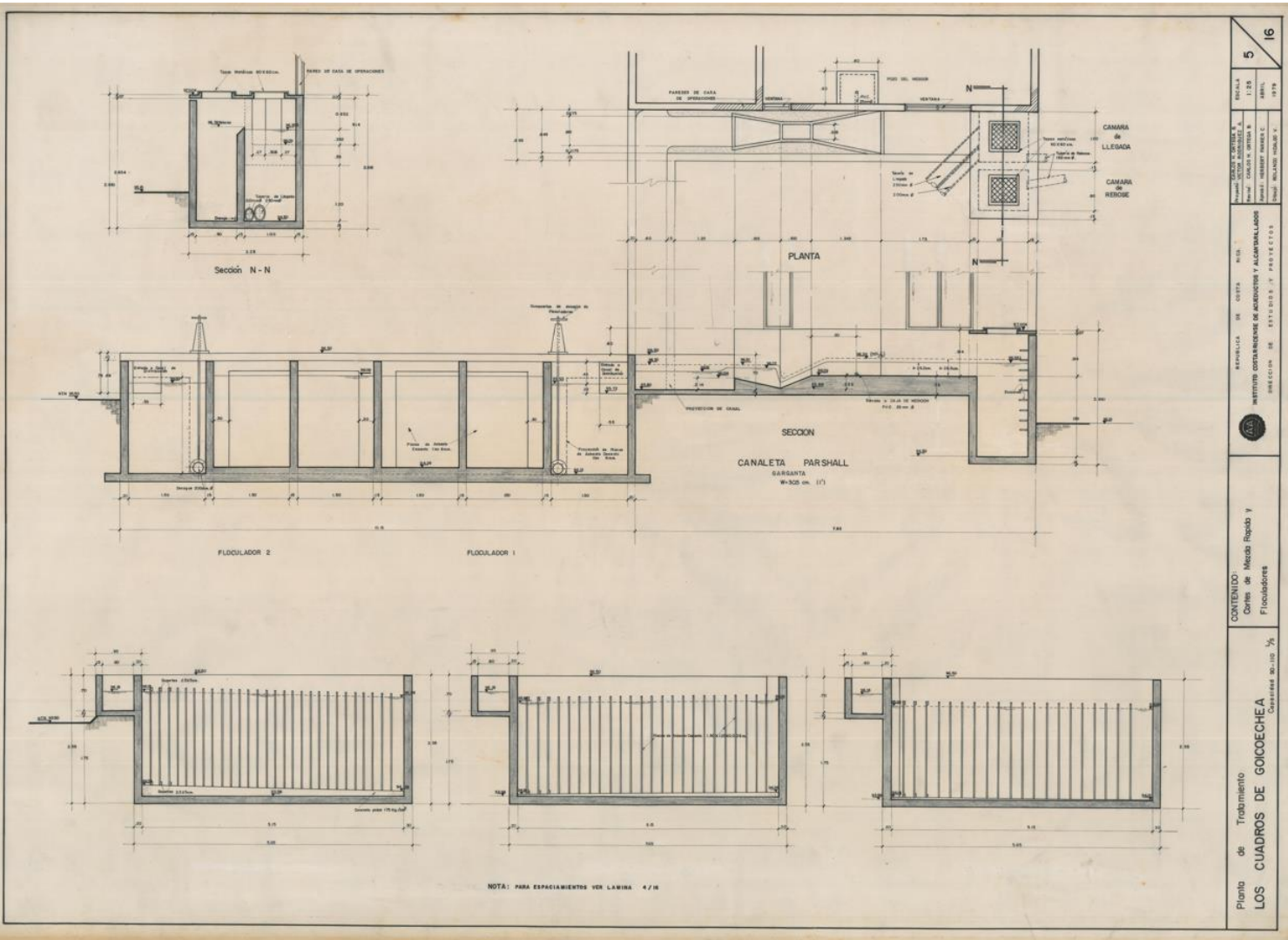


Figura 22. Corte Longitudinal / Fuente AyA

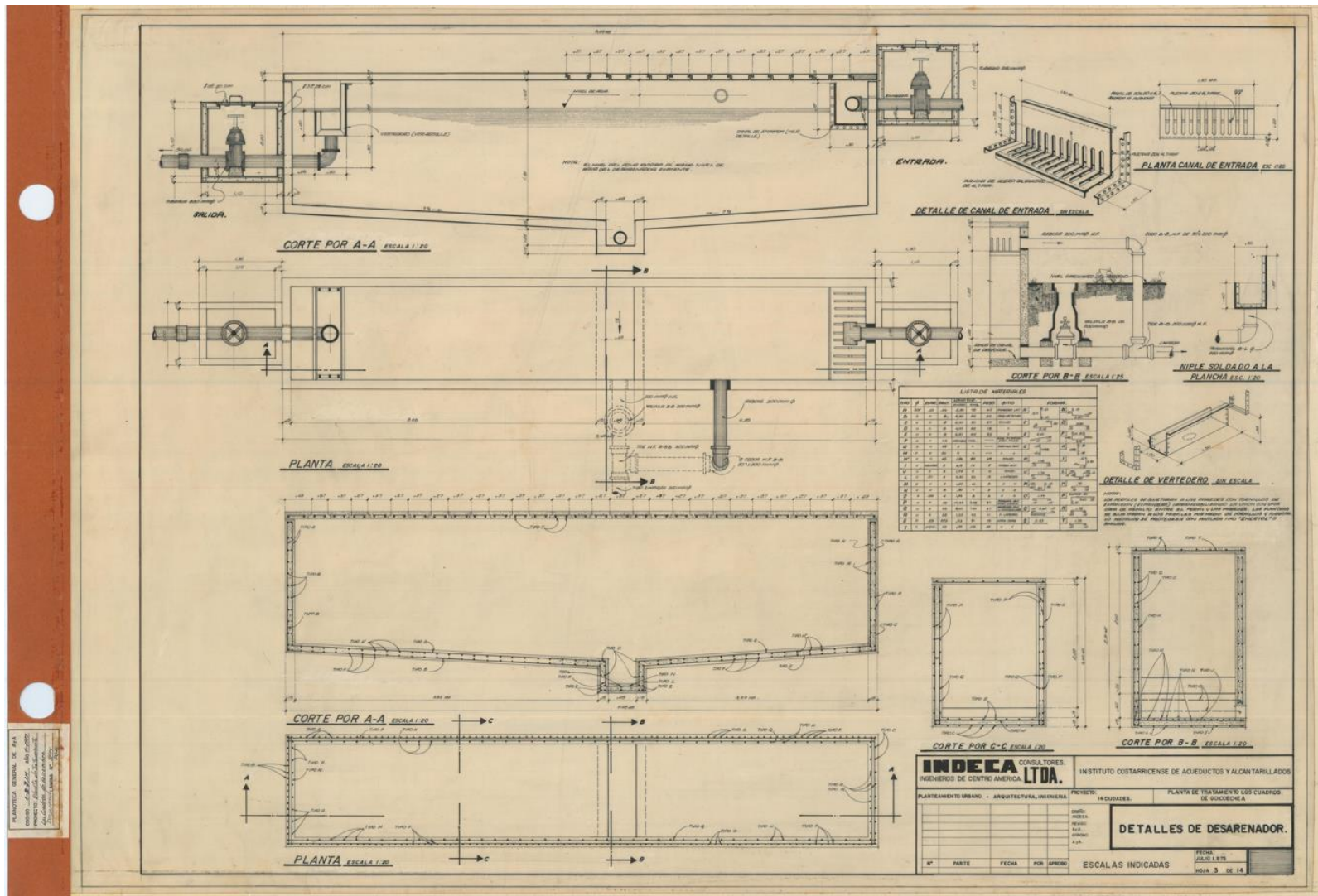


Figura 23. Desarenador corte Longitudinal y detalle estructural / Fuente AyA

12.5. Anexo V. Zona de cobertura y área de recarga

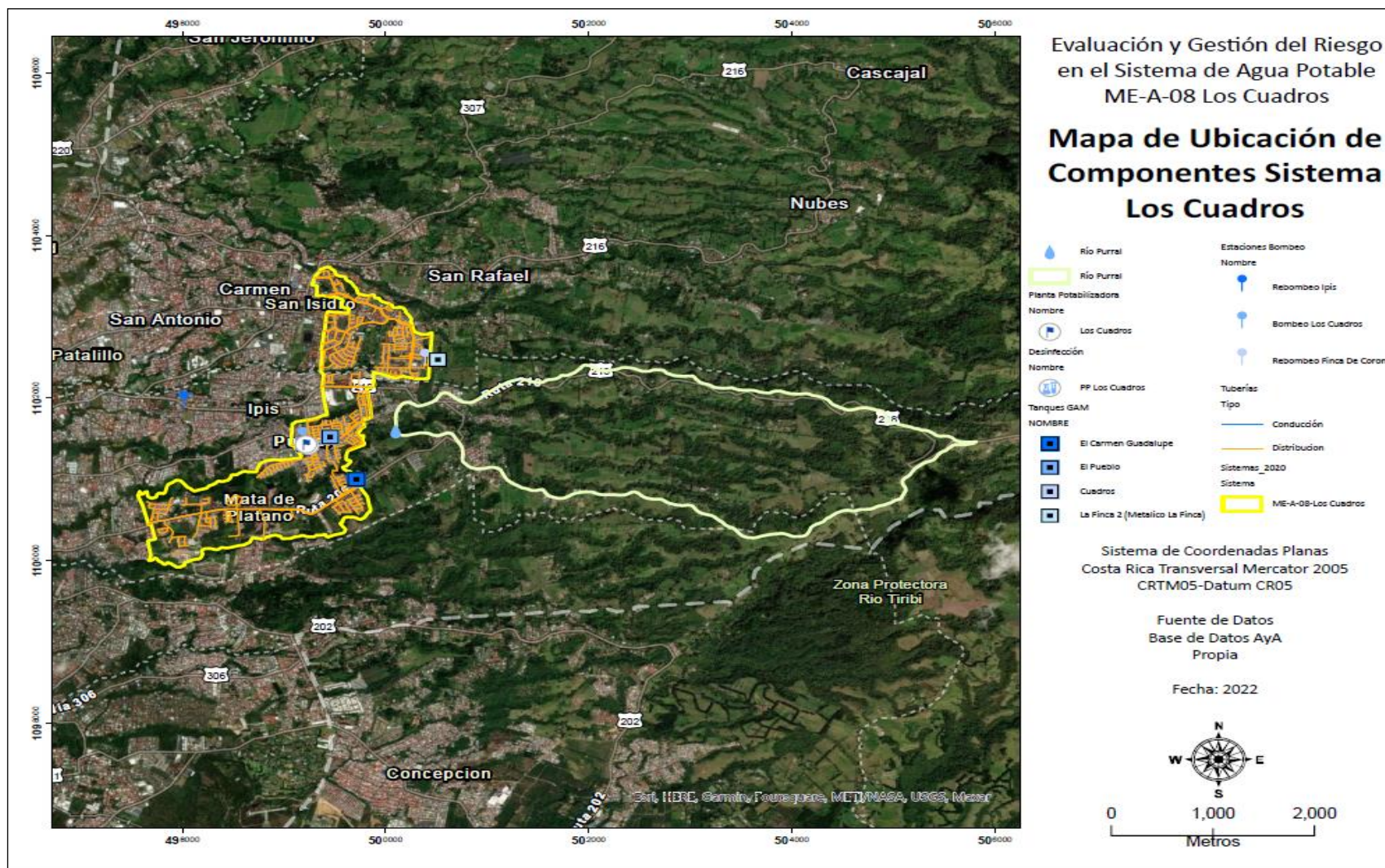


Figura 24. Mapa zona de abastecimiento, ubicación de componentes y área de la microcuenca

12.6. *Anexo VI. Aforos en la microcuenca del río Purral.*

Cuadro 57. Registro histórico aforos de caudal Río Purral marzo 1999 a febrero 2022.

No.	Fecha	Caudal	No.	Fecha	Caudal	No.	Fecha	Caudal	No.	Fecha	Caudal
1	22/03/1999	98.00	30	05/10/2006	397.00	58	03/06/2009	72.00	85	03/10/2012	343.00
2	08/04/1999	68.00	31	02/11/2006	606.00	59	01/07/2009	489.90	86	04/12/2012	166.32
3	31/05/1999	258.00	32	03/01/2007	189.10	60	05/08/2009	156.00	87	12/08/2013	107.80
4	14/06/1999	222.00	33	07/03/2007	66.00	61	03/09/2009	143.90	88	05/10/2015	225.65
5	16/07/1999	449.00	34	07/05/2007	74.00	62	05/10/2009	169.00	89	09/11/2015	243.90
6	21/09/2000	551.00	35	12/06/2007	152.00	63	03/11/2009	643.00	90	22/02/2016	106.00
7	06/05/2002	49.00	36	27/08/2007	471.00	64	06/01/2010	192.60	91	10/06/2016	163.00
8	27/06/2002	164.00	37	05/09/2007	906.00	65	03/02/2010	108.00	92	08/08/2016	80.00
9	28/08/2002	253.00	38	02/10/2007	507.00	66	05/03/2010	76.00	93	12/09/2016	91.00
10	03/07/2003	395.00	39	08/11/2007	831.00	67	07/04/2010	59.00	94	10/10/2016	90.00
11	07/11/2003	812.00	40	10/12/2007	342.00	68	05/05/2010	97.80	95	21/11/2016	507.00
12	03/02/2004	167.00	41	10/01/2008	171.00	69	02/06/2010	147.80	96	06/02/2017	105.00
13	06/05/2004	80.00	42	07/02/2008	126.00	70	06/07/2010	608.00	97	23/07/2018	99.00
14	02/06/2004	208.00	43	25/03/2008	56.00	71	05/08/2010	182.00	98	20/08/2018	87.00
15	09/07/2004	116.00	44	29/04/2008	63.50	72	07/09/2010	226.00	99	19/09/2018	202.00
16	01/09/2004	207.00	45	20/05/2008	73.00	73	07/10/2010	1056.00	100	19/10/2018	327.00
17	13/01/2005	142.00	46	05/06/2008	340.00	74	04/02/2011	103.20	101	03/12/2018	213.00
18	02/02/2005	123.00	47	01/07/2008	211.00	75	08/03/2011	93.90	102	18/01/2019	103.00
19	15/04/2005	81.00	48	11/08/2008	606.00	76	25/05/2011	56.70	103	22/11/2019	239.04
20	28/06/2005	494.00	49	03/09/2008	975.00	77	09/06/2011	73.40	104	13/03/2020	75.60
21	27/09/2005	787.00	50	06/10/2008	1098.00	78	06/07/2011	98.99	105	25/05/2020	68.00
22	16/12/2005	379.70	51	05/11/2008	595.00	79	04/08/2011	135.50	106	06/07/2020	270.00
23	27/01/2006	166.40	52	03/12/2008	968.00	80	06/10/2011	664.83	107	16/10/2020	693.50
24	07/03/2006	78.50	53	09/01/2009	255.00	81	04/01/2012	162.00	108	06/01/2021	278.00
25	11/05/2006	79.00	54	04/02/2009	200.00	82	12/04/2012	54.00	109	31/03/2021	60.00
26	28/06/2006	355.00	55	05/03/2009	79.00	83	26/06/2012	84.00	110	04/06/2021	86.73
27	05/07/2006	123.00	56	02/04/2009	56.00	84	14/09/2012	88.00	111	28/02/2022	81.44
28	29/08/2006	200.00	57	06/05/2009	59.00						
29	27/09/2006	384.00									

Fuente: AyA, 2022.

12.7. Anexo VII. Parámetros de Control Reglamento Calidad Agua Potable vigente.

Cuadro 58. Control Operativo.

Control Operativo (CO)			
Parámetros de aceptabilidad	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Cloro residual libre (a)	mg/L	0,3	0,6 (b) (c)
(a) Para los parámetros de pH y cloro residual libre, se establece rangos permisibles y no VA ni VMA.			
(b) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg / L en no más del 20 % de las muestras medidas.			
(c) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución			

Cuadro 59. Controles del Nivel N1

Nivel Primero (N1)			
Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Color aparente	U-Pt-Co	< 5	15(c)
Conductividad	µS/cm	400	-
Escherichia coli	NMP/100 ml o UFC/100 ml	No detectable (c)	No detectable (c)
Cloro residual libre (a)	mg/L	0,3	0,6 (d, e)
Cloro residual combinado (a) (b)	mg/L	1,0	1,8
(a) Para los parámetros de pH, temperatura, cloro residual libre y cloro residual combinado, se establece rangos permisibles y no VA ni VMA.			
(b) Sólo en el caso que el residual del cloro se encuentre en forma combinada o se esté dosificando cloro en la forma de cloramina (cloro-amoniaco).			
(c) No detectable (N.D.): de acuerdo con el límite de detección del Método.			
(d) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg / L en no más del 20 % de las muestras medidas.			

Cuadro 60. Controles del Nivel N2.

Nivel Segundo (N2)		
Parámetro	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Aluminio (Al ⁺³)	---	0,2
Calcio (Ca ⁺²)	---	100
Cloruro (Cl ⁻)	25	250
Cobre (Cu)	1,0	2,0
Dureza Total (CaCO ₃)	300	400
Fluoruro (F)	---	0,7 a 1,5(a)
Hierro (Fe)	---	0,3(b)
Magnesio (Mg ⁺²)	30	50
Manganeso (Mn)	0,1	0,5(b)
Potasio (K ⁺)	---	10
Sodio (Na ⁺)	25	200
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	25	250
Zinc (Zn)	---	3,0
(a) 1.5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C.		
(b) En aguas subterráneas, donde se encuentran estos dos metales, el VMA (Fe + Mn) es 0,3 mg/L.		

Cuadro 61. Controles del Nivel N3.

Nivel Tercero (N3)		
Parámetro	Valor Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Amonio (NH ₄ ⁻)	0,05	0,5
Antimonio (Sb)	---	0,005
Arsénico (As)	---	0,01
Cadmio (Cd)	---	0,003
Cianuro (CN)	---	0,07
Cromo (Cr)	---	0,05
Mercurio (Hg)	---	0,001
Níquel (Ni)	---	0,02
Nitrato (NO ₃ ⁻)	25	50
Nitrito (NO ₂ ⁻)	---	0,1
Plomo (Pb)	---	0,01
Selenio (Se)	---	0,01

Cuadro 62. Controles del Nivel N4.

Nivel Cuarto (N4)		
Sustancias Orgánicas	Residuos de Plaguicidas	
	Parámetro	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
	Alcanos Clorados	
	Tetracloruro de carbono	2
	Diclorometano	20
	1,2-dicloroetano	30
	1,1,1-tricloroetano	2000
	Etenos Clorados	
	Cloruro de Vinilo	5
	1,1-dicloroetano	30
	1,2-dicloroetano	50
	Tricloroetano	70
	Tetracloroetano	40
	Hidrocarburos Aromáticos	
	Tolueno	700
	Xilenos	500
	Etilbenceno	300
	Estireno	20
	Benzo-alfa-pireno	0,7
	Benceno	0,5
	Bencenos Clorados	
	Monoclorobenceno	300
	1,2-diclorobenceno	1000
	1,4-diclorobenceno	300
	Triclorobencenos	20
	Otros Compuestos Orgánicos	
	di (2-etilhexil) adipato	80
	di (2-etilhexil) ftalato	8
	Acilamida	0,5
	Epiclorohidrina	0,4
Hexaclorobutadieno	0,5	
EDTA	200	
Ácido nitriloacético	200	
Oxido de tributilestano	2	
Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales	0,2	
Bifenilos policlorados totales	N.D	

Nivel Cuarto (N4)		
Otros Parámetros Físicos e Inorgánicos		
Parámetro	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Sólidos totales disueltos	---	1000
Amonio (NH ₄ ⁺)	0,05	0,5
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	---	0,05

Nivel Cuarto (N4)	
Desinfectantes y Subproductos de la Desinfección	
Parámetro	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
Desinfectantes	
Monocloramina	4000
Subproductos de la desinfección	
a) Clorofenoles	
2,4,6-triclorofenol	200
Formaldehído	900
b) Trihalometanos	
Bromoformo	100
Dibromoclorometano	100
Bromodiclorometano	60
Cloroformo	200
c) Ácidos Acético Clorados	
Ácido dicloroacético	50
Ácido tricloroacético	100
Tricloroacetaldehído/clorohidrato	100
d) Haloacetos nitrilos	
Dicloroacetos nitrilo	90
Dibromoacetos nitrilo	100
Tricloroacetos nitrilo	11
e) Cloruro de cianógeno (como CN ⁻)	70

Nivel Cuarto (N4)		
Microorganismos		
Microorganismo	Género y/o especie	Valor Máximo Admisible (VMA)
Bacterias	Escherichia coli	Ausencia
	cepas patógenas	
	Salmonella spp	Ausencia
	Shigella sp	Ausencia
	Aeromonas hydrophila	Ausencia
	Campylobacter jejuni y C. coli	Ausencia
	Yersinia enterocolitica	Ausencia
	Vibrio cholerae	Ausencia
	Cianobacterias tóxicas	Ausencia
Virus	Enterovirus	Ausencia
	Adenovirus	Ausencia
	Virus Hepatitis A y E	Ausencia
	Rotavirus	Ausencia
	Norovirus	Ausencia
Protozoarios Quistes u ooquistes	Cryptosporidium parvum	Ausencia
Helmintos Huevecillos	Entamoeba histolytica	Ausencia
	Giardia intestinalis	Ausencia
	Cyclospora cayetanensis	Ausencia
	Nemátodos intestinales	Ausencia

12.8. *Anexo VIII. Fotos del punto de formación de río Purral, captación, desarenadores, Tanques y Bombes del Sistema de Abastecimiento*





Bombeo Los Cuadros



Bombeo Ipís



Tanque y Bombeo La Finca



Tanque metálico El Pueblo



Tanque El Carmen



Tanque metálico La Finca