



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERA CIVIL

Elaboración de un manual tipo para operación y mantenimiento de sistemas de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

César Eduardo Rosero Parra

Tutor:

MSc. Alfonso Patricio Arellano Barriga

Riobamba, Ecuador. 2023

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Cesar Eduardo Rosero Parra**, con cédula de ciudadanía 060457025-9, autor del trabajo de investigación titulado: **“Elaboración de un manual tipo para operación y mantenimiento de sistemas de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor(a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 5 de junio de 2023



Cesar Eduardo Rosero Parra

C.I: 060457025-9

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Ing/Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga**, catedrático adscrito a la Facultad de ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Elaboración de un manual tipo para operación y mantenimiento de sistemas de agua potable en ciudades menores a 15000 habitantes”**, bajo la autoría de Cesar Eduardo Rosero Parra; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 5 días del mes de junio de 2023



Ing/Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga

C.I: 0601823313

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Elaboración de un manual tipo para operación y mantenimiento de sistemas de agua potable en ciudades menores a 15000 habitantes**” por **Cesar Eduardo Rosero Parra**, con cédula de identidad número **0604570259**, bajo la tutoría de MSc. Alfonso Patricio Arellano Barriga; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 5 de junio de 2023

Nelson Estuardo Patiño Vaca, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

María Gabriela Zúñiga Rodríguez, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



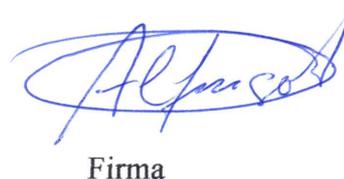
Firma

Jessica Paulina Brito Noboa, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Alfonso Patricio Arellano Barriga, Mgs.
TUTOR



Firma



CERTIFICACIÓN

Que, **CESAR EDUARDO ROSERO PARRA** con CC: **0604570259**, estudiante de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**ELABORACIÓN DE UN MANUAL TIPO PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE EN CIUDADES MENORES A 150 000 HABITANTES**", cumple con el **0%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 6 de junio de 2023



Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga MSc.
TUTOR

DEDICATORIA

Quiero dedicarme esto a mí, por creer en mí, por hacer todo este trabajo duro, por ser yó la mayoría de las veces y por nunca renunciar.

También al arquitecto Darío Vargas, quien, desde el primer día de mi vida universitaria, creyó en mí y me brindó la oportunidad de adentrarme en el mundo de la construcción. Nunca olvidaré su amabilidad y confianza en mí

César Eduardo Rosero Parra

AGRADECIMIENTO

A mis padres y a mi hermano porque a lo largo de mi vida, siempre estuvieron ahí para animarme, para impulsarme a seguir adelante y para creer en mí, incluso cuando yo mismo no lo hacía, es gracias a su amor y a su apoyo que he podido llegar hasta aquí.

A varios amigos profesionales, gracias por las ganas de transmitirme sus conocimientos, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

A mis amigos y amigas que de una u otra forma participaron en esta etapa de mi vida y con los cuales he creado muchos recuerdos únicos. Y a mi novia, por ser mi soporte inagotable.

César Eduardo Rosero Parra

ÍNDICE GENERAL;

DECLARATORIA DE AUTORIA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN:	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	18
1.4 OBJETIVOS	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 MARCO TEÓRICO	19
2.2 ESTADO DEL ARTE	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	22
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1 RESULTADOS	24
<i>Captación</i>	24
<i>Línea de conducción</i>	26
<i>Tratamiento</i>	28
<i>Tanque de almacenamiento</i>	30
<i>Red de distribución</i>	32
<i>Conexiones domiciliarias</i>	34
<i>Recomendaciones básicas</i>	36
4.2 DISCUSIÓN	38
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1 CONCLUSIONES	38
5.2 RECOMENDACIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos compilados de los 12 cantones.....	15
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Porcentaje de cumplimiento a las actividades de operación y mantenimiento ..</i>	16
Figura 2. <i>Porcentaje de cumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento de 12 cantones</i>	17
Figura 3. <i>Diagrama de desarrollo.....</i>	22

RESUMEN

Existe un largo viaje que ha recorrido el agua desde su fuente hasta nuestros hogares, conocidos como sistemas de agua potable, por lo cual, estos sistemas requieren de tareas cruciales como son la operación y el mantenimiento para funcionar correctamente y para garantizar que el agua que se suministra a la población sea segura para su consumo. La fuente de captación utilizada es agua de manantial que funciona por gravedad y tiende a ser de buena calidad y con pocos contaminantes.

Este manual es un detallado y completo documento totalmente operativo, de fácil manejo, comprensión y ejecución que describe un sistema de agua potable. El proceso de captación del agua tiene cuatro componentes, entre los cuales se incluye un desarenador. La red de distribución, el tanque de almacenamiento y las conexiones domiciliarias cuentan con cuatro componentes cada uno. La línea de conducción, por otro lado, está compuesta por cinco componentes al igual que las recomendaciones básicas. Finalmente, el tratamiento del agua es una etapa crucial y consta de seis componentes que se encargan de eliminar los contaminantes y asegurar que el agua sea segura para el consumo humano.

Cada componente detalla no solo las actividades necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de agua potable, sino también la frecuencia y el tiempo requeridos para cada una de ellas, lo que permite establecer indicadores de rendimiento del recurso humano. Asimismo, se especifican los materiales y herramientas necesarios para llevar a cabo cada tarea, lo que facilita la elaboración de presupuestos de producción y compras.

Palabras clave: manual de operación y mantenimiento, agua potable, materiales y herramientas, tratamiento de agua.

ABSTRACT

There is a long journey that water has traveled from its source to our homes, known as the drinking water cycle, which is why these systems require crucial tasks such as operation and maintenance to function correctly and to ensure that the water supplied to the population is safe for consumption. The source of capture used is spring water that works by gravity and tends to be of good quality and with few contaminants.

This manual is a detailed, complete and fully operational document that is easy to handle, understand, and execute and describes a drinking water system. The water source process has four components, including a sand remover. The distribution system, storage tank, and household connections have four components. On the other hand, the sewer lines are composed of five components, as are the basic recommendations. Finally, water treatment is a crucial stage consisting of six components responsible for removing contaminants and ensuring the water is safe for human consumption.

Each component details, not only the necessary activities for the proper functioning of the drinking water system but also the frequency and time required for each one, allowing for establishing performance indicators for human resources. Likewise, each task's necessary materials and tools are specified, facilitating production preparation and purchasing budgets.

Keywords: operation and maintenance manual, drinking water, materials and tools, water treatment.



Reviewed by:

Lic. Dario Javier Cutiopala Leon

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0604581066

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN:

1.1 ANTECEDENTES

“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

La escasez de agua se refiere a una situación en la que la demanda de este recurso hídrico no puede ser satisfecha. Según el INEC, el 26,6% de la población ecuatoriana no tiene acceso a una fuente de agua segura y no solamente en el Ecuador, en Latinoamérica alrededor del 40% de la población rural no tiene acceso adecuado a agua para consumo humano, mientras que el 90% de las aguas residuales no son tratadas en el país. La cobertura de saneamiento básico se refiere al porcentaje de personas que utilizan mejores servicios de saneamiento, a saber: conexión alcantarillas públicas; conexión a sistemas sépticos, letrinas entre otros

En gran parte de las ciudades en desarrollo, los operadores de servicios de agua y saneamiento enfrentan muchas dificultades para atender a toda la población, especialmente para mantenerse al día con el crecimiento urbano. Esto ciertamente explica la visión común para el despliegue de servicios en la mayoría de las ciudades, aumento de colectores, pozos, interceptores, entre otros. (Tirado & Vedia, 2021)

El uso y aprovechamiento del agua tiene impactos sociales y ambientales, por lo cual se debe prestar atención a evitar el desperdicio, para todo esto, en el Ecuador, a través de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) establecidos en todos los cantones, conforme a sus competencias, realizan todas las operaciones y logística para el cumplimiento de sus responsabilidades en cuanto calidad y cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.

Con respecto al financiamiento, el Banco de Desarrollo del Ecuador (BDE) brinda apoyo a estas entidades, financiando los estudios de ingeniería, la construcción de infraestructura y el fortalecimiento institucional, con el fin de que las inversiones impulsen el mejoramiento de la calidad de vida. BDE (2011)

En base a lo mencionado por Arellano y Lindao (2018) poseer una gran cobertura de servicios básicos no garantiza la calidad de los mismos, en algunas ciudades del Ecuador existen altas tasas de cobertura de agua potable, sobre todo en las zonas urbanas, la presencia de una red pública de distribución de agua potable suele ser un indicador del suministro adecuado de agua en un país en desarrollo, pero no por ello se debe esperar que la calidad del agua que llega a los domicilios este en óptimas condiciones para el consumo humano.

En las ciudades que tienen en promedio menos de 150 000 habitantes la gestión de operación y mantenimiento del sistema de agua potable no se lo realiza de manera técnica, lo que también afecta a la calidad del agua entregada a los ciudadanos.

El término operación se entiende como el conjunto de acciones y actividades que se efectúan con determinada oportunidad y frecuencia para poner en funcionamiento las unidades y equipos y detectar posibles fallas y daños que tiendan a la ejecución de trabajos de reparación de los mismos. También es la revisión de las instalaciones de obras civiles y equipos existentes para alcanzar una condición óptima de seguridad y de funcionamiento.

Asimismo, el mantenimiento de estos sistemas de agua potable es parte esencial de la operación de un sistema y debe entenderse como un programa y conjunto de acciones que se realizan de forma permanente y sistemática en las instalaciones y equipos para ponerlos en un adecuado estado de funcionamiento y protección. (CARE Internacional-Avina, 2012)

En base a la información recopilada, de los 12 cantones estudiados descritos en la **Tabla 1**, solamente 6 cuentan con un manual de operación y mantenimiento diseñado específicamente para cada ciudad y estos son: Riobamba, Guano, Baños, Chunchi, Cumandá y Pelileo.

Las empresas consultoras que han sido protagonistas para la elaboración de estos manuales son: Acsam Consultores Cia Ltda., Costecam Cia Ltda., entre otras consultoras.

Las demás ciudades que no cuentan con un manual específico toman como referencia el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Alimentación y Distribución de Agua emitido por la Empresa Pública Ecuador Estratégico o se encuentran en la fase de desarrollo de un manual a partir de que ya se iniciaron estudios para la ejecución de su propio Plan Maestro. Aunque, independientemente de poseer o no un manual, múltiples proveedores del servicio de agua meramente no lo ponen en práctica.

Para procesar los datos de cada cantón y su cumplimiento respecto al proceso de un sistema de agua potable se realizó la **Tabla 1**, la cual se interpretan de la siguiente manera: el número 1 equivale a “sí” y el número 0 equivale a “no” con el fin de poder identificar falencias y reforzarlas en el manual de operación y mantenimiento tipo.

Tabla 1.

Datos compilados de los 12 cantones

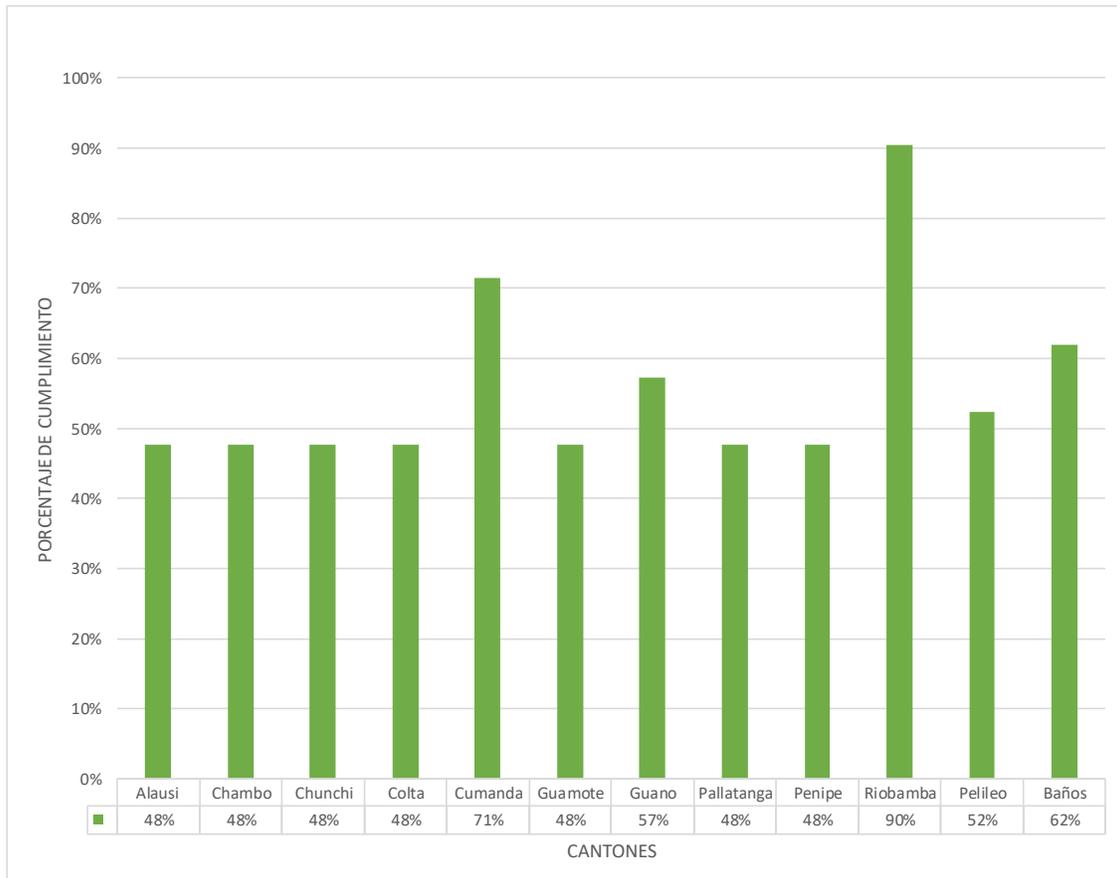
Componente	CAPTACION			DESARENADOR			BOMBEO			TRATAMIENTO			TANQUES DE RESERVA				RED DE DISTRIBUCION			CONEXIONES DOMICILIARIAS	
	Limpieza de compuertas	Revisar contaminantes	Manejo de válvulas	Limpieza de compuertas	Control y limpieza total	Manejo de válvulas	Registro macro medidores	Cebado de la bomba	Manejo de válvulas	Cloración del ap.	Limpieza y desinfección	Manejo de válvulas	Limpieza de tanques	Desinfección de tanques	Presión del ap.	Manejo de válvulas	Inspección válvulas	Verificación de hidrantes	Inspección redes	Verificación de acometidas	Inspección de medidores
Alausí	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Chambo	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Chunchi	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Colta	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Cumandá	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Guamote	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Guano	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Pallatanga	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Penipe	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Riobamba	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pelileo	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Baños	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

Fuente. (Rosero C.,2023)

En base a la **Tabla 1**, mediante una cuantificación del cumplimiento de los procesos plasmados en los manuales de operación y mantenimiento de cada cantón, se obtiene los siguientes resultados.

Figura 1.

Porcentaje de cumplimiento a las actividades de operación y mantenimiento

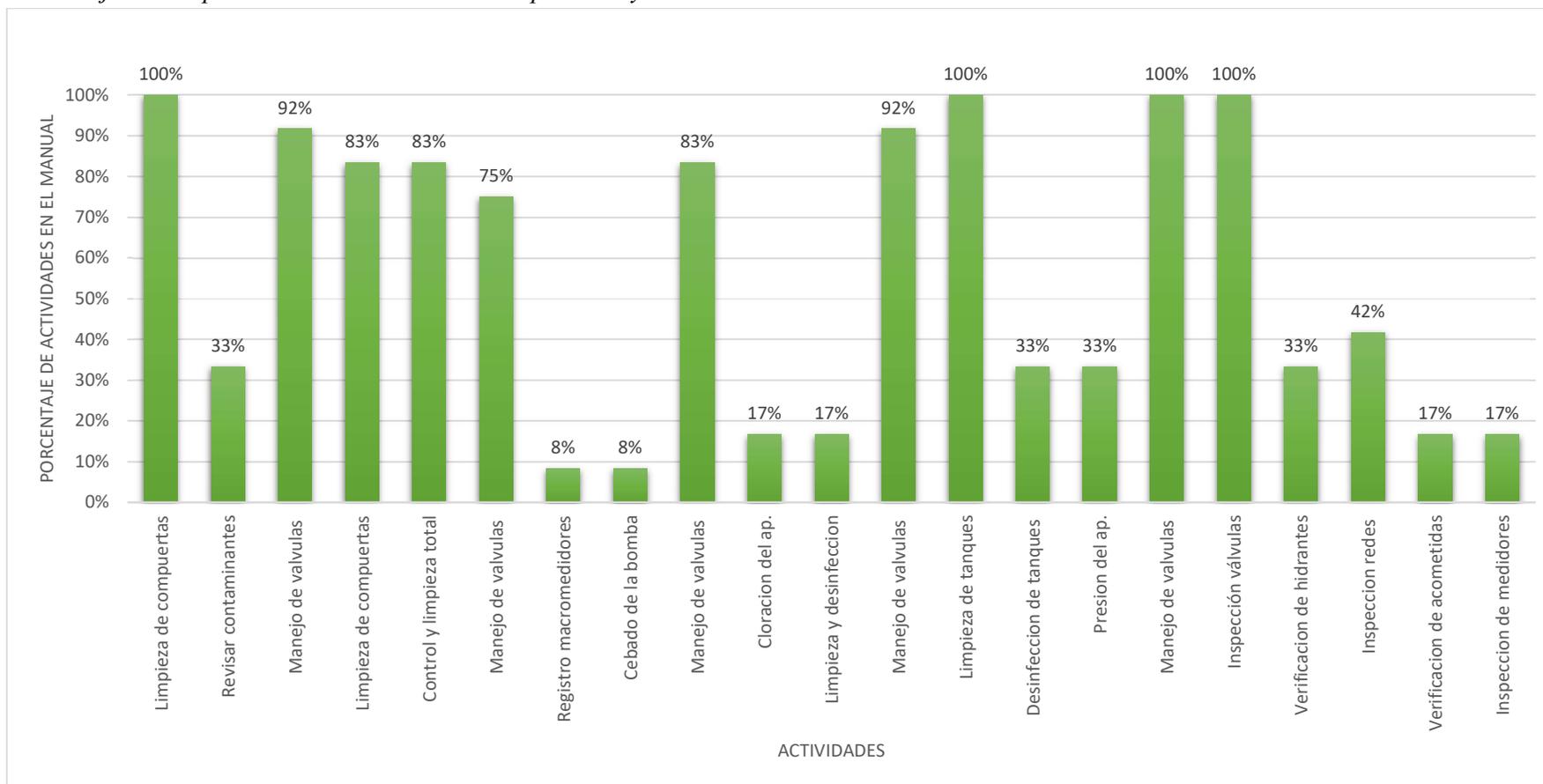


Fuente. (Rosero C.,2023)

En la **Figura 1**, se evidencia el porcentaje de actividades básicas que debe tener un manual para un buen funcionamiento, desde el lugar de captación, hasta las conexiones domiciliarias. Apenas 10 actividades de las 21 tienen un cumplimiento mayor al 75%.

Figura 2.

Porcentaje de cumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento de 12 cantones



Fuente. (Rosero C.,2023)

En la **Figura 2**, se evidencia que apenas 2 ciudades superan el 70% de cumplimiento, el cantón Riobamba y el cantón Cumandá, la existencia de un manual específicamente diseñado para una ciudad sugiere que esta tiene un buen plan de operación y mantenimiento lo que la distingue de otros cantones, pero el cumplimiento de lo detallado en el manual es lo que finalmente influirá en la calidad del servicio de agua potable.

El manual que se va a desarrollar en el presente proyecto de tesis será un instrumento que facilite a los proyectistas, operadores, técnicos y personal competente, el cuidado y la preservación de la infraestructura hídrica. Por medio de un análisis a 12 cantones pertenecientes a la región interandina del Ecuador y que posean una población menor a 150 000 habitantes, se propondrá la elaboración de un manual tipo de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, el cual contenga recomendaciones e instrucciones básicas en todas las fases de operación y tome en cuenta una captación de agua de manantial que funcione a gravedad; asimismo servirá como propuesta para los GADM o entidades que tengan la competencia del servicio de agua potable que no cuenten con un manual, y a la vez como una referencia a los que si cuentan con uno.

El manual de operación y mantenimiento de la ciudad de Quito se puede encontrar de manera pública EPMAPS (2011) y se ha utilizado como referencia en las partes pertinentes ya que es un documento completo y detallado.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En varias ciudades no se realizan las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas con cierta periodicidad, por lo que en la infraestructura hídrica existente se puede evidenciar daños, falencias e irregularidades. (Diario La Hora, 2022)

Por lo tanto, la inexistencia o el incumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, converge en un servicio público de mala calidad y abastecimiento ineficaz. Aún más alarmante es la mala calidad del agua, debido a que esta puede tener contaminantes que afectan la salud de las personas teniendo efectos inmediatos o a largo plazo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El artículo 7 de la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022, establece que los prestadores de servicio de agua potable deben contar con personal capacitado para el control preventivo y operativo de la calidad del agua; deben calibrar, mantener y verificar los equipos utilizados; deben mantener registros de incidencias, todo esto con el objetivo de garantizar que el agua llegue en condiciones seguras y aceptables para el consumo humano Agencia de Regulación y Control del Agua (2022b)

El incumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento del sistema de agua potable en varias ciudades del Ecuador es un problema relevante a nivel nacional, lo que genera un impacto negativo en la calidad y distribución del agua. Esto se debe, en

parte, a la falta de personal capacitado y experimentado en el mantenimiento de los sistemas de agua potable, lo que puede llevar a la realización de trabajos deficientes y, en última instancia, a la falla de los sistemas. Esta falta de desempeño también puede llevar a la acumulación de sedimentos y depósitos en las tuberías, lo que puede afectar la calidad del agua y provocar problemas de salud en la población, adicionalmente provoca fugas en las tuberías, lo que conlleva la pérdida y desperdicio de agua.

Como se observa en la Figura 2, más del 50% de los cantones estudiados no cumplen con las exigencias mínimas que debería tener un sistema de agua potable. Por lo tanto, es necesario abordar este problema mediante la elaboración de un manual tipo para operación y mantenimiento de sistemas de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes en el cual se va a comparar los procesos existentes de 12 ciudades para evaluar los aspectos comunes y diferencias, teniendo en consideración con respecto al cumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento que de 12 cantones solo 2 superan el 70% de cumplimiento.

En este contexto, la metodología llevada a cabo es cualitativa, la cual busca recopilar, analizar y sistematizar información a fin de generar que la hoja dinámica sea lo más inteligible posible para todos los interesados, así atendiendo a las necesidades imperantes en la sociedad actual.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

- Elaborar un manual tipo para operación y mantenimiento de sistemas de agua potable en ciudades menores a 150 000 habitantes.

Objetivos Específicos

- Identificar el proceso de operación y mantenimiento que involucra un sistema de agua potable
- Comparar los procesos existentes entre 12 ciudades para evaluar similitudes y diferencias
- Analizar en literatura los pasos de operación y mantenimiento para aplicarlos en las ciudades
- Elaborar una hoja dinámica con las propuestas de operación y mantenimiento

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TEÓRICO

Como sustento para el presente trabajo de tesis se hace referencia a temas afines que tratan sobre la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable, el aumento poblacional y la necesidad de crear mejores condiciones de vida, la aplicabilidad que tendrá el manual, entre otras.

Según la NTE INEN 1108, un sistema de abastecimiento de agua potable consta de varios componentes, como la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento, sistemas de distribución y conexiones domiciliarias. Además, esta norma establece los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que el agua debe cumplir para ser considerada apta para el consumo humano (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2020)

De acuerdo con lo que establece la (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2022b), existen diferentes parámetros de control, como el control obligatorio, el control básico, el control complementario y el control especial. La aplicación de estos parámetros depende de la capacidad del prestador de servicios para realizar análisis especializados en laboratorios acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano. La cantidad de muestras y frecuencias que es necesario aplicar se basan en la categoría de sistema de abastecimiento, siendo en este caso específico de la investigación la categoría II.

Por lo tanto, es esencial que los prestadores de servicios de agua estén al tanto de estas normas y regulaciones y tomen las medidas necesarias para cumplir con ellas y así garantizar la seguridad y la satisfacción de los usuarios.

Adicionalmente, la Norma técnica para el control a la calidad del agua de consumo humano expresa que “se aplica a todos los prestadores del servicio de agua potable existentes en el territorio ecuatoriano y sus disposiciones son de cumplimiento obligatorio.” (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2022). De evidenciarse incumplimiento del proceso de control y de la norma técnica, se aplicará una sanción proporcionalmente considerando la naturaleza y gravedad de la infracción, la cual será una multa que oscila entre cincuenta y uno a ciento cincuenta salarios básicos unificados de un trabajador en general.

Según (Espinosa, 2004) los sistemas de agua potable se ven afectados y vulnerables debido al déficit que existe a la hora de realizar un mantenimiento adecuado. Esto lleva a que se vea afectado el funcionamiento, la distribución, la infraestructura, así como también la necesidad de destinar inesperadamente recursos para una adecuada rehabilitación y otras anomalías que puedan presentarse a lo largo del sistema.

(Escolero et al., 2016) destaca que el aumento de la densidad poblacional hace que las ciudades sean focos de vulnerabilidad que conlleva a que los servicios urbanos básicos se vean más complejos de ejecutar y a abastecer. También menciona que todo el sistema de agua potable, desde la fuente hasta la distribución domiciliaria, requiere atención administrativa y social, ya que el descuido o los errores pueden causar daños ambientales y continuas pérdidas económicas principalmente en la infraestructura hídrica.

En el trabajo de (García, 2008) habla sobre lo beneficioso que llega a ser un manual de operación y mantenimiento, debido a que es una ayuda para proyectistas y operadores al momento de revisar memorias y fichas técnicas sobre las condiciones del sistema hídrico. También beneficia a todo el sistema porque se puede llevar un mejor control puesto que los datos recolectados son in situ.

Los manuales de operación y mantenimiento pueden proporcionar una gran cantidad de beneficios, para lo cual (Espinosa, 2004) hace énfasis en la importancia que tiene esta información y que se pueda encontrar en un solo lugar de manera ordenada, actualizada y centralizada, facilitaría el acceso al manual y a su uso en caso de que se produzca cualquier emergencia, como por ejemplo alguna derivada de fenómenos naturales. Además, a nivel administrativo, el conocimiento de la cantidad las unidades y ubicaciones de los elementos que componen el sistema de agua potable, y las características físicas y técnicas facilitan el trabajo, ahorran tiempo y generan soluciones amigables con mayor rapidez a favor de los usuarios.

2.2 ESTADO DEL ARTE

La captación de agua es el primer paso en un sistema de agua potable, este es un proceso fundamental para garantizar el acceso a este recurso vital, los gobiernos de los países de América Latina reconocen la importancia de los servicios de agua potable y su respectivo saneamiento como pieza fundamental en el mejoramiento de la calidad de vida (Banco de Desarrollo de América Latina, 2018). Para lograr una captación de agua eficiente es importante llevar a cabo una serie de tareas que garanticen la calidad del agua y el correcto funcionamiento de los equipos y sistemas involucrados.

En el proyecto de tesis de Saigua y Vimos (2023) hablan sobre la mala gestión del recurso hídrico, el hecho de que existe gran cantidad de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable, tanto en la red de distribución como en las conexiones domiciliarias, desembocando en pérdidas económicas y un gran desperdicio de líquido vital. Asimismo, Achache y Gómez (2022) mencionan la falta de registros, la falta de personal operativo y la masiva cantidad de agua no contabilizada que afecta económicamente a los prestadores del servicio de agua.

El mantenimiento y operación de los sistemas de suministro de agua conlleva la inspección periódica tanto de la infraestructura de obras civiles como de los equipos, teniendo el enfoque de asegurar que su estado este en las mejores condiciones. El propósito principal de la operación y mantenimiento es garantizar el correcto funcionamiento de todo el sistema de agua potable (Costecam CIA. LTDA, 2012). La infraestructura y sistemas de agua que se encuentren en mal estado impactan negativamente en la calidad de vida al generar degradación en la condición del agua. Por consiguiente, resulta crucial realizar la operación y el mantenimiento de manera técnica con el fin de asegurar un correcto funcionamiento del sistema mediante acciones rutinarias que preserven los equipos en funcionamiento y extiendan su vida útil, además que en el ámbito financiero resulta ser lo más práctico y económico.

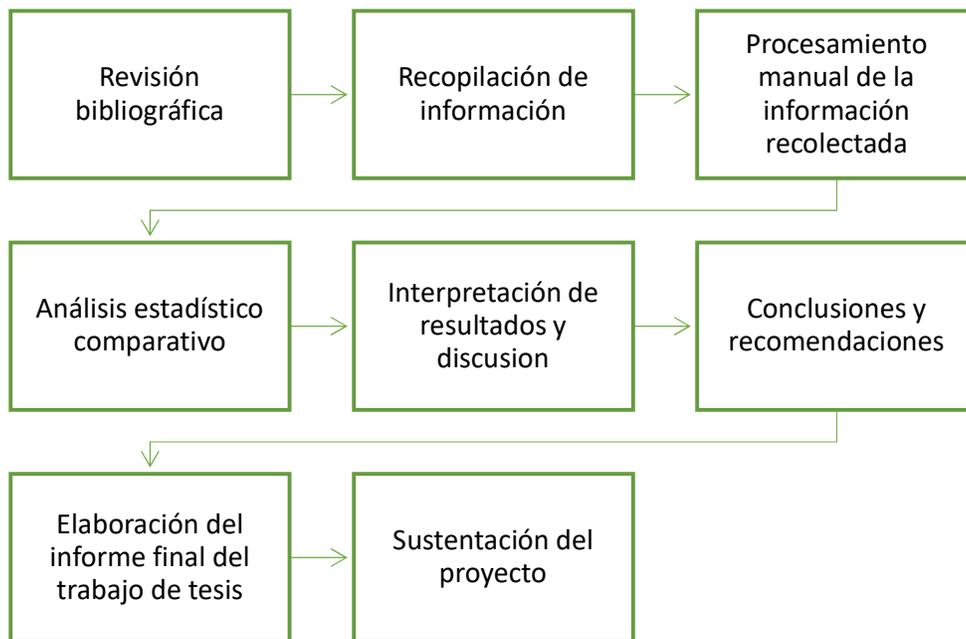
En el trabajo de García (2008) habla sobre lo beneficioso que llega a ser un manual de operación y mantenimiento, debido a que es una ayuda para proyectistas y operadores al momento de revisar memorias y fichas técnicas sobre las condiciones del sistema hídrico. También beneficia a todo el sistema porque se puede llevar un mejor control puesto que los datos recolectados son in situ.

Un manual de operación y mantenimiento bien elaborado es una herramienta increíblemente valiosa para cualquier sistema de agua potable. Como señala Espinosa (2004), contar con una fuente centralizada y actualizada de información, organizada de manera clara y concisa, puede marcar una gran diferencia en situaciones de emergencia. En el caso de eventos naturales imprevistos, por ejemplo, tener acceso rápido a información detallada sobre el sistema puede ayudar a minimizar los efectos negativos y restaurar el servicio de manera más rápida y eficiente.

Pero los beneficios de un manual de operación y mantenimiento no se limitan solo a situaciones de emergencia. Desde una perspectiva administrativa, tener un conocimiento detallado de las unidades y ubicaciones de los elementos que componen el sistema, junto con sus características técnicas y físicas, puede ser muy útil para el mantenimiento y la resolución de problemas cotidianos. Con esta información al alcance de la mano, los trabajadores pueden ahorrar tiempo valioso y abordar los problemas de manera más efectiva, lo que en última instancia es beneficioso para los usuarios del sistema de agua potable.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Figura 3. *Diagrama de desarrollo*



En la **Figura 3** se muestra un diagrama con el desarrollo que va a tener el presente trabajo de tesis. El mismo aplica una metodología cualitativa, la cual se busca recopilar, analizar y sistematizar. La finalidad es que la hoja dinámica sea lo más operativa e inteligible posible, atendiendo al desarrollo y evolución de los sistemas de agua potable.

El primer paso es recopilar la mayor cantidad de documentos posible, considerando que sea relevante para el tema de investigación y que la información sea auténtica. La información recopilada se puede encontrar en: Google Académico, Repositorios Universitarios, ReserchGate y Revistas Científicas Digitales (Novasinergia).

La zona de estudio se delimitó a 150 000 habitantes debido a que por su densidad poblacional es factible la aplicación de este manual de operación y mantenimiento. Los documentos que han sido analizados y en el cual se basa este trabajo de tesis fueron proporcionados por técnicos pertenecientes a los GADM de las ciudades de Chunchi, Guano, Cumandá, Riobamba, Pelileo y Baños.

La hoja dinámica del manual de operación y mantenimiento se elaborará con todos los componentes de un sistema de agua potable. Se va a identificar las instalaciones y equipos necesarios y que existan guías para la manipulación de estos. Finalmente, el establecimiento de un programa completo en el que tanto operadores como proyectistas puedan comprender, interpretar y ejecutar la guía sin oportunidad a confusiones o malas interpretaciones.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Captación

O P E R A C I O N	Componente	Camara de manantial			Camara humeda		Camara seca	Desarenador
		Cuneta de coronacion	Cajon recolector	Vertedero de acero inoxidable	Cono de rebose	Canastilla de salida	Estructura interna y externa de la camara	Estructura interna del desarenador
	Objetivo	Su función es interceptar la escorrentía que podría contaminar la vertiente y desestabilizar el talud del entorno	Sirve para recolectar y almacenar agua fresca para su posterior uso.	Es una estructura metálica que sirve para controlar y regular caudal de agua, también para regular el exceso de agua que ingresa a la captación	Sirve para evitar el desbordamiento del líquido cuando el nivel de llenado alcanza la capacidad máxima	Sirve para retener las impurezas que podrían dañar la válvula	Es una estructura diseñada para recibir y recolectar agua de los cuerpos de agua. Es construida con hormigón simple.	Es una estructura diseñada para separar la arena y otros sedimentos del agua y garantizar su calidad y seguridad para su uso posterior.
	Actividades	Retirar los materiales y la maleza que obstruyan el paso del agua por la cuneta	Retirar basura, palos, piedras y escombros manualmente	Limpiar la superficie con una solución de cloro en agua.	Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua, con la mezcla frotar el cono de rebose.	Eliminar la suciedad y evitar obstrucciones.	En la parte externa de cámara, eliminar los objetos no deseados, como maleza, piedras y objetos extraños del entorno (3 metros a la redonda).	Limpiar el fondo del desarenador en donde se ha formado una capa de lodo cuyas cantidades serán mayores en la época de invierno. Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua para limpieza total del desarenador.
	Frecuencia	Recomendable mensual en períodos lluviosos y bimensual en otro período	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal	Mensual	Semanal
	Tiempo estimado en horas/semana	2	2	1	0.5	0.5	4	4
	Materiales	Sacos de lona	Sacos de lona	solución de 10 litros de agua con 1/4 de taza de cloro líquido	Hipoclorito de calcio al 70%, franelas	Jabón líquido, franela		Hipoclorito de calcio al 70%, esponjas
	Herramientas	Azadón, rastrillo, palas, picos	Palas, picos, carretilla, rastrillo	Cepillo de plástico, baldes	Balde de plástico, cepillo largo de plástico, tapa de botella	Cepillo pequeño de plástico, balde	Escobas, rastrillo, carretillas, palas, picos, sacos de lona	Palas, escobas, baldes, cepillo de plástico, carretillas, tapa de botella, sacos de lona

MANTENIMIENTO

Componente	Cuneta de coronación	Cámara de manantial		Cámara húmeda		Cámara seca	Desarenador
		Cajón recolector	Vertedero de acero inoxidable	Cono de rebose	Canastilla de salida	Estructura interna y externa de la cámara	Estructura interna del desarenador
Actividades	Configurar la cunera en la parte superior de la vertiente	Desbroce y limpieza de maleza del interior. Reparación de las paredes de hormigón	Si se detecta signos de grietas, agujeros o deformaciones en la superficie del metal es recomendable reemplazarlo.	Reparar el tubo de rebose si se observa fisuras y reemplazar si se observan deformaciones o roturas.	Detectar cualquier signo de daño y reemplazar	Retirar todos los sedimentos y sus paredes se limpiarán para remover las adherencias que generalmente se depositan en las esquinas y paredes. Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua para limpieza total de la cámara y las escaleras internas. Limpiar las escaleras externas.	Verificar si en la estructura existen indicios de roturas, fisuras y fugas para repararlas rasgando la parte dañada con un combo o martillo, luego colocar la malla de plástico y nivelar, para finalmente aplicar mezcla de mortero.
Frecuencia	Cuando sea necesario	Mensual	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Trimestral
Tiempo estimado en horas/semana	8	3	4	1	1	6	8
Materiales	Sacos de lona	Cemento, arena de río, macadán, agua	Vertedero de acero inoxidable	Tubo de rebose, sellador de PVC	Canastilla de plástico	Hipoclorito de calcio al 70%, esponjas	Arena de río, macadán, cemento, agua, malla de plástico
Herramientas	Azadón, rastrillo, palas, picos	Rastrillo, carretilla, palas, bailejo, paleta	Playo de presión, herramientas menores	Llave de tubo	Playo, llave de tubo	Baldes, cepillos de plástico, tapa de botella, sacos de lona	Baldes, bailejo, paleta, nivel, combo, martillo, sacos de lona

Línea de conducción

O
P
E
R
A
C
I
O
N

Componente	Camara rompe presiones		Valvula de aire	Valvula de purga	Tuberia de conduccion
	Tubo de ventilacion	Estructura interna y externa de la camara			
Objetivo	El tubo libera el exceso de presión, si no existiera este tubo, la cámara quedaría sometida a sobrepresiones durante el llenado que podrían dañarla. También equilibra las presiones de aire y elimina la acumulación de gases.	Es una estructura diseñada para recibir y recolectar agua de los cuerpos de agua. Es construida con hormigón simple.	Una válvula de aire se utiliza para permitir la salida de aire de la tubería y evitar la acumulación de aire en los puntos muertos, lo que ayuda a garantizar un flujo de líquido constante y eficiente y reduce la vibración.	Se utiliza para permitir la salida controlada de líquido y sedimentos acumulados en la tubería, lo que ayuda a garantizar un flujo de líquido constante y reducir la acumulación de sedimentos en las tuberías	Conduce el agua cruda a través de tramos de tubería.
Actividades	Inspeccionar grietas, deformaciones o ensuciamiento excesivo en toda la superficie del tubo. Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua y frotar el tubo con una franela.	En la parte externa de cámara, eliminar los objetos no deseados, como maleza, piedras y objetos extraños del entorno (3 metros a la redonda).	Sustituir las juntas, sellos y empaquetaduras de la válvula. Llevar un registro con la historia de cada válvula, se registrará el número de vueltas, si gira en el sentido de las agujas del reloj o a la inversa. Destapar la válvula y limpiarla suciedad que este obstruyendo el paso del aire.	Asegurarse que se abre y cierra correctamente, cierre la válvula de entrada de agua y abra la válvula de purga para liberar la presión. Las partes móviles como el vástago o eje de la válvula pueden requerir lubricación para asegurar un movimiento suave e inspeccionar signos de corrosión. Llevar un registro con la historia de cada válvula, se registrará el número de vueltas, si gira en el sentido de las agujas del reloj o a la inversa.	Recorrer las líneas de conducción para detectar posibles daños por causas naturales (derrumbes, socavaciones, etc.). Inspeccionar que estén en buenas condiciones las tuberías encamisadas y que acciones antropogénicas no pongan en peligro la estabilidad de la tubería. Colocar banderas de señalización a lo largo de las líneas de conducción e implementar una escala de abscisas para mejorar la localización de las mismas.
Frecuencia	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal
Tiempo estimado en horas/semana	1	6	0.25	0.25	8
Materiales	Sellador de PVC, franelas, hipoclorito de calcio al 70%	Mata maleza	Agua, franelas, hojas de registro, material de oficina	Agua, franelas, aceite de baja viscosidad, hojas de registro, material de oficina	Banderas reflectivas
Herramientas	Balde de plástico, cepillo largo de plástico, tapa de botella	Escobas, bomba de fumigar, carretillas, palas, picos, sacos de lona	Cepillo de plástico	Cepillo de plástico	Equipo menor

MANTENIMIENTO

Componente	Tubo de ventilación	Estructura interna y externa de la cámara	Válvula de aire	Válvula de purga	Tubería de conducción
Actividades	Reemplazar los tubos si se observa perforaciones o roturas.	Retirar todos los sedimentos y sus paredes se limpiarán para remover las adherencias que generalmente se depositan en las esquinas y paredes. Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua para limpieza total de la cámara y las escaleras internas. Limpiar las escaleras externas.	En caso de que se vea vulnerada la hermeticidad o mal funcionamiento, reemplazarla.	Reemplazar algunas de sus piezas como empaques o resortes. Detectar cualquier signo de corrosión o daños. Es mejor reemplazar la válvula completa si está muy deteriorada.	Reemplazar los tubos si se observa deformaciones o roturas, tanto en el encamisado de hierro galvanizado y en la tubería PVC.
Frecuencia	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tiempo estimado en horas/semana	4	6	8	8	1
Materiales	Tubería PVC	Hipoclorito de calcio al 70%, esponjas	Válvula de aire	Válvula de purga, pintura anticorrosiva	Tubería PVC, tubería de hierro galvanizado
Herramientas	Llave de tubo, playo de presión	Baldes, cepillos de plástico, tapa de botella, sacos de lona	Llave de tubo, alicate, destornillador	Llave de tubo, alicate, soplete y accesorios, brocha	Llave de tubo, sierra de mano, llave inglesa de tubo, cortatubos, llave de cadena, bomba de achique

Tratamiento

	Componente	Bandejas de aireacion	Canal de mezcla rapida hecho de acero inoxidable	Sedimentador de alta tasa de hormigón	Tanque para filtracion hecho de hormigón	Desinfeccion usando cloro gas	Control de calidad del agua	
O P E R A C I O N	Objetivo	La eliminación de olores y sabores del agua se logra mediante la aireación por cascada, que elimina gases disueltos. El exceso de hierro y manganeso en el agua para consumo o lavado causa problemas de color, manchas, mal sabor, incluso problemas de salud.	Sirve para medir el flujo de agua y debido a su forma particular en la sección de garganta se aplica la dosis de coagulante según el caudal de entrada mediante un dosificador.	Permite que los sólidos suspendidos se asienten en el fondo del tanque y eliminar los sedimentos y otros solidos suspendidos en el agua. Constan de placas de fibra de vidrio inclinadas. Los factores que se debe tomar en cuenta en este proceso son: pH, turbiedad, sales disueltas, temperatura del agua, tipo de coagulante utilizado, condiciones de mezcla, sistemas de aplicación de los coagulantes, tipos de mezcla y el color.	Permite que el agua pase a través de un lecho filtrante, el cual es una cama que contiene un elemento que puede ser poroso o granular con el fin de eliminar impurezas, mientras el agua fluye a través del filtro se atrapan las partículas en suspensión.	Sirve para disminuir el riesgo de infección de las enfermedades transmitidas por el agua, mediante la destrucción de los organismos patógenos. Se utiliza cloro gas, el cual tiene una presentación gaseosa, en cilindros a presión de 68 y 907 kg.	Si el agua contiene contaminantes dañinos, como bacterias, virus, metales pesados u otros productos químicos tóxicos, puede causar enfermedades graves y poner en peligro la vida de las personas que la consuman.	
	Actividades	Limpiar la tubería perforada y las bandejas, de la suciedad y sedimentos con una solución de cloro en agua. Verificar el nivel de agua, si el nivel de agua es bajo, es posible que existan fugas en el sistema o se deba reemplazar las bandejas.	Verificar que la dosis optima está siendo aplicada en la sección de garganta y que se disuelve completamente. Registrar la dosis optima aplicada, el caudal y la turbiedad del agua en una hoja de registro.	Evitar que el nivel del lodo sedimentado alcance la tubería de ingreso, ya que esto podría causar una interrupción en el proceso de separación por sedimentación y provocar la salida de los lodos. Limpiar todos los materiales que se encuentren acumulados en el fondo del sedimentador Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua para limpieza total del sedimentador.	Verificar que la tubería entre el sedimentador de alta tasa y el tanque de filtración esté libre de obstáculos. Inspeccionar que el nivel de agua sea el correcto y haya ausencia de objetos extraños. Registrar en una hoja, la fecha y hora cuando se realiza el lavado del material filtrante; para lavar el material filtrante se invierte la corriente (el agua se introduce de abajo hacia arriba)	Verificar que el gas que sale a presión de los cilindros se encuentre correctamente inyectado a las tuberías de agua. El cloro gas cuando se mezcla con el agua es altamente corrosivo, por lo que la tubería es de PVC y en las uniones arandelas de plomo y teflón. Verificar una buena ventilación en la caseta exclusiva para cloración. Las tuberías deben quedar a la vista y debidamente fijados con abrazaderas de plástico contra la pared, que permitan su fácil inspección y reparación.	Se deberá tomar semanalmente un número mínimo de 3 muestras con un kit de dosificación para realizar el Control Obligatorio: Color aparente, turbiedad, pH, cloro libre residual y coliformes fecales (Tabla 1, Resolución Nro. ARCA-DE-016-2022). También, el Control Básico: arsénico, fluoruros, nitritos, nitratos (Tabla 2, Resolución Nro. ARCA-DE-016-2022). Verificar que el cloro residual en los tanques de almacenamiento sea menor a 0,3 mg/L. De no garantizar la concentración adecuada de cloro residual, se deberá verificar las concentraciones de dosificación del tratamiento o analizar la posibilidad de realizar la re-cloración en los tanques. Luego se deberá llevar las muestras intactas y al momento de la toma, a un laboratorio que haya sido acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).	
	Frecuencia	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal	Diaria	Diario el cloro residual, semanal algunos y mensual otros
	Tiempo estimado en horas/semana	2	1	4	4	4	7	8
	Materiales	solución de 10 litros de agua con 1/4 de taza de cloro líquido, franelas	Hojas de registro, material de oficina, dosis de coagulante	Hipoclorito de calcio al 70%, esponjas	Hojas de registro, material de oficina	Hojas de registro, material de oficina	Arandelas de plomo, teflón, abrazaderas de plástico, cilindros de cloro gas	Kit de dosificación, franelas
Herramientas	Cepillo de plástico, baldes		Baldes, tapa de botella, escobas, cepillo de plástico, palas	Baldes	Baldes	Llave inglesa ajustable, destornillador, carretilla para transporte de cilindros	Botella de plástico esterilizada, baldes	

MANTENIMIENTO

Componente	Bandejas de aireación	Canal de mezcla rápida hecho de acero inoxidable	Sedimentador de alta tasa de hormigón	Tanque para filtración hecho de hormigón	Desinfección usando cloro gas
Actividades	Observar si las bandejas están agrietadas o deformadas para proceder a reemplazarlas.	Si el equipo dosificador presenta un mal funcionamiento, reemplazarlo. Comprobar la ausencia de obstrucciones en la tubería que transporta la solución coagulante hacia el canal de mezcla rápida.	Verificar si en la estructura existen indicios de roturas, fisuras y fugas para repararlas rasgando la parte dañada con un combo o martillo, luego colocar la malla de plástico y nivelar, para finalmente aplicar mezcla de mortero.	Observar si en la estructura existen indicios de roturas, fisuras y fugas para repararlas rasgando la parte dañada con un combo o martillo, luego colocar la malla de plástico y nivelar, para finalmente aplicar mezcla de mortero. Es necesario verificar que los filtros permitan el adecuado paso de agua sin saturarse hasta desbordarse, cuando esto sucede significa que los filtros ya se encuentran sucios y ha disminuido su carga hidráulica, será necesario cambiar el material filtrante.	Revisar los sistemas de alarma para detección de fugas de cloro. Verificar las balanzas electrónicas utilizadas para el monitoreo del consumo de los cilindros. Revisar que los cilindros de cloro gas y carretillas utilizadas para su transporte estén en condiciones óptimas o reemplazarlas.
Frecuencia	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Tiempo estimado en horas/semana	1	1	1	1	1
Materiales	Bandejas de acero inoxidable	Dosificador	Arena de río, macadán, cemento, agua, malla de plástico	Arena de río, macadán, cemento, agua, malla de plástico, material filtrante	Balanzas electrónicas, calibrador
Herramientas	Soplete y accesorios, brocha		0 Baldes, bailejo, paleta, nivel, combo, martillo	Baldes, bailejo, paleta, nivel, combo, martillo	Carretilla para transporte de cilindros

Tanque de almacenamiento

	Componente	Tanque de almacenamiento			Caseta de valvulas
		Cono de rebose	Canastilla de salida	Estructura interna del tanque	Vavula de by pass
O P E R A C I O N	Objetivo	Sirve para evitar el desbordamiento del líquido cuando el nivel de llenado alcanza la capacidad máxima	Sirve para retener las impurezas que podrían dañar la válvula	Las paredes del reservorio están hechas de hormigón armado y son diseñadas para soportar el peso del agua y a la vez garantizar la seguridad del agua contenida. También es útil para compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y compensar las presiones en la red.	Sirve para redirigir el flujo de agua alrededor de un componente específico del sistema, sin detener el flujo general
	Actividades	Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua, con la mezcla frotar el cono de rebose.	Eliminar la suciedad y evitar obstrucciones.	Retirar todos los sedimentos y sus paredes se limpiarán para remover las adherencias que generalmente se depositan en las esquinas y paredes. Preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua para limpieza total del tanque y de las escaleras internas.	Limpiar la superficie e inspeccionar el interior, en donde puede haber acumulación de residuos. Lubricar la válvula
	Frecuencia	Mensual	Mensual	Semanal	Semanal
	Tiempo estimado en horas/semana	1	1	8	0.5
	Materiales	Hipoclorito de calcio al 70%, franelas	Detergente líquido, franela	Hipoclorito de calcio al 70%, esponjas	Agua, franelas, aceite de baja viscosidad
	Herramientas	Balde de plástico, cepillo largo de plástico, tapa de botella	Cepillo pequeño de plástico, balde	Palas, escobas, baldes, cepillo de plástico, tapa de botella, sacos de lona	Cepillo de plástico, destornillador, playo de presión

MANTENIMIENTO

Componente	Cono de rebose	Canastilla de salida	Estructura interna del tanque	Válvula de by pass
Actividades	Reparar el tubo de rebose si se observa fisuras y reemplazar si se observan deformaciones o roturas.	Detectar cualquier signo de daño y reemplazar	Verificar si en la estructura existen indicios de roturas, fisuras y fugas para repararlas rasgando la parte dañada con un combo o martillo, luego colocar geomembrana HDPE 1 milímetro y nivelar, para finalmente aplicar mezcla de mortero. Asegurarse de limpiar de escaleras externas.	Asegurarse que funcione correctamente, de lo contrario ajustar la válvula o reemplazarla. Es importante verificar que la válvula se abra y cierre correctamente.
Frecuencia	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tiempo estimado en horas/semana	1	1	16	2
Materiales	Tubo de rebose, sellador de PVC	Canastilla de plástico	Arena de rio, macadán, cemento, agua, geomembrana HDPE 1 milímetro	Válvula de by pass
Herramientas	Llave de tubo	Playo, llave de tubo	Baldes, bailejo, paleta, nivel, combo, martillo, tijeras, sacos de lona	Destornillador, llave de tubo, playo de presión

Red de distribución

	Componente	Tubería de distribución	Valvula de aire	Valvula de purga	Hidrante
O P E R A C I O N	Objetivo	Sirve para distribuir el agua a través de la red de distribución a diferentes áreas geográficas y a diferentes tipos de usuarios, como hogares, empresas, industrias, escuelas, hospitales, entre otros.	Una válvula de aire se utiliza para permitir la salida de aire de la tubería y evitar la acumulación de aire en los puntos muertos, lo que ayuda a garantizar un flujo de líquido constante y eficiente y reduce la vibración.	Se utiliza para permitir la salida controlada de líquido y sedimentos acumulados en la tubería, lo que ayuda a garantizar un flujo de líquido constante y reducir la acumulación de sedimentos en las tuberías	Se utiliza para suministrar agua de forma rápida a los bomberos en caso de un incendio. También para limpieza de tuberías y abastecimiento puntual de emergencias (tanqueros).
	Actividades	Recorrer la red de distribución y comprobar si existen instalaciones clandestinas, fugas visibles o roturas de tuberías. Observar si hay humedad o encharcamiento sobre la zona de la tubería y registrar en una hoja.	Inspeccionar todas las piezas internas en busca de signos de desgaste o corrosión y repararlas. Sustituir las juntas, sellos y empaquetaduras de la válvula. Llevar un registro con la historia de cada válvula, se registrará el número de vueltas, si gira en el sentido de las agujas del reloj o a la inversa.	Asegurarse que se abre y cierra correctamente, cierre la válvula de entrada de agua y abra la válvula de purga para liberar la presión. Las partes móviles como el vástago o eje de la válvula pueden requerir lubricación para asegurar un movimiento suave e inspeccionar signos de corrosión. Llevar un registro con la historia de cada válvula, se registrará el número de vueltas, si gira en el sentido de las agujas del reloj o a la inversa.	Chequear la válvula de drenaje mientras la válvula principal esté abierta, comprobando si se cierra correctamente. Engrasar y limpiar las bocas de salida, tapas y cadenas
	Frecuencia	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal
	Tiempo estimado en horas/semana	8	8	8	2
	Materiales	Hoja de registro, material de oficina	Agua, franelas, hojas de registro, material de oficina	Agua, franelas, aceite de baja viscosidad, hojas de registro, material de oficina	Agua, franelas, aceite de baja viscosidad
	Herramientas	Equipo menor	Cepillo de plástico	Cepillo de plástico	Cepillo de plástico, llave inglesa ajustable, equipo menor, baldes

MANTENIMIENTO

Componente	Tubería de distribución	Válvula de aire	Válvula de purga	Hidrante
Actividades	Lavar la tubería para eliminar sedimentos que se hayan formado o acumulado, se deben abrir las válvulas de purga en las horas de bajo consumo. Inspeccionar todas las válvulas de la red. Reparar las fugas reportadas.	Cambiar las piezas de la válvula según sea necesario y reensamblar. Detectar cualquier signo de corrosión o daños. En caso de que se vea vulnerada la hermeticidad o mal funcionamiento, reemplazarla.	Reemplazar algunas de sus piezas como empaques o resortes. Detectar cualquier signo de corrosión o daños. Es mejor reemplazar la válvula completa si está muy deteriorada.	Los hidrantes deben pintarse con pintura anticorrosiva de color rojo vivo, cada vez que se vean daños o signos de corrosión. Cuando un hidrante debe ser retirado para su reparación es recomendable que se lo reemplace por otro.
Frecuencia	Mensual	Semestral	Semestral	Anual
Tiempo estimado en horas/semana	2	8	8	6
Materiales	Agua a presión, hipoclorito de calcio al 70%, accesorios de agua potable, uniones gibault, uniones de reparación	Válvula de aire, pintura anticorrosiva	Válvula de purga, pintura anticorrosiva	Pintura anticorrosiva color rojo, lijas para metal, hidrante
Herramientas	Baldes, mangueras, escobas, sierra de arco	Llave de tubo, alicate, soplete y accesorios, brocha	Llave de tubo, alicate, soplete y accesorios, brocha	Destornillador, llave de tubo, martillo, llave inglesa ajustable, soplete y accesorios

Conexiones domiciliarias

	Componente	Acometida	Medidor	Llave de corte
O P E R A C I O N	Objetivo	Es la tubería domiciliaria que se conectará a la tubería de distribución (matriz) por medio de un collarín.	Se utiliza para controlar el consumo de agua que se utiliza en una propiedad	Se utiliza para detener o regular el flujo de agua que pasa por la tubería hacia la conexión intradomiciliaria.
	Actividades	Detectar cualquier signo de daño en la tubería o en el collarín y registrar en una hoja.	Asegurarse de que no haya agua fluyendo en la casa y que todos los grifos estén cerrados y los electrodomésticos que usan agua estén apagados. Después tomar nota de la lectura actual del medidor de agua y espera alrededor de una hora sin usar el agua. Por último, volver a leer el medidor de agua, si no ha cambiado la lectura es precisa y el medidor de agua está funcionando correctamente.	Asegurase de que la llave esté bien fijada, abre y cierra la llave varias veces para asegurarse de que opera correctamente. Limpiar la válvula y las uniones universales de suciedad que pueda estar acumulada.
	Frecuencia	Mensual	Mensual	Mensual
	Tiempo estimado en horas/semana	0.5	0.5	0.5
	Materiales	Hoja de registro, material de oficina	Hoja de registro, material de oficina	Agua, franelas
	Herramientas	Herramientas menores		Cepillo de plástico

MANTENIMIENTO

Componente	Acometida	Medidor	Llave de corte
Actividades	Reemplazar el tubo o el collarín si se observa deformaciones o roturas	Limpiar las cajas de hierro en donde se encuentra el medidor, reponiendo su tapa cuando se encuentre averiada o ha sido retirada. Si el medidor tiene fallas, reemplazarlo.	Verificar el funcionamiento de la mariposa de la llave de corte, en caso de detectar piezas dañadas o fugas, reemplazarla.
Frecuencia	Semanal	Semanal	Semanal
Tiempo estimado en horas/semana	1	1	0.5
Materiales	Tubería PVC, collarín de plástico	Medidor	Mariposa de llave de corte, llave de corte
Herramientas	Llave de tubo, playo de presión, destornillador	Cortatubo, uniones universales, teflón	Llave inglesa ajustable, destornillador, martillo

Recomendaciones básicas

	Componente	Tapa metalica sanitaria	Valvula de compuerta	Tuberia PVC	Macromedidor para cuadal	Valvula reguladora presion
O P E R A C I O N	Objetivo	Sirve para proteger el agua almacenada de la contaminación y prevenir la pérdida debida a la evaporación. Además, evitan que la suciedad, los insectos, los animales y otros contaminantes entren en el agua, de igual manera evitan el vandalismo.	Se utiliza para controlar el flujo agua en una tubería. Se caracterizan por tener una compuerta o placa plana que se mueve perpendicularmente al flujo de agua para abrir o cerrar el paso.	Es un tipo de tubería de plástico que se utiliza para transportar el agua	Sirve para medir y mostrar la cantidad de agua que se está moviendo a través de la tubería de conducción, lo que permite determinar con precisión los volúmenes que serán tratados y almacenados. Además, es útil para detectar el agua no contabilizada, como la que se pierde por fugas.	Se utilizan para proteger los equipos y las tuberías del exceso de presión, si la presión aumenta por encima de un nivel seguro, la válvula se abrirá para liberar el exceso de presión y evitar daños en el sistema o lesiones a las personas.
	Actividades	Eliminar la suciedad, el polvo y otros materiales que puedan acumularse en su superficie. Utilizar limpiador de acero inoxidable. Lubricar las bisagras para que la tapa se pueda abrir y cerrar fácilmente. Comprobar el funcionamiento del candado de seguridad y reemplazarlo de ser necesario.	Manipular de cada válvula en todas las partes del sistema de agua potable, cerrándola y abriéndola, para chequear si el número de vueltas coincide con el de la fábrica, si es menor, quiere decir que se han depositado residuos en el asiento y requiere de limpieza. Poner aceite de baja viscosidad entre el vástago y la contratuerca superior. Mantener limpias sus cajas, reponiendo las tapas de metal que fueren rotas o substraídas, además de limpiar animales, plantas y la suciedad que se encuentren en el interior. Llevar un registro con la historia de cada válvula, se registrará el número de vueltas, si gira en el sentido de las agujas del reloj o a la inversa, y si se mantiene parcialmente abierta indicando la razón de ello.	Detectar cualquier signo de daño, como fisuras y utilizar sellador de PVC para evitar fugas y preparar una solución de desinfección disolviendo dos tapas de botella llenas de hipoclorito de calcio al 70% en un litro de agua.	Limpiar las partes mecánicas críticas, tales como engranajes y ruedas, y realizar la limpieza de la superficie, asegurándose de que esté libre de obstrucciones y daños que puedan afectar su funcionalidad	Verificar si hay daños o suciedad en la parte exterior de la válvula. Asegurarse que la tapa de la válvula esté bien ajustada y que no haya objetos obstruyendo su acceso. Utilizar un manómetro para medir la presión del agua en la entrada y salida de la válvula. La presión debe estar dentro del rango especificado por el fabricante de la válvula.
	Frecuencia	Mensual	Diario	Mensual	Semanal	Semanal
	Tiempo estimado en horas/semana	0.25	0.25	8	1	8
	Materiales	Jabón líquido, agua, grasa, esponjas, limpiador de acero inoxidable	Aceite de baja viscosidad, hojas de registro, material de oficina, franelas	Sellador de PVC, franelas, hipoclorito de calcio al 70%	Agua, franelas	Agua, franelas, manómetro
	Herramientas	Cepillo de plástico, escobas, candado	Cepillo de plástico, escobas, palas	Balde de plástico, cepillo largo de plástico, tapa de botella	Cepillo de plástico, baldes	Cepillo de plástico, playo de presión

MANTENIMIENTO

Componente	Tapa metálica sanitaria	Válvula de compuerta	Tubería PVC	Macromedidor para caudal	Válvula reguladora de presión
Actividades	Identificar indicios de corrosión debido a la exposición prolongada al medio ambiente. Reparar grietas, agujeros o deformaciones en la superficie del metal utilizando la masilla epoxi. Reparar los bordes del brocal enluciendo.	Cuando el asiento de la válvula se ha desgastado demasiado, dejando pasar una apreciable cantidad de agua, entonces habrá que cambiarla por otra de características similares. También reemplazar cuando el vástago o eje del tornillo se encuentre torcido o inmovilizado debido al óxido. Con pintura anticorrosiva pintar o retocar las válvulas y accesorios.	Reemplazar los tubos si se observa deformaciones o roturas. Reparar las juntas entre tubos, con abrazaderas de acero inoxidable, evitar poner objetos extraños.	Limpiar la acumulación de sedimentos u otros materiales, de ser necesario reemplazar el macromedidor. Calibrar y asegurarse de una buena precisión de las mediciones.	Verificar si existe corrosión y repararla. Inspeccionar que tenga un adecuado funcionamiento, de lo contrario reemplazarla.
Frecuencia	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral	Semestral
Tiempo estimado en horas/semana	2	8	1	1	8
Materiales	Pintura anticorrosiva, masilla epoxi, lija de hierro, cemento, arena de río, agua	Pintura anticorrosiva, válvula de compuerta	Tubería PVC, abrazaderas de acero inoxidable	Macromedidor, calibrador	Pintura anticorrosiva, válvula reguladora de presión
Herramientas	Soplete y accesorios, bailejo, brocha	Soplete y accesorios, brocha, llave inglesa ajustable, destornillador, martillo, cepillo de acero	Llave de tubo, playo, destornillador, sierra de hierro	Llave de tubo, llave inglesa ajustable	Llave de tubo, playo de presión, soplete y accesorios, brocha

4.2 DISCUSIÓN

Es necesario implementar medidas que mejoren el servicio de agua potable y a la vez cuiden el medio ambiente, por lo cual se ha elaborado un manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, el cual es totalmente operativo y de fácil uso y comprensión, adaptándose a la infraestructura, personal, herramientas y demás factores particulares de ciudades de la región interandina menores a 150 000 habitantes. Este documento es una guía esencial para facilitar el correcto funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de agua potable. Al seguir estas pautas y procedimientos detallados, los responsables administrativos pueden calcular indicadores precisos que reflejen el desempeño de las actividades realizadas, lo que les ayuda a monitorear y mejorar la eficiencia del sistema. Además, el manual también permite una fácil cuantificación del costo horario del personal y los recursos necesarios, como herramientas y materiales, lo que es útil para mantener un registro claro del inventario y los costos asociados. Con esta información, los encargados pueden tomar decisiones sobre la asignación de recursos y el presupuesto, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad del servicio de agua potable que se brinda a los usuarios.

La importancia del manual radica en que el suministro de agua potable es fundamental para la salud pública y el bienestar de las comunidades. Un sistema de agua potable con falta de mantenimiento puede causar problemas de salud, como enfermedades transmitidas por el agua, así como interrupciones en el suministro de agua potable que pueden afectar la vida diaria de las personas. Es de vital importancia llevar los materiales y herramientas necesarias al lugar que se va a inspeccionar, debido a que de esta manera se puede solucionar los problemas emergentes. Por otro lado, algunas ubicaciones de los componentes del sistema de agua potable se encuentran a largas distancias, por lo cual este manual tipo propone el equipo necesario y el tiempo estimado en horas que conlleva realizar estas actividades de operación y mantenimiento, con el fin de prever posibles contratiempos y que las actividades sean realizadas con éxito.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se ha identificado todo un sistema de agua potable, el cual constituye un proceso complejo que involucra la captación de agua de fuentes naturales y su posterior transporte a través de líneas de conducción que recorren grandes distancias de tubería hasta llegar a las plantas de tratamiento. En este punto, el agua es sometida a procesos de tratamiento que garantizan su calidad y seguridad para el consumo humano, observando y dando cumplimiento a las normativas establecidas por la NTE INEN 1108 y las resoluciones emitidas por la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). Una vez tratada, el agua es almacenada en grandes estructuras de almacenamiento. A partir de aquí el agua recorre los largos kilómetros de tubería denominadas redes de distribución, hasta que termina en las conexiones domiciliarias, es decir, en los hogares de los usuarios.

Basándonos en el análisis de las 12 ciudades evaluadas y en los manuales de operación y mantenimiento adquiridos, se puede inferir que únicamente 6 de estas ciudades disponen de un manual propio (Riobamba, Guano, Baños, Chunchi, Cumandá y Pelileo). El análisis de cumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento de los 12 cantones analizados se exponen en la Figura 2 del presente documento.

Se ha logrado identificar las actividades que corresponden a operación y mantenimiento en cada parte del proceso, todos los accesorios, equipos y estructuras necesitan ser atendidas de manera adecuada, lo que puede mejorar significativamente la calidad del servicio y la satisfacción de los usuarios.

Al elaborar el manual de operación y mantenimiento, se ha prestado especial atención a la necesidad de comprender la función de cada parte del sistema que se va a intervenir. Además, se ha incluido actividades de manera detallada, que se presentan junto con información importante, como la frecuencia de intervención y el tiempo estimado necesario para realizar cada una de ellas, lo cual también es posible cuantificar y obtener indicadores de rendimiento. Además, se ha elaborado una lista completa de los materiales y herramientas necesarios para llevar a cabo las intervenciones con éxito. Esto se realizó con el objetivo de que el personal encargado de la operación y mantenimiento pueda estar seguro de tener todo lo necesario para realizar un trabajo eficiente y efectivo, lo que se traduce en un mejor servicio para los usuarios y adicionalmente minimizar la posibilidad de retrasos o interrupciones.

5.2 RECOMENDACIONES

Para garantizar eficiencia en la gestión de operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, se recomienda realizar una actualización continua de los componentes del manual de operación y mantenimiento en futuros estudios de investigación, como trabajos de titulación o artículos científicos. Al mantener actualizado el manual se puede asegurar que los procedimientos y las actividades estén alineados con las últimas prácticas y tecnologías disponibles. Esto garantiza que el personal cuente con información actualizada y precisa para llevar a cabo su trabajo de manera efectiva.

Se recomienda que la Universidad Nacional de Chimborazo socialice el manual tipo propuesto mediante este proyecto de titulación con los prestadores del servicio de agua potable de las ciudades menores a 150 000 habitantes, sean GAD-Municipales o GAD-Parroquiales. También puede servir como línea base para capacitaciones en ciudades que no cuentan con manuales de operación y mantenimiento, para la elaboración de proyectos de vinculación con la sociedad y para prácticas preprofesionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Achache, N., & Gómez, S. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022a). *Regulación-DIR-ARCA-RG-012-2022*.
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2022b). *Resolución Nro. ARCA-DE-016-2022*.
- Arellano, A., & Lindao, V. (2018). *Incidencia de la calidad de agua potable en el consumo diario residencial en poblaciones menores a 150.000 habitantes*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- BDE. (2011, marzo). *Estudios de Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado Para El Distrito Metropolitano de Quito*.
- CARE Internacional-Avina. (2012). *Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable. Modulo 5*. www.care.org.ec
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial*, 449(20), 25–2021. www.lexis.com.ec
- Costecam CIA. LTDA. (2012). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO*.
- Diario La Hora. (2022, julio 27). *Contraloría detectó frecuentes falencias e irregularidades en los proyectos para dotación de agua potable en 17 provincias – Diario La Hora*. <https://www.lahora.com.ec/pais/contraloria-detecto-frecuentes-falencias-e-irregularidades-en-los-proyectos-para-dotacion-de-agua-potable-en-17-provincias/>
- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S., & Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 409–427.
- Espinosa, C. (2004). *PROGRAMA SUB-REGIONAL DE REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN CENTROAMÉRICA*.
- García, E. (2008). *Manual de proyectos de agua potable y saneamiento en poblaciones rurales*.
- Saigua, H., & Vimos, J. (2023). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones de Alausí y Colta*.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2020). *Norma Técnica Ecuatoriana [NTE-INEN 1108]*.

Tirado, P., & Vedia, Y. (2021). *“LA IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DESARROLLO COMUNITARIO (DESCOM-FI) EN LA EMPRESA LOCAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SUCRE ELAPAS” COCHABAMBA-BOLIVIA 2021.*