UCUENCA

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Evaluación general de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma en la parroquia Victoria del Portete desde la captación hasta el tanque de almacenamiento

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Autores:

Andrea Carolina Chacha Jara

C.I: 0302416565

Correo: and.9319.k@gmail.com

Kelly Yadira Poveda Tapia

C.I: 0104782537

Correo: yadiris.62@gmail.com

Director:

Ing. Diego Benjamín Idrovo Murillo

C.I: 0101500387

Cuenca, Ecuador

01-agosto-2022

Resumen

En general, los sistemas de agua potable rurales no cuentan con un manual de operación y mantenimiento especifico, que se adecue a las características propias de cada sistema, por tal motivo, no se efectúa un control sistemático de las actividades realizadas, lo que contribuye al rápido deterioro de los componentes del sistema, afectando la calidad del servicio. Se ha seleccionado el sistema de agua potable rural de Pucaraloma ubicado en la parroquia Victoria del Portete del Cantón Cuenca, en donde se realizaron inspecciones del estado actual de los componentes desde las captaciones hasta los tanques de almacenamiento, además, se obtuvo el catastro del sistema facilitado por la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA EP) y por medio de entrevistas al personal encargado de la operación y mantenimiento se recopiló información de las actividades realizadas. También se han realizado análisis físicos – químicos del agua de las captaciones y del agua potable para determinar la calidad de agua. Con base a esta información se realizó la evaluación general de este sistema, que ha permitido elaborar un manual específico para este sistema.

Palabras claves: Sistema de agua potable rural. Manual de operación y mantenimiento. Pucaraloma. Calidad de agua.

Abstract

In general, rural potable water supply systems don't have a specific operation and maintenance manual, so that it is adapted to the characteristics of each system, for this reason, there is no systematic control of the activities carried out, which can contribute to the rapid deterioration of system components affecting the quality of service. For this reason, the rural drinking water system of Pucaraloma, located in the Victoria del Portete parish of the Cuenca Canton, has been selected, where the current state of the components was inspected from the catchments to the storage tanks, in addition, the cadastre of the system was obtained of the system provided by the Municipal Public Telecommunications, Potable Water and Sewerage Company of Cuenca (ETAPA EP) and through interviews with the personnel responsible of operation and maintenance, information was compiled on the activities carried out. Physical-chemical analyzes have also been carried out on the water from the catchments and drinking water to determine the quality of the water. Based on this information, a general evaluation of this system was carried out, which has allowed the elaboration of a specific manual for this system.

Keywords: Rural potable water supply systems. Operation and maintenance manual. Pucaraloma. Quality of the water.

Índice

Resumen 1
Abstract 2
Agradecimiento 16
Dedicatoria 17
1. Introducción 18
1.1 Antecedentes 18
1.2 Problema 18
1.3 Justificación 19
1.4 Objetivos 19
1.5 Alcance 20
2. Marco teórico 21
2.1 Importancia del agua 21
2.2 Calidad del agua 21
2.2.1 Calidad del agua de la fuente de abastecimiento 22
2.2.2 Calidad del agua potable 23
2.3 Características del agua 24
2.3.1 Aspectos físicos 24
2.3.1.1 Color 24
2.3.1.2 Turbiedad 26
2.3.1.3 Olor y Sabor 27
2.3.1.4 Temperatura 28
2.3.2 Aspectos químicos 28
2.3.2.1 pH 29
2.3.2.2 Alcalinidad 30
2.3.2.3 Dureza 30
2.3.2.4 Compuestos nitrogenados 32
2.3.2.5 Sulfatos 33
2.3.2.6 Sulfuros 34
2.3.2.7 Plomo 34
2.3.2.8 Hierro 35
2.3.3 Aspectos microbiológicos del agua 36
2.3.3.1 Bacterias 36
2.3.3.2 Virus 38
2.3.3.3 Protozoos 40
2.3.3.4 Algas 41

2.3.3.5 Hongos 42
2.4 Normativa para el control de calidad del agua 43
2.4.1 Valores referenciales 43
2.5 Sistema de agua potable 46
2.5.1 Operación de un sistema de agua potable 46
2.5.1.1 Tipos de operación 46
2.5.1.1.1 Operación normal 46
2.5.1.1.2 Operación especial o eventual 47
2.5.1.1.3 Operación de emergencia 47
2.5.2 Mantenimiento de un sistema de agua potable 47
2.5.2.1 Tipos de mantenimiento 47
2.5.2.1.1 Mantenimiento preventivo 47
2.5.2.1.2 Mantenimiento correctivo 48
2.5.3 Operación y mantenimiento de los elementos metálicos 48
2.5.3.1 Principales problemas que ocurren en los elementos metálicos 48
2.5.3.1.1 Protección de elementos metálicos ante la corrosión 49
2.5.3.1.2 Métodos más empleados para el control de la corrosión 51
2.5.3.1.2.1 Revestimiento con pinturas anticorrosivas 51
2.5.3.1.2.2 Revestimientos metálicos 52
2.5.4 Operación y mantenimiento de estructuras de hormigón 53
2.5.4.1 Principales problemas de las estructuras de hormigón 54
2.5.4.1.1 Acción mecánica: Abrasión en el hormigón 54
2.5.4.1.2 Mecanismos de deterioro 56
2.5.4.1.3 Acción física: Fisuras 56
2.5.4.1.4 Acciones químicas 58
2.5.5.1 Problemas que se presentan en la tubería PVC 61
2.5.5.2 Mantenimiento preventivo de tuberías de PVC 61
2.5.5.3 Mantenimiento correctivo de tuberías de PVC 62
2.5.5.3.1 Sistemas de reparación sin corte de tubería 63
2.5.5.3.2 Sistemas de reparación con corte de tubería 63
2.5.6 Operación y mantenimiento de las válvulas de un sistema de abastecimiento de agua 64
2.5.6.1 Principales válvulas y su función dentro de un sistema de tratamiento de agua 64
2.5.6.1.1 Válvulas de aire 64
2.5.6.1.2 Válvulas de purga de sedimentos 64
2.5.6.1.3 Válvulas de compuerta de control 65
2.5.6.2 Problemas en la operación y mantenimiento de las válvulas de un sistema de agua potable 65

2.5.6.3 Mantenimiento de las válvulas de un sistema de agua potable 66
2.5.7 Operación y Mantenimiento de los componentes de un sistema de agua potable 67
2.5.7.1 Captación 67
2.5.7.1.1 Operación y Mantenimiento de la captación..... 68
2.5.7.2 Conducción 70
2.5.7.2.1 Operación y Mantenimiento de la conducción..... 70
Operación de la conducción:..... 70
2.5.7.3 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)..... 73
2.5.7.3.1 Componentes, Operación y Mantenimiento de una PTAP de configuración FiME 75
2.5.7.3.1.1 Tanque repartidor de caudal..... 75
2.5.7.3.1.1.1 Operación y mantenimiento del tanque repartidor de caudal..... 76
2.5.7.3.1.2 Filtración 76
2.5.7.3.1.2.1 Filtros gruesos 78
2.5.7.3.1.2.2 Filtros lentos..... 79
2.5.7.3.1.2.3 Operación y Mantenimiento de los filtros..... 80
2.5.7.3.1.2.3.1 Operación y Mantenimiento de los filtros gruesos..... 80
2.5.7.3.1.2.3.2 Operación y Mantenimiento de los filtros lentos 82
2.5.7.3.1.3 Cámara de desinfección 84
2.5.7.3.1.3.1 Operación y Mantenimiento de la cámara de desinfección..... 88
2.5.7.3.1.4 Tanques de almacenamiento 91
2.5.7.3.1.4.1 Operación y Mantenimiento de los tanques de almacenamiento 91
2.5.8 Generalidades sobre el personal encargado de la operación y mantenimiento de un sistema de agua potable. 92
3. Desarrollo..... 94
3.1. Ubicación del sistema de agua potable de Pucaraloma. 94
3.2 Antecedentes del sistema de tratamiento agua potable de Pucaraloma..... 95
3.3 Descripción del estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable de Pucaraloma..... 96
3.3.1 Captaciones 96
3.3.1.1 Captación Guacanguillas 1..... 98
3.3.1.2 Captación Caspishitana 2 99
3.3.1.3 Captación Caspishitana 3 101
3.3.1.4 Tanque de unión de la captación Guacanguillas 1 y Caspishitana 3..... 103
3.3.2 Desarenadores:..... 105
3.3.3 Conducciones:..... 109
3.3.4 Planta de tratamiento:..... 114
3.3.4.1 Tanque repartidor..... 116

3.3.4.2 Filtros gruesos 119
3.3.4.3 Filtros lentos 121
3.3.4.4 Estructura para el lavado y secado de arena 124
3.3.4.5 Caseta de almacenamiento del cloro gas y cámara de desinfección 125
3.3.4.6 Tanques de almacenamiento 127
3.4 Evaluación general básica del sistema de agua potable de Pucaraloma 129
3.4.1 Captaciones 129
3.4.1.1 Inspección hidráulica de las captaciones 129
3.4.1.2 Inspección física de las captaciones 131
3.4.1.2.1 Captación Guacanguillas 1 131
3.4.1.2.2 Captación Caspishitana 2 132
3.4.1.2.3 Captación Caspishitana 3 134
3.4.1.2.4 Tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3 135
3.4.1.2.5 Desarenadores 135
3.4.1.3 Evaluación sanitaria de las captaciones 139
3.4.1.3.1 Captación Guacanguillas 1 139
3.4.1.3.2 Captación Caspishitana 2 141
3.4.1.3.3 Captación Caspishitana 3 142
3.4.1.3.4 Calidad de agua de las captaciones 143
3.4.2 Conducción 144
3.4.2.1 Inspección hidráulica 144
3.4.2.2 Inspección física 145
3.4.3 Planta de tratamiento 148
3.4.3.1 Inspección hidráulica 149
3.4.3.2 Inspección física 149
3.4.3.2.1 Tanque repartidor 149
3.4.3.2.2 Filtros gruesos 150
3.4.3.2.3 Filtros lentos 151
3.4.3.2.4 Caseta de desinfección: 152
3.4.3.3 Inspección sanitaria 155
3.4.4 Tanques de almacenamiento 155
3.4.4.1 Inspección física 155
3.4.4.2 Evaluación sanitaria 157
3.5 Inspección de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable 160
3.5.1 Captaciones 160
3.5.1.1 Actividades realizadas por el operador en las captaciones y en los desarenadores 160
3.5.2 Conducción 162

3.5.2.1 Actividades realizadas por el operador en la línea de conducción 162
3.5.3. Planta de tratamiento de agua 163
3.5.3.1 Tanque repartidor 163
3.5.3.1.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en el cajón de llegada 163
3.5.3.2 Filtros gruesos 164
3.5.3.2.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en filtros gruesos 164
3.5.3.3 Filtros lentos 165
3.5.3.3.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en filtros lentos 165
3.5.3.4 Caseta y cámara de desinfección 167
3.5.3.4.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en la caseta y cámara de desinfección 167
3.5.3.5 Tanque de almacenamiento 168
3.5.3.5.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en el tanque de almacenamiento 168
3.6 Adecuaciones y recomendaciones para el sistema de agua potable 169
3.6.1 Captaciones 170
3.6.2 Conducción 178
3.6.3 Tanque repartidor 179
3.6.4 Filtros lentos 181
3.6.5 Caseta de desinfección 182
3.6.6. Tanques de almacenamiento 184
4. Conclusiones 185
6. Bibliografía 188
7. Anexos 193
7.1. Encuestas realizadas 193
7.2. Manual de operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma 202

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Curva demanda de cloro, Fuente: (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005) 86
Ilustración 2: Ubicación geográfica de la Parroquia Victoria del Portete. Fuente: Elaboración propia. 94
Ilustración 3: Ubicación de la planta de tratamiento de agua potable de Pucaraloma. Fuente: Elaboración propia. 95
Ilustración 4: Recorrido hacia las captaciones 173

Índice de gráficas

Gráfica 1: Esquema de la captación Guacanguillas 1 Fuente: Elaboración propia 99
Gráfica 2: Esquema de la captación Caspishitana 2 Fuente: Elaboración propia 100
Gráfica 3: Esquema de los tanques de la captación Caspishitana 2 Fuente: Elaboración propia..... 101
Gráfica 4: Esquema de la captación Caspishitana 3 Fuente: Elaboración propia 103
Gráfica 5: Esquema del tanque de unión de la captación Guacanguillas 1 y Caspishitana 3. Fuente: Elaboración propia. 104
Gráfica 6: Esquema de la vista lateral derecha del cajón de unión. Fuente: Elaboración propia..... 104
Gráfica 7: Vista en planta de los desarenadores. Fuente: Elaboración propia 108
Gráfica 8: Vista de perfil derecho del desarenador izquierdo. Fuente: Elaboración propia. 108
Gráfica 9: Esquema del detalle del vertedero triangular de los desarenadores. Fuente: Elaboración propia. 108
Gráfica 10: Perfil de la conducción de la captación Guacanguillas 1 hasta el tanque de unión. Fuente: Elaboración propia 109
Gráfica 11: Perfil general desde el tanque de unión de las captaciones hasta la PTAP Fuente: Elaboración propia 110
Gráfica 12: Esquema general del sistema de agua potable de Pucaraloma, Fuente: CATASTRO ETAPA EP, Elaboración propia..... 111
Gráfica 13: Esquema del tanque rompe presión. Elaboración: Fuente propia 114
Gráfica 14 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable. Fuente: Elaboración propia 115
Gráfica 15: Esquema del tanque repartidor. Fuente: Elaboración propia. 118
Gráfica 16: Esquema de los filtros gruesos. Fuente: Elaboración propia 121
Gráfica 17: Esquema de los filtros finos. Fuente: Elaboración propia..... 123
Gráfica 18: Estructura de lavado..... 125
Gráfica 19: Esquema de la cámara de contacto y caseta del cilindro de cloro gas. Fuente: Elaboración propia 126
Gráfica 20: Esquema de la vista posterior del tanque de almacenamiento de 200 m3. Fuente: Elaboración propia. 128
Gráfica 21: Detalle del letrero para cada captación Fuente: Elaboración propia. 171
Gráfica 22: Señal para los letreros. Fuente: Elaboración propia. 171
Gráfica 23: Esquema de la señalización vertical. Fuente: Elaboración propia. 172
Gráfica 24: Esquema del apoyo para la tubería de rebose. Fuente: Elaboración propia. 174
Gráfica 25: Ubicación de las válvulas en cada captación. Fuente: Elaboración propia. 175
Gráfica 26: Ubicación de las válvulas en el tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3. Fuente: Elaboración propia. 176
Gráfica 27: Estructura para colocar el material. Fuente: Elaboración propia. 177
Gráfica 28: Señalización para la conducción. Fuente: Elaboración propia..... 178
Gráfica 29: Ubicación del soporte para las tapas metálicas. Fuente: Elaboración propia..... 180
Gráfica 30: Detalle de la cubierta para la cámara de desinfección. Fuente: Elaboración propia. 183
Gráfica 31: Fachada del modelo para la bodega de la PTAP. Fuente: Elaboración propia. 184

Índice de fotografías

Fotografía 1: Entrada a la captación Guacanguillas 1 97
Fotografía 2: Captación Guacanguillas 1, reservorio y pared frontal 98
Fotografía 3:Captación Guacanguillas 1, tubería 110mm y pared frontal 98
Fotografía 4: Captación Caspishitana 2, azud, malla y tubería 110 mm. 100
Fotografía 5: Tanque con tubería para desfogue y tubería filtrante para captación Caspishitana 2.... 101
Fotografía 6: Unión de tres vertientes para captación Caspishitana 3 102
Fotografía 7: Captación Caspishitana 3, estructura para embalse de agua y tubería 110 mm. 102
Fotografía 8: Tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana.3 104
Fotografía 9: Válvula de compuerta control al ingreso del desarenador izquierdo 106
Fotografía 10: Vertedero triangular, cuenco de amortiguamiento y tubería de rebose del desarenador izquierdo. 106
Fotografía 11: Desarenador izquierdo 107
Fotografía 12: Desarenador derecho 107
Fotografía 13: Tuberías y válvulas a la salida del desarenador izquierdo 107
Fotografía 14: Pozos para válvulas 113
Fotografía 15: Tanque rompe presión ubicado en la conducción 114
Fotografía 16: Válvula de compuerta de control a la entrada del tanque repartidor. 116
Fotografía 17: Tanque repartidor de la PTAP de Pucaraloma. 117
Fotografía 18: Parte interna del tanque repartidor 117
Fotografía 19: Filtros gruesos 119
Fotografía 20: Tanque de llegada al filtro grueso 120
Fotografía 21: Salida del filtro grueso 120
Fotografía 22: Filtros lentos 121
Fotografía 23: Tanque de llegada del filtro lento 122
Fotografía 24: Salida del filtro lento 123
Fotografía 25: Filtros gruesos y filtros lentos de la planta de tratamiento de Pucaraloma 124
Fotografía 26: Estructura para lavado de arena de la planta de tratamiento de Pucaraloma 124
Fotografía 27: Cámara de desinfección y caseta para el cilindro de cloro gas 126
Fotografía 28:Tanque de almacenamiento de 200m3 127
Fotografía 29:Vista posterior del tanque de almacenamiento de 200 m3. 127
Fotografía 30:Tanque de almacenamiento de 50m3. 128
Fotografía 31:Tanque de almacenamiento cercado. 129
Fotografía 32: Tuberías expuestas en diferentes tramos 131
Fotografía 33: Estado físico de la captación Guacanguillas 1: a) moho y desprendimiento de la parte superior del dique, b) tubería PVC manchada y sin filtros 132
Fotografía 34: a) Estado físico de la captación Caspishinata 2, b) Malla colocada a lo largo del embalse 133
Fotografía 35: Estado físico del tanque de la captación Caspishitana 2 133
Fotografía 36: Estado de la captación 3, manchas y grieta en la superficie 134
Fotografía 37:Estado físico del tanque de unión de las captaciones 1 y 3 135
Fotografía 38: Cerramiento de la zona de desarenadores 135
Fotografía 39: Tanques de entrada del desarenador derecho. 136
Fotografía 40: Vertedero del desarenador derecho 136
Fotografía 41: Mecanismo de deterioro: Grietas en la pared del desarenador izquierdo. 137
Fotografía 42: Mecanismo de deterioro: Manchas en el desarenador derecho 137
Fotografía 43: Mecanismo de deterioro: Manchado y decoloración de la cámara de válvulas 138
Fotografía 44: Muestras de agua de cada captación y del agua potable del sistema. 139
Fotografía 45: Unión de las tuberías de conducción de las captaciones 145
Fotografía 46: Tuberías PVC de la conducción 146

Fotografía 47: Estado general de uno de los tanques rompe presiones: a) Paredes manchadas y moho, b) Tubería expuesta al ingreso 147
Fotografía 48:Tapa metálica y presencia de residuos en el tanque rompe presiones 147
Fotografía 49: Pozos para válvulas de purga o aire 148
Fotografía 50: Cerramiento de la PTAP. 148
Fotografía 51: Estado del cajón de llegada: a) interior del tanque, b) estado de las paredes exteriores 149
Fotografía 52: Estado del tanque de llegado a los filtros gruesos 150
Fotografía 53: Estado de los filtros gruesos: a) tanque circular, b) cajón de salida 151
Fotografía 54: a) Filtros lentos, b) tubería de salida del filtro lento derecho. 151
Fotografía 55: Descascaramiento en la parte superior del filtro lento derecho 152
Fotografía 56:Tapas de la caja de lavado y caja de unión de las tuberías de los filtros lentos 152
Fotografía 57: Estado de la caseta de desinfección a) Interior de la caseta, b) cilindro de cloro gas . 153
Fotografía 58: a) Estado de la tubería flexible de conexión entre la cámara y el cilindro de cloro gas, b) Bodega 153
Fotografía 59: : Estado del vertedero y pared interna de la entrada a la cámara de desinfección 154
Fotografía 60: Cubierta de la cámara de desinfección , estado de las paredes externas y tapas de válvulas en la salida 154
Fotografía 61: Tanque de almacenamiento del sistema con capacidad 200m3 155
Fotografía 62: Vista posterior del tanque de almacenamiento 2 de 50m3, tubería de ventilación y tapa metálica 156
Fotografía 63: Vista posterior del tanque de almacenamiento fuera de la PTAP y tubería de ventilación 156
Fotografía 64: a) Tapa metálica tanque de almacenamiento 50m3, b) cerramiento del tercer tanque de almacenamiento 157
Fotografía 65: Condiciones del camino a las captaciones: a) animales,, b) niebla en la zona, c) y d) charcos de agua en el camino. 170
Fotografía 66: Escalera para ingreso al tanque repartidor. 179
Fotografía 67: Apertura de la tapa metálica del tanque repartidor. 180
Fotografía 68: Filtro lento semienterrado 181
Fotografía 69: Arena colocada a la salida del filtro lento 181
Fotografía 70: Tuberías de PVC apoyadas en la cámara de desinfección 184

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano 44
Tabla 2: Requisitos microbiológicos del agua para el consumo humano. 44
Tabla 3: Rango de pH del agua para consumo humano. 45
Tabla 4: Límites permitidos de parámetros químicos orgánicos del agua para consumo humano. 45
Tabla 5: Límites permitidos de parámetros químicos inorgánicos del agua para consumo humano. 45
Tabla 6: Límites permitidos de subproductos de desinfección en agua para consumo humano 45
Tabla 7: Recubrimientos metálicos con uso anticorrosivo y su forma de aplicación. 53
Tabla 8 Estándares para fuentes de aguas crudas 73
Tabla 9 Clasificación de las fuentes 74
Tabla 10: Procesos de purificación 75
Tabla 11 Esquema indicativo de la operación de válvulas de un filtro rápido 80
Tabla 12: Control de dosificación 88
Tabla 13: Coordenadas UTM (WGS84) de las captaciones 96
Tabla 14: Coordenadas UTM de las válvulas ubicadas en la conducción 112
Tabla 15: Coordenadas UTM de los tanques rompe presión (TRP) 114
Tabla 16: Tuberías del tanque repartidor 118

Tabla 17: Datos de las captaciones para obtener su capacidad. 129
Tabla 18: Resultados de capacidad y velocidad de conducción de cada captación con Manning 130
Tabla 19: Resultados de capacidad y velocidad máximas de conducción de cada captación con Hazen Williams 131
Tabla 20: Resultados de análisis de los ensayos de la muestra de agua de la captación 1. 140
Tabla 21: Resultados de análisis de los ensayos de la muestra de agua de la captación 2. 142
Tabla 22 Resultados de análisis de los ensayos de la muestra de agua de la captación 3. 143
Tabla 23:Resultados capacidad de conducción 145
Tabla 24: Resultados de análisis de los ensayos del agua potable de la PTAP 158
Tabla 25: Resultados de análisis microbiológicos de los ensayos del agua potable de la PTAP 159

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Andrea Carolina Chacha Jara en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación general de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma en la parroquia Victoria del Portete desde la captación hasta el tanque de almacenamiento", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 01 de agosto de 2022

Andrea Carolina Chacha Jara

C.I: 030241656-5

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Kelly Yadira Poveda Tapia, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación general de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma en la parroquia Victoria del Portete desde la captación hasta el tanque de almacenamiento", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 01 de agosto de 2022

Kelly Yadira Poveda Tapia

Cláusula de Propiedad Intelectual

Andrea Carolina Chacha Jara, autora del trabajo de titulación "Evaluación general de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma en la parroquia Victoria del Portete desde la captación hasta el tanque de almacenamiento", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 01 de agosto de 2022

Andrea Carolina Chacha Jara

C.I: 030241656-5

Cláusula de Propiedad Intelectual

Kelly Yadira Poveda Tapia, autora del trabajo de titulación "Evaluación general de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma en la parroquia Victoria del Portete desde la captación hasta el tanque de almacenamiento", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 01 de agosto de 2022

Kelly Yadira Poveda Tapia

C.I: 010478253-7

Agradecimiento

Agradecemos a nuestras familias, amigos y profesores, quienes nos han apoyado constantemente para poder culminar nuestros estudios, en especial a nuestro director, el ingeniero Diego Idrovo Murillo, quien nos ha guiado y compartido sus conocimientos durante la realización de este trabajo de titulación. A la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca ETAPA por facilitarnos la información necesaria.

Dedicatoria

Este trabajo de titulación está dedicado a mi familia, quienes representan mi fuerza para lograr cada objetivo, gracias por el amor, confianza y paciencia que me han brindado siempre.

Andrea Carolina Chacha Jara

Dedico este trabajo de grado especialmente a mi madre Inesita y a mi padre Rafael quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y han sido mi inspiración para superarme, a mis hermanos Fabián y Janneth que siempre han estado dispuestos a ayudarme en mis peores momentos y me han sacado adelante.

Gracias a Dios por regalarme a mi hermosa familia.

A mis amigos, quienes fueron también una pieza clave y un gran apoyo a lo largo de mi vida universitaria, en especial a Juan Diego, Pedro, Edwin, Tebo y a mi primito Marlon quienes de una u otra manera nos ayudaron para poder concluir este trabajo.

Kelly Yadira Poveda Tapia

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La correcta operación y mantenimiento de un sistema de agua potable contribuye a brindar un servicio adecuado de tal manera que el recurso suministrado se entregue en la calidad y cantidad requerida, que sea accesible, asequible y se distribuya de forma continua para la población que abastece. Si estas actividades no se realizan de la forma apropiada se pueden presentar falencias importantes que afectan la calidad de prestación del servicio, daños en los componentes del sistema y pérdidas económicas.

Para la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable se emplean manuales previamente establecidos, mismos que deben ser ajustados en función de las condiciones de un sistema específico.

Por lo tanto, el sistema de abastecimiento de agua potable debe disponer de un manual que detalle un conjunto de actividades de operación y mantenimiento, que se ejecuten de manera planificada y oportuna sin generar pérdidas económicas, de manera que el sistema funcione de manera eficiente y cada obra hidráulica o elemento que lo compone opere para las condiciones específicas para las que fue diseñado.

1.2 Problema

En el sistema de agua potable de Pucaraloma se emplean manuales de operación y mantenimiento que no están adecuados para las condiciones específicas del mismo, por lo que pueden no satisfacer todos los requerimientos que demande el sistema.

1.3 Justificación

Para identificar los principales problemas referentes a la operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma se pretende realizar la evaluación general del mismo. A partir de esta evaluación, se elaborará un manual que se adecúe a los requerimientos propios del sistema, el mismo que servirá para establecer actividades de operación y mantenimiento apropiadas, lo que conlleva al adecuado funcionamiento del sistema durante su vida útil.

1.4 Objetivos

Objetivo general

Elaboración de un manual de operación y mantenimiento de la captación, conducción, planta de tratamiento y tanque almacenamiento del sistema de agua potable de Pucaraloma.

Objetivos específicos

1. Obtener fuentes bibliográficas de la operación y mantenimiento de la captación, conducción y planta de tratamiento de un sistema de agua potable y la información actual del sistema de Pucaraloma.
2. Identificar los componentes del sistema de agua potable de Pucaraloma desde la captación hasta la planta de tratamiento.
3. Evaluación de la operación y mantenimiento de la captación, conducción, planta de tratamiento y tanque almacenamiento del sistema de agua potable de Pucaraloma.
4. Comparación de las actuales actividades de operación y mantenimiento y nuevas propuestas de operación y mantenimiento de la captación, conducción, planta de tratamiento y tanque almacenamiento del sistema de agua potable de Pucaraloma.
5. Elaborar el manual de operación y mantenimiento de la captación, conducción y planta de tratamiento del sistema de agua potable de Pucaraloma.

1.5 Alcance

La evaluación general de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma, desde la captación hasta la planta de tratamiento de agua se realizará mediante la inspección física, hidráulica y sanitaria, y a partir de esta se desarrollará un manual específico para este sistema.

En relación a la inspección física se realizarán reconocimientos visuales para determinar el estado físico de las principales estructuras de hormigón, así como de los componentes metálicos y tuberías que forman parte del sistema. Además, se registrarán los componentes o elementos que requieran mantenimiento. Mediante la inspección hidráulica, se determinará la capacidad máxima de las conducciones de las captaciones y de la conducción hacia la planta de tratamiento de agua potable.

La evaluación de la calidad del agua consistirá en la toma de muestras de agua en cada captación y a la salida de la PTAP, en las muestras se analizarán el pH, color y turbiedad, dureza, hierro y la presencia de coliformes totales y fecales en el agua tratada.

Para realizar la evaluación, se ejecutarán visitas técnicas al sistema de agua potable y se realizarán entrevistas al personal encargado del mismo, se recopilará información en relación a las actividades de operación y mantenimiento que se ejecuta actualmente en el sistema. Además, mediante el empleo de un GPS móvil eTrex GARMIN de precisión 5m y mediciones empleando cinta métrica, realizadas en campo, se realizará un esquema de los componentes del sistema.

Con base a la información recopilada de las entrevistas en cuanto a las actividades que se ejecutan para la operación y mantenimiento del sistema, y de las inspecciones realizadas, se establece una comparación con el manual de operación y mantenimiento existente. A su vez,

esto da paso al desarrollo de un manual específico para el sistema de agua potable de Pucaraloma, que se ajuste a las características propias del mismo.

2. Marco teórico

2.1 Importancia del agua

El agua es un elemento indispensable en la vida, permite el desarrollo de las distintas actividades humanas con la naturaleza, siendo importante conocer la composición de la misma.

Se considera al agua potable como un recurso esencial para la vida del ser humano ya que se emplea para la preparación de alimentos, aseo personal, y el desarrollo económico. El agua potable es aquella que es salubre y cumple con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos en las normas técnicas de calidad de agua potable, de tal forma que pueda ser suministrada a la población sin producir efectos perjudiciales en su salud, (Trujillo López, 2007).

Se debe dotar a la población de un adecuado abastecimiento de agua potable, de tal forma que sea seguro, suficiente, accesible, asequible y continuo.

2.2 Calidad del agua

En la calidad del agua incide directamente los factores ambientales, meteorológicos, hidrológicos y geológicos, por tal motivos, es importante conocer la naturaleza de la fuente, (AWWA, 2002).

2.2.1 Calidad del agua de la fuente de abastecimiento

Para el suministro público se usan comúnmente fuentes de abastecimientos subterráneas y superficiales.

El tema de la calidad de la fuente de agua subterránea es complicado, influyen factores de origen natural y humano. El agua subterránea se elige normalmente porque su nivel natural de calidad requiere menor tratamiento para garantizar un consumo de agua potable seguro para el ser humano. (AWWA, 2002). Los tipos de fuentes subterráneas son:

- Pozos poco profundos: usualmente se distinguen como pozos poco profundos a aquellos cuya profundidad es menor a 15m.
- Pozos profundos: se distinguen como pozos profundos a aquellos cuya profundidad es mayor a 15m.
- Manantiales: surgen donde un estrato que contiene agua alcanza la superficie del suelo o donde las fisuras de las rocas emergen a la superficie, en condiciones en las que el agua subterránea es forzada a salir a través de las grietas. Las aguas de manantiales de estratos superficiales están más expuestas a la contaminación superficial que las que provienen de zonas profundas.

Los riesgos de calidad más importantes de las aguas superficiales son: la turbidez, eutrofización, contaminación proveniente de microbios, pesticidas y precursores de trihalometanos. Los principales factores que afectan la calidad del agua incluyen el clima, la topografía, la geología de los lechos de agua nutrientes, intrusión de agua marina, y los vertidos de aguas residuales (AWWA, 2002). Los tipos de fuentes superficiales son:

- Ríos: por lo general el agua de esta fuente llega cargada de aguas residuales urbanas e industriales y basura arrastrada por la corriente, debido a esto es necesario someterla a un proceso de depuración antes de su uso, (Pürschel, 1976).
- Lagos: El agua de esta fuente se prefiere antes que el agua de los ríos, debido a la autodepuración por sedimentación que experimenta durante su largo periodo de reposo, (Pürschel, 1976).

2.2.2 Calidad del agua potable

La calidad del agua que es suministrada a una determinada población, se determina a través de un conjunto de análisis físicos, químicos, y microbiológicos cuyos resultados deben cumplir los requisitos de calidad establecidos; en Ecuador es la norma NTE INEN 1108 "AGUA POTABLE REQUISITOS", esta norma a su vez se basa en las denominadas Guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Es responsabilidad de la entidad prestadora del servicio controlar la calidad del agua que se suministra durante el período de tiempo para el cual se diseñó el sistema de abastecimiento, (Trujillo López, 2007).

Para realizar este control se deben ejecutar ensayos que están directamente relacionados con la calidad del agua, a continuación, se detalla el concepto de los siguientes análisis:

- Análisis físico químico: Pruebas de laboratorio que se realizan en una muestra para determinar sus características físicas, químicas, (Trujillo López, 2007).
- Análisis microbiológico: Pruebas de laboratorio que se efectúan en una muestra para determinar la presencia o ausencia de organismos patógenos.
- Análisis organolépticos: Pruebas relacionadas a la percepción visual de sustancias y material flotante o suspendido en el agua, consiste además en la valoración de la

calidad del agua en base a su olor, sabor, (Interconsulting Bureau S.L - ICB Editores, 2017).

Al tener los resultados de los análisis se realiza un informe de la inspección sanitaria del agua potable. Según (Steel, 1965) , mediante esta inspección se puede determinar las condiciones que pueden ser el origen de contaminación y de epidemias transmitidas por el agua. Además, cuando un análisis microbiológico muestra la presencia de agentes patógenos, es necesario una extrema vigilancia para descubrir la causa del peligro ya sea en el sistema de agua potable o de la fuente hídrica.

2.3 Características del agua

2.3.1 Aspectos físicos

Los aspectos físicos representan la aceptabilidad estética del agua potable, es decir el consumidor evalúa la calidad de agua según su percepción organoléptica. Se puede tener la idea equivocada de que un tipo de agua con excelentes características físicas, pero no segura para la salud es mejor que un tipo de agua que presente características físicas objetables a los sentidos pero que sea apta para el consumo humano.

2.3.1.1 Color

El color se debe a la presencia de sustancias disueltas de origen orgánico o químico, provenientes de la descomposición de hojas, raíces, ramas o elementos químicos como el hierro o manganeso, sustancias contaminantes provenientes de industrias, que pueden producir la variación del color.

Se puede distinguir dos tipos de color presentes en el agua:

- Color Aparente: Es producido por sustancias coloidales y en suspensión es decir incluye la turbiedad, por lo tanto, el color aparente se determina sobre la muestra original.

- Color Verdadero: Es producido por sustancias en estado coloidal cuando la turbiedad ha sido removida haciendo pasar la muestra de agua por un filtro de poro de 0.45µm.

El color en el agua está presente por el efecto de las partículas coloidales cargadas negativamente, por lo tanto, su remoción se puede lograr mediante un coagulante de una sal de ion metálico como el aluminio.

Al momento de emplear el método de desinfección por cloración, se debe vigilar de manera estricta la formación de trihalometanos, estos afectan a la salud y resultan de la interacción del cloro con la presencia de materia orgánica natural que puede contener nitrógeno, por tal motivo, es necesario mantener la cantidad de cloro residual dentro del límite correspondiente, de acuerdo a la norma NTE INEN 1108.

La remoción del color es un aspecto primordial en la aceptabilidad estética del agua, ya que el consumidor verifica mediante una inspección visual el color que posee y en caso que el agua tenga un color objetable, esta es rechazada inmediatamente. Se cuantifica la presencia del color, a través de un análisis en laboratorio empleando procesos de centrifugación por comparación con soluciones de cloroplatinato de potasio, el resultado del análisis realizado se expresa en unidades de color U.C.V o [mg/l], que se obtiene agregando 1 mg de cloroplatinato en 1 litro de agua destilada, (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

La presencia de hierro y manganeso puede producir un color indeseable en el agua, el hierro produce manchas de color rojizo-café en el concreto, mientras que el manganeso produce manchas cafés-negras, estas manchas no son fácilmente removibles, (McFarland & Dozier, s.f.). Por tal motivo, para disminuir la presencia de estas manchas el personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema debe realizar inspecciones continuas y los análisis químicos para cuantificar la presencia de hierro o manganeso en el agua a tratar, con el fin de

realizar el mantenimiento preventivo o correctivo para eliminar las manchas y proteger al hormigón.

2.3.1.2 Turbiedad

La turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico que es causado por la dispersión o interferencia de los rayos luminosos a través del agua, y que son emitidos por las partículas en suspensión. Es producida por la presencia de partículas en estado de suspensión, que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales, partículas finas tales como arcillas, limos, y además, de materia orgánica e inorgánica dividida, organismos planctónicos y microrganismos, (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

Para determinar la turbiedad de la muestra, se emplea el método nefelométrico, que cuantifica la intensidad del rayo de luz reemitida, dispersada en ángulo recto respecto a la fuente, y se expresa en unidades nefelométricas (UNT). Por medio de este método se compara la intensidad de luz dispersada por la muestra con la intensidad de luz dispersada por una muestra estándar de referencia. Cuanto mayor sea la intensidad de luz dispersada, mayor será la turbiedad, (Steel, 1965).

Se considera, además, una característica importante en la aceptabilidad ya que puede producir el rechazo del consumidor hacia el agua, en caso de que la misma presente color.

Mediante la inspección sanitaria, se determina la presencia de partículas suspendidas que resultan perjudiciales porque en las mismas se pueden encontrar microorganismos patógenos los cuales afectan a la salud del consumidor.

Establecer la medida de turbiedad permite determinar, el grado de tratamiento adecuado para el agua captada, la filtrabilidad, y la efectividad de los procesos de desinfección, (Trujillo López, 2007).

El control de la medida de la turbiedad en la operación de los filtros de la PTAP, es un indicador para realizar las actividades de operación y mantenimiento, tales como el lavado de filtros, retiro de las bolas de lodo dentro del medio filtrante, abrir o cerrar las válvulas de los filtros.

Solo en caso de emergencia, en donde el valor de la turbiedad supere el valor referencial establecido en la normativa INEN 1108, queda a criterio del personal, la responsabilidad de suministrar ese tipo de agua potable y de comunicar a la población beneficiaria.

2.3.1.3 Olor y Sabor

Se considera una característica esencial en la aceptabilidad estética por parte del consumidor, ya que si el agua presenta un olor y sabor desagradable automáticamente es rechazada.

El olor como el sabor pueden describirse de forma cualitativa, en general los olores son más fuertes a altas temperaturas, las causas más comunes del olor y sabor del agua son la presencia de materia orgánica en solución, ácido sulfúrico, sulfato de sodio y magnesio, hierro, manganeso, fenoles (toxinas dañinas que se pueden presentar en el agua por la degradación de pesticidas y fungicidas) , productos de cloro, algas, hongos, entre otros, (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

El método de aeración o arrastre con aire se puede emplear para eliminar algunos compuestos que alteran el sabor y causan mal olor al agua, (OMS, 2011).

Cuando se presentan olores fétidos, el personal encargado deberá realizar análisis para verificar la presencia de sulfatos, mismos que reaccionan con el hormigón produciendo el desgaste de la estructura.

En el proceso de desinfección, cuando el cloro está presente en exceso debido a una incorrecta dosificación, puede provocar olor y sabor en el agua. Cuando el agua contiene compuestos de fenol se produce un sabor a remedio, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

2.3.1.4 Temperatura

El agua debe tener una temperatura que le resulte agradable al consumidor, en un rango entre los 10°C y 15ºC. Cuando el agua presente elevadas temperaturas favorece la proliferación de microorganismos y pueden agravar los problemas de olor, color, sabor y corrosión, (Idrovo Murillo, y otros, 1999).

La temperatura interviene retardando o acelerando la actividad biológica, la absorción del oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección mediante cloro y además influye en los procesos de filtración debido a que retarda o acelera la actividad biológica, (Trujillo López, 2007).

Los cambios en la temperatura producen un incremento anormal en las algas, por lo tanto, se deben realizar inspecciones que permitan verificar el estado de la capa sobrenadante en los filtros, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

2.3.2 Aspectos químicos

El agua está expuesta a distintas sustancias químicas, las cuales pueden ser nocivas y afectar al ser humano, dependiendo del tiempo de exposición del agua o la dosis de concentración de las sustancias en el agua. Entre los principales aspectos químicos se encuentran:

2.3.2.1 pH

El pH o potencial de hidrógeno es una variable química en la que se mide la cantidad de iones de hidrógeno (H^+) libres en una sustancia, que, a su vez, sirve para medir el grado de alcalinidad o acidez de una sustancia. Aunque esta característica no afecta directamente a la salud de las personas, si puede alterar los procesos de tratamiento del agua, especialmente la desinfección, (Trujillo López, 2007).

El pH también influye en la formación de incrustaciones o problemas de corrosión de las tuberías, por lo tanto, es necesario realizar el control de medida de pH, (CEPIS, 2001).

El método de medición del pH en una muestra de agua es mediante un potenciómetro que mide la presión o potencial eléctrico ejercido por los iones H^+ , y además por medio del empleo de colores patrones (tornasol) para compararlos con los colores originados en las muestras, (Purshel, 1976).

El proceso de desinfección por cloración, es afectado por la presencia del pH, ya que interviene en las reacciones del cloro en el agua. Entre un rango de pH de [6 – 9.5] unidades, hay un equilibrio del ácido hipocloroso, éste ácido tiene mayor poder oxidante y bactericida, (Ramírez Quirós, 2005).

Un valor menor del pH al establecido, produce la reducción de la concentración de los trihalometanos, pero conlleva un aumento de la formación de ácidos haloacéticos (subproducto de desinfección). Por el contrario, al aumentar el pH se reduce la producción de estos ácidos, pero aumenta la formación de trihalometanos. Los ácidos haloacéticos (CH_3COOH) son compuestos que resultan de la interacción entre la materia orgánica presente en el agua a ser tratada con el cloro empleado para la desinfección de la misma, los trihalometanos se forman en al agua tratada principalmente como consecuencia de la cloración de la materia orgánica

presente de forma natural, en función de la concentración de cloro, nitrógeno, y pH, (OMS, 2011).

2.3.2.2 Alcalinidad

Se define como la capacidad del agua para neutralizar los ácidos e indica la cantidad de ácido que puede absorber el agua sin cambiar su pH, es importante en el proceso de coagulación en el tratamiento del agua ya que reacciona con coagulantes hidrolizantes, (Idrovo Murillo, y otros, 1999).

En aguas de origen natural se debe a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

No se considera que la alcalinidad cause algún tipo de daño al ser humano, sin embargo, aguas con alta alcalinidad produce sabores desagradables al gusto, si la alcalinidad es baja hay que aumentarla con alcalinizante primario, hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), lo que hace que aumenten los costos de tratamiento, (Trujillo López, 2007).

La alcalinidad del agua a tratar incide en el proceso de corrosión de elementos metálicos, una elevada alcalinidad aumenta la corrosión del cobre para cualquier pH, mientras que las aguas con baja alcalinidad reducen la corrosión de los metales, (AWWA, 2002).

2.3.2.3 Dureza

La dureza del agua está relacionada con la concentración de iones metálicos polivalentes disueltos. Los más comunes son cationes de calcio y magnesio, aunque también pueden ser importantes los cationes de estroncio, hierro y manganeso. Generalmente, se expresa en miligramos de carbonato de calcio ($CaCO_3$) por litro. Las aguas duras consumen más jabón y detergente durante el lavado al impedir la formación de espuma, la dureza del agua no es perjudicial para la salud de sus consumidores, pero está vinculada con el pH y la alcalinidad,

dependiendo de esas características puede favorecer a la formación de depósitos en las tuberías. (Idrovo Murillo, y otros, 1999).

Muchos investigadores atribuyen un efecto protector cardiovascular a la presencia del calcio y magnesio, un incremento moderado de calcio en la dieta baja los niveles de colesterol orgánico circulante, se ha teorizado que el magnesio por su parte protege contra los depósitos de lípidos en las arterias, reduce la irritabilidad, reduce daños cardiovasculares y tiene propiedades anticoagulantes. (AWWA, 2002).

Se considera un agua blanda cuando contiene menos de 75 mg $CaCO_3$/l, moderadamente dura cuando contiene entre 75 y 150 mg $CaCO_3$/l, dura cuando tiene de 150 a 300 mg $CaCO_3$/l y muy dura cuando tiene más de 300 mg $CaCO_3$/l. Tanto las aguas duras como las blandas son satisfactorias para el consumo humano. (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

La dureza total del agua se compone por la dureza en carbonatos o dureza temporal y la dureza debida a otras sales o dureza permanente, (Purshel, 1976).

- Dureza temporal: Producida por carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, este tipo de dureza puede eliminarse mediante la ebullición del agua y produce incrustaciones leves que se pueden eliminar con facilidad.
- Dureza permanente: Producida por sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio, no se puede eliminar con la ebullición y produce incrustaciones que son difíciles de remover.

La dureza interviene en la operación y mantenimiento del sistema de agua potable, cuando en la conducción se emplea tuberías de hierro fundido, hierro, ya que la presencia del carbonato de calcio, interviene en el proceso de corrosión heterogénea, produciendo desgaste en la superficie del tubo, (AWWA, 2002).

2.3.2.4 Compuestos nitrogenados

El ciclo del nitrógeno se puede explicar de la siguiente manera: durante las tormentas eléctricas, grandes cantidades de nitrógeno atmosférico son oxidadas en pentóxido de nitrógeno (N_2O_5), el cual se une con el agua para formar ácido nítrico (HNO_3), que es transportado por la lluvia a través de la tierra formando los nitratos, que sirven para fertilizar las plantas y se convierten en proteínas. Los animales muertos y plantas, son convertidos en compuestos amoniacos por las bacterias, que posteriormente serán empleados por las demás plantas, en caso que exista un exceso de los requerimientos de las plantas, tal exceso es oxidado por las nitroso – bacterias, que convierten los compuestos amoniacos en nitritos en condiciones aeróbicas, y un segundo grupo las nitro - bacterias oxidan los nitritos para convertirlos nuevamente en nitratos, (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

El nitrato se encuentra presente en todas las plantas en concentraciones variables ya que es un nutriente importante para estas; en los seres humanos, una parte del nitrato ingerido es reducido a nitrito por la acción de las bacterias de la boca, también ocurre la formación endógena de nitratos a partir del óxido nítrico y la descomposición de las proteínas como parte del metabolismo normal. El nitrito reacciona con la hemoglobina de los glóbulos rojos formando metahemoglobina lo que puede provocar metahemoglobinemia, bloqueando así el transporte de oxígeno y provocando asfixia. Los altos niveles de formación de metahemoglobina (> 10%) en los lactantes pueden dar lugar a la cianosis, también conocida como el síndrome del bebé azul, (OMS, 2011).

La concentración media de los nitratos en un suministro típico de agua superficial, estaría alrededor de los 2 mg/L, sin embargo, pozos individuales pueden tener concentraciones

significativamente elevadas. La ingesta diaria de nitratos es aproximadamente de 20mg, la mayoría proveniente de vegetales, (AWWA, 2002).

Los compuestos nitrogenados al estar presentes en el agua, reaccionan con los componentes del cemento produciendo sales que se lixivian con facilidad, (Porto Quintian, 2005), lo que provoca el desgaste en el estado físico de la estructura, por lo tanto, se requiere inspecciones por parte del personal de operación y mantenimiento del sistema, para ejecutar el mantenimiento necesario de tal manera que se minimice este problema.

2.3.2.5 Sulfatos

En aguas naturales no se encuentran altos niveles de sulfatos, sin embargo, en aguas subterráneas por lo general se encuentran altos valores de estos y pueden provocar efectos en el sabor, actuar como laxantes y puede favorecer a la corrosión de los sistemas de distribución. Su remoción requiere métodos complicados y costosos (Idrovo Murillo, y otros, 1999).

Al actuar como laxantes, la diarrea aguda puede causar deshidratación especialmente en bebés y niños pequeños, los adultos que viven en zonas donde existen elevadas concentraciones de sulfatos en el agua potable se adaptan fácilmente, (AWWA, 2002).

Los sulfatos reaccionan con el cemento dando lugar a sulfoaluminato tricálcico (etringita), este compuesto genera una expansión que disgrega al hormigón y provoca una fisuración irregular que permite el acceso de los sulfatos y da lugar a ataques posteriores, (Porto Quintian, 2005). La presencia de sulfatos en el agua a tratar incide en el mantenimiento del sistema ya que al producirse el deterioro del hormigón se requiere que el personal encargado del mantenimiento del sistema realice inspecciones frecuentes para realizar el mantenimiento preventivo o correctivo y reparar las fisuras que se presentan en las estructuras.

2.3.2.6 Sulfuros

Se presentan en aguas superficiales y subterráneas como resultado de la descomposición biológica anaeróbica de la materia orgánica. (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

Es un estado intermedio de reducción de sulfatos bajo condiciones anaeróbicas (estado del agua donde la concentración de oxígeno disuelto es demasiado baja) y bacterias sulfurosas. Son causantes de los malos olores y la disminución del pH, atacan directamente a los metales e indirectamente a la corrosión de las tuberías, es tóxico para los peces y otros organismos acuáticos, (Sierra Ramiréz, 2011).

Los sulfuros causan ataques ligeros en el hormigón, pero incrementan su poder nocivo si por oxidación se transforman en sulfato. (Porto Quintian, 2005). El personal encargado del mantenimiento del sistema debe llevar un control mediante análisis químico de sulfuros y sulfatos en el agua a tratar ya que estos atacan agresivamente al hormigón y a su vez realizar el mantenimiento preventivo o correctivo de las estructuras que puedan ser afectadas.

2.3.2.7 Plomo

Los efectos en la salud están relacionados normalmente con las pruebas de nivel en la sangre, los niños pequeños absorben el plomo con mayor facilidad, la exposición a altos niveles de plomo está relacionada con efectos como anemia, daños renales, desajustes en las funciones reproductoras, elevación de la presión sanguínea, retraso en el desarrollo neurológico y físico.

La USEPA (United States Environmental Protection Agency) ha clasificado al plomo como probable carcinógeno para el ser humano, (AWWA, 2002). El consumo habitual de aguas con alto contenido de plomo puede dar lugar a envenenamiento, esto sucede con aguas que contienen más de 0.5 ppm de plomo, las aguas apropiadas para absorber plomo son las blandas o ácidas, incluyéndose entre estas el agua de lluvia, así como las aguas de pantano, (Steel, 1965).

El contenido de plomo en el agua puede incrementar debido a un contacto prolongado de aguas ácidas con tuberías o accesorios de plomo. Otros factores de los que depende la cantidad de plomo disuelto en el sistema de tuberías son: el pH, la temperatura, la alcalinidad, la extensión de las tuberías, (Idrovo Murillo, y otros, 1999).

2.3.2.8 Hierro

El hierro presente en las aguas afecta directamente en el aspecto organoléptico, debido al sabor y al color que se produce al oxidarse con el oxígeno del aire. En el agua potable con concentraciones de hierro de varias partes por millón no se producen efectos fisiológicos nocivos a la población, pero en concentraciones mayores provocan incrustaciones en la red de distribución, manchas sobre los artefactos sanitarios y en la ropa, afectando al uso doméstico, (Trujillo López, 2007).

El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana, y las concentraciones varían dependiendo las necesidades de cada persona y oscilan entre 10 y 50 mg/día. La presencia de hierro en el agua no genera en efectos malignos en la salud.

El hierro presente en el agua produce manchas de color rojizo-café en la ropa, porcelana, lavaplatos, utensilios, accesorios de plomería, así como en el concreto, los detergentes no remueven estas manchas, (McFarland & Dozier, s.f.). Para que el agua no afecte

a los usos domésticos se recomienda que tenga una concentración menor a 0,3 mg/l, además, no genera un sabor apreciable (OMS, 2011). Existen distintos métodos para su remoción tales como la aeración, oxidación química y tratamiento convencional.

Es necesario que el personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema realice inspecciones y análisis de la cantidad de hierro presente en el agua a tratar, con el fin de realizar mantenimiento preventivo o correctivo en las estructuras de hormigón.

2.3.3 Aspectos microbiológicos del agua

Además de la materia orgánica y química, en el agua está presente materia viva que contiene una diversidad de microorganismos tales como bacterias, virus y protozoos, que pueden provocar una variedad de enfermedades, e inciden en las propiedades físicas, organolépticas y bacteriológicas del agua, algunos de ellos no son patógenos. Entre los principales microorganismos se tiene:

2.3.3.1 Bacterias

Son organismos unicelulares, sin núcleo definido. Provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal. (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

El agua puede estar sujeta a distintas bacterias perjudiciales para su calidad y por lo tanto afectan directamente a la salud del ser humano, a continuación, según (Sierra Ramiréz, 2011), se detallan los siguientes grupos de bacterias:

1. Coliformes totales: Son familia de las enterobacterias que se emplean como indicador del grado de contaminación bacteriológica del agua, es decir si la fuente

o el agua potable ha sido o está contaminada con materia orgánica de origen fecal que puede ser producida por humanos o por animales.

2. Coliformes fecales: Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias de carácter patógeno, ya que siempre están presentes en las heces humanas y de los animales.
3. Estreptococos fecales: Son bacterias que indican la contaminación fecal de origen humano y animal, presentan una alta resistencia al cloro.

La transmisión de estos grupos de bacterias a través del agua ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades de origen bacterial como la fiebre tifoidea que se transmite por la bacteria *Salmonella typhi,* salmonelosis transmitida por la *Salmonella spp*, gastroenteritis, cólera, (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

Las bacterias atacan al hormigón en función de los procesos químicos que se derivan de su metabolismo y pueden ser heterotróficas, sulfo-oxidantes y sulfo-reductoras, (Sánchez de Guzmán, 2006).

- Bacterias heterotróficas: dentro de este grupo se encuentran las sulfobacterias y nitrobacterias, las primeras oxidan el azufre a sulfato y por lo tanto se produce el ataque de sulfatos en el hormigón, las segundas en cambio transforman el amoniaco presente en la atmósfera en nitritos y nitratos que se combinan con el cemento formando nitrato de calcio, con el consecuente ataque de sales.
- Bacterias sulfo-oxidantes: producen la oxidación de uno o más compuestos reducidos del azufre y dan lugar a la formación de sulfatos.
- Bacterias sulfo-reductoras: reducen los sulfatos y los transforman en sulfuros, estos pueden provocar la biocorrosión en aceros de refuerzo.

La presencia de estas bacterias en el agua a tratar puede ocasionar que las estructuras del sistema se deterioren a causa del ataque de sulfatos y sulfuros, por lo que el personal encargado del mantenimiento del sistema debe realizar inspecciones frecuentes en las estructuras para constatar el estado del hormigón y realizar el mantenimiento preventivo o correctivo para reparar las fisuras que puedan producirse a causa de estos ataques.

2.3.3.2 Virus

Se definen como un grupo de agentes infecciosos más pequeñas que las bacterias ordinarias y que necesitan de células huéspedes apropiadas para su reproducción y actividad, (Steel, 1965).

Los virus entéricos afectan al tracto intestinal de humanos y animales. Estos son excretados a través de sus heces, la mayoría de los virus patógenos de origen hídrico son causantes de enfermedades gastrointestinales agudas, las especies de virus entéricos que afectan a los animales no afectan al hombre, se conocen más de 100 tipos de virus entéricos. (AWWA, 2002).

Según (AWWA, 2002) y (Trujillo López, 2007) se revisan algunos de los virus entéricos más importantes:

1. Rotavirus: Este tipo de virus se transmite por vía oral- fecal. Pueden causar gastroenteritis aguda principalmente en niños, las infecciones por rotavirus son una de las causas principales de la mortalidad infantil.
2. Hepatitis A: Este virus causa hepatitis infecciosa que se caracteriza por la inflamación y necrosis del hígado, los principales síntomas son fiebre, vómitos, debilidad, diarrea y en algunos casos causa ictericia, este virus se remueve con efectividad mediante la coagulación, floculación y filtración, sin embargo, es más

difícil de inactivar por desinfección que otros virus entéricos. Únicamente el tipo A es transmisible por el agua, la enfermedad es endémica en Bangladesh, India, Nepal, Pakistán, norte de África, y Oriente Medio.

4. Enterovirus: Se reconocen como causa importante de infecciones agudas, del sistema nervioso central, como meningitis y encefalitis, e infecciones subagudas y crónicas del sistema cardiovascular. La ruta de transmisión de estas enfermedades es fecal-oral, por contacto directo con enfermos, consumo de agua y alimentos contaminados, dentro de este tipo de virus se encuentran:

- Virus de la poliomielitis: atacan a los centros nerviosos.
- Virus de coxsckia A y B: pueden causar meningitis linfocitaria, mialgias o miocardiopatías.
- Virus *Enteric Cytopathogenic Human Orphan* (ECHO): causa enfermedad intestinal generalmente sin gravedad, algunos tipos serológicos puede producir meningitis linfocitarias reversibles.

5. Hepatitis E: se transmite por vía oral – fecal, un alto porcentaje de contagios es de origen hídrico, produce síntomas similares a los de la hepatitis A, las afecciones son leves excepto en el caso de las embarazadas que tienen una tasa de mortalidad de hasta el 39 %.
6. Adenovirus: Producen enfermedades como gastroenteritis, enfermedades respiratorias y en los ojos, también están presentes en el intestino. Su transmisión está relacionada por el contacto directo por vía fecal – oral y por agua.
7. Astrovirus: Se transmiten por vía fecal – oral y causan enfermedad en niños de 1 a 3 años de edad y en pacientes de SIDA, raramente afectan a adultos saludables. Los síntomas son leves y son típicos de una enfermedad gastrointestinal, pero es más persistente en las personas inmunocomprometidas.

8. SARS-COv-2: Se transmite por vía respiratoria, por el contacto con partículas muy pequeñas que contienen el virus. Estas partículas infectadas son inhaladas por otras personas o pueden depositarse sobre sus ojos, nariz o boca. Este virus no ha sido detectado en el suministro de agua potable, conforme a la evidencia y análisis realizados según la OMS. Por lo tanto, la empresa encargada del suministro debe implementar un plan de gestión para prevenir contagios del SARS-COv-2 en el personal, con base a protocolos de la autoridad sanitaria y de las mejores prácticas internacionales.
9. Viruela símica: Se caracteriza por erupción o lesiones cutáneas que suelen concentrarse en la cara, las palmas de las manos y las plantas de los pies. Se transmite principalmente por contacto directo o indirecto con sangre, fluidos corporales, lesiones de la piel, mucosas de animales infectados o material contaminado por el virus. Este tipo de virus no tiene incidencia en el suministro de agua potable.

2.3.3.3 Protozoos

Son organismos comunes en aguas superficiales, que carecen de cubierta celular. Tienen la forma de esporas o quistes para protegerse de las diferentes condiciones medioambientales, y constituyen la forma más reducida de la vida animal, (Steel, 1965).

Los protozoos patógenos, se hallan en el agua como esporas resistentes, quistes y ooquistes, en formas que los protegen de las tensiones ambientales. Para disminuir la densidad se emplea la eliminación mediante la filtración y el tratamiento. Estos protozoos causan distintas enfermedades en las personas, por lo tanto, se establece una clasificación según (Steel, 1965) y (AWWA, 2002) de los principales protozoos que se encuentran en el agua:

1. Protozoo *Entameba histolítica*: Es un protozoo que tiene gran importancia en el aspecto sanitario porque produce la disentería amebiana, que va formando unos quistes, los cuales se evacuan con las heces de las personas infectadas y viven durante largo tiempo en el agua, sus síntomas son diarreas agudas sangrientas y fiebre hasta una enfermedad gastrointestinal. Se eliminan empleando los tratamientos convencionales de agua, por coagulación seguida de filtración.
2. Protozoo *Giardia lamblia*: Produce la giardiasis, que es una enfermedad diarreica, y se manifiesta por la presencia de diarrea, fatiga y calambres.
3. Protozoo *Criptosporidium Parvum*: Se transmiten principalmente por el contacto persona a persona, por consumir agua potable contaminada. Son más resistentes a la desinfección por cloro, por lo que se recomienda emplear una combinación de desinfectantes como el ozono, seguido de cloro, que pueden ser efectivos para eliminar estos protozoos.

2.3.3.4 Algas

Las algas no plantean normalmente una inquietud en lo que se refiere a la salud humana, sin embargo, cierto tipo de algas puede producir neurotoxinas, hepatotóxicas, y otras toxinas que si se ingieren en altas concentraciones afecta a la salud. Además, debido a la proliferación de un gran cantidad de las algas, pueden dar un sabor y un olor fuerte al agua, esto se debe a la liberación de los organismos muertos, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

Las neurotoxinas más importantes son producidas por tres especies de algas azul-verdosas también conocidas como cianobacterias. Las toxinas pueden producir toxemia y shock en pacientes con inmunodepresión, (AWWA, 2002).

La proliferación de las algas y musgos intervienen de una manera directa en la operación y mantenimiento del sistema, ya que se adhieren a las paredes de los tanques, ocasionando que se produzca un color en las mismas, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

Son las principales causantes de obstrucción en los filtros debido a la correlación entre la naturaleza del plankton con la capacidad de filtración, por lo tanto, es importante que el personal de la operación y mantenimiento ejecuta inspecciones necesarias para realizar el respectivo mantenimiento preventivo como el control y la remoción de las algas, especialmente en los filtros lentos, (Maroto & Casañé, 1964).

2.3.3.5 Hongos

Son vegetales sin clorofila por lo que se pueden desarrollar sin la presencia de luz solar y se pueden proliferar en las tuberías que conducen agua. Sin embargo, durante su descomposición da origen a sabores y olores desagradables. Además, al igual que los hongos, ciertos musgos como los briozoarios, pueden desarrollarse en las tuberías produciendo obstrucciones y olores. Por lo tanto, estos musgos y hongos se pueden eliminar empleando tratamientos de agua ya sea utilizando cloro o sulfato de cobre, (Steel, 1965).

Los hongos de superficie pueden casar daños mecánicos en el hormigón debido a la acción de las hifas que penetran la microestructura de concreto, su presencia causa la formación de manchas de color verde rosáceo y cenizo oscuro y desprenden un olor a moho desagradable. (Sánchez de Guzmán, 2006). El personal encargado del mantenimiento del sistema debe realizar inspecciones frecuentes en las estructuras de hormigón para ejecutar el mantenimiento preventivo o correctivo con el fin de evitar la formación de moho o removerlo.

2.4 Normativa para el control de calidad del agua

Según la norma NTE INEN 1108 sexta revisión 2020-04 "AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS" establecida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), la cual es una adaptación de las Guías para la calidad de agua potable de la OMS, 4ta. Ed.2011., se establece los valores máximos permisibles para el agua potable.

La Autoridad Única del Agua, es la responsable de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán al consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas. "La Agencia de Regulación y Control del Agua, (ARCA), es un organismo adscrito a la Autoridad Única del Agua y ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua.

La gestión de regulación y control de la Agencia será evaluada periódicamente por la Autoridad Única del Agua". (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Asamblea Nacional, 2014).

Para este proyecto de titulación, la entidad encargada del control de transporte y suministro del sistema de agua potable de Pucaraloma, es la empresa prestadora de servicio, (ETAPA EP) "Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca".

2.4.1 Valores referenciales

A continuación, se presentan los valores referenciales de la norma NTE INEN 1108, referente a los aspectos físicos y químicos (Tabla 1), requisitos microbiológicos (Tabla 2), pH

adecuado (Tabla 3), parámetros químicos orgánicos (Tabla 4), parámetros químicos inorgánicos (Tabla 5), y valores adecuados para los subproductos de desinfección (Tabla 6).

Tabla 1: *Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano*

Parámetro	**Unidad**	**Límite permitido [b]**	**Método de ensayo [c]**
Arsénico	mg/L	0.01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0.003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0.3 a 1.5	Standard Methods 4500 CI^-
Cobre	mg/L	2.0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0.05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1.5	Standard Methods 4500-F^-
Mercurio	mg/L	0.006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO_3^-)	mg/L	50.0	Standard Methods 4500-NO_3^-
Nitritos (como NO_2^-)	mg/L	3.0	Standard Methods 4500-NO_2^-
Plomo	mg/L	0.01	Standard Methods 3113
Turbiedad [a]	NTU	5	Standard Methods 2130

[a] Se conoce también como Turbidez.
[b] Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear los números indicadas en NTE INEN 52.

[c] En el caso de que sean usados métodos de ensayos alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

Elaboración: Propia. Fuente: NTE INEN 1108.

Tabla 2: Requisitos microbiológicos del agua para el consumo humano.

Parámetro	**Unidad**	**Límite permitido**	**Método de ensayo [a]**
Coliformes fecales	Número/100mL	Ausencia	Standard Methods 9221[b] Standard Methods 9222[c]
Cryptosporidium	Número de ooquistes//L	Ausencia	EPA 1623
Giardia	Número de quistes/L	Ausencia	EPA 1623

[a] En el caso de que sean usadas métodos de ensayo alternativas a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.
[b] La ausencia corresponde a "<1.1 NMP/100mL"
[c] La ausencia corresponde a "<1.1 UFC/100mL

Elaboración Propia. Fuente: NTE INEN 1108.

Tabla 3: Rango de pH del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Rango
pH[a]	Unidades de pH	6.5 – 8.0
Parámetro de control operativo		0.03

Elaboración Propia. Fuente: NTE INEN 1108.

Tabla 4: Límites permitidos de parámetros químicos orgánicos del agua para consumo humano.

Parámetro	Límite permitido [mg/L]
1,2 – dibrometano	0.004
1.2 – dicloroetano	0.03
2,4 – D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético	0.03
Acrilamida	0.0005
Aldicarb	0.01
Aldrín y Dieldrín (combinados)	0.00003
Atrazina y metabolitos de cloro – s – triazina	0.1
Benceno	0.01
Benzo[a]pireno	0.0007
Carbofurano	0.007
Clordano	0.0002
Cloruro de vinilo	0.0003
Diclorodifniltricloroetano (DDT)	0.001
Endrin	0.0006
Estireno	0.3
Tetracloroeteno	0.04
Tricloroeteno	0.02
Xileno	0.5

Elaboración Propia. Fuente: NTE INEN 1108.

Tabla 5: Límites permitidos de parámetros químicos inorgánicos del agua para consumo humano.

Parámetro	Límite permitido [mg/L]
Antimonio	0.02
Bario	1.3
Boro	2.4
Níquel	0.07
Selenio	0.04

Elaboración Propia. Fuente: NTE INEN 1108.

Tabla 6: Límites permitidos de subproductos de desinfección en agua para consumo humano

Parámetro	Límite permitido [mg/L]
Monocloramina	3.0
Bromodiclorometano	0.06

Cloroformo	0.3

Elaboración Propia. Fuente: NTE INEN 1108.

2.5 Sistema de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable está compuesto por un conjunto de obras hidráulicas que cumplen con las siguientes funciones, captar el agua en la fuente, conducirla, tratarla en la planta de tratamiento (PTAP) y almacenarla para posteriormente distribuirla a la población.

Para el funcionamiento de un sistema de abastecimiento, es indispensable que la persona opere de manera adecuada, y ejecute el mantenimiento respectivo de acuerdo a las características propias del sistema.

2.5.1 Operación de un sistema de agua potable

La operación de un sistema de agua potable se refiere al conjunto de acciones necesarias para hacer que las obras del sistema de abastecimiento de agua funcionen de manera correcta, de acuerdo a las especificaciones establecidas en el diseño, y de esta manera ofrecer un suministro continuo de agua, en cantidad y calidad requeridas.

2.5.1.1 Tipos de operación

2.5.1.1.1 Operación normal

Incluye al conjunto de actividades que se realizan de forma rutinaria una vez que el sistema se haya puesto en marcha, en general este tipo de operación incluye a cualquier actividad que no ocasione la interrupción parcial o temporal del sistema. Se considera que un sistema está operando normalmente cuando este se encuentra produciendo el caudal para el que fue diseñado con la calidad de agua requerida (CEPIS, 2005).

2.5.1.1.2 Operación especial o eventual

Conjunto de actividades que representan un cambio en la operación normal del sistema de abastecimiento de agua, que resultan tanto del mantenimiento realizado, daños menores o falencias de energía en un intervalo de tiempo menor. Sin embargo, ninguna de estas actividades cubre problemas o daños graves que se originen en el sistema, (CEPIS, 2005).

2.5.1.1.3 Operación de emergencia

Actividades que se ejecutan de manera inmediata para operar el sistema, se utilizan cuando ocurre fallas graves imprevistas, debido a desastres naturales o falencias en el mantenimiento, (CEPIS, 2005).

2.5.2 Mantenimiento de un sistema de agua potable

El mantenimiento de un sistema de agua potable se refiere al conjunto de acciones que se ejecutan de forma sistemática y que tienen como objetivo prevenir o reparar los daños que se produzcan en las obras del sistema de abastecimiento de agua, con la finalidad de que este siga funcionando adecuadamente.

2.5.2.1 Tipos de mantenimiento

2.5.2.1.1 Mantenimiento preventivo

Conjunto de actividades que se ejecutan antes de que se produzcan daños en una unidad, estructura u obra que conforma el sistema de abastecimiento de agua con el objetivo de evitarlos o reducir sus efectos, este mantenimiento permite también disminuir costos y

reclamos o malestar en la población que se abastece del suministro, así como aumentar la eficiencia del servicio. (AGUATUYA, 2012).

2.5.2.1.2 Mantenimiento correctivo

Incluye al conjunto actividades que se deben ejecutar de manera inmediata y oportuna cuando un equipo, infraestructura o instrumento del sistema de abastecimiento ha sufrido algún tipo de daño causado por acciones imprevistas, o deterioros por su uso, y que no ha sido posible evitar con el mantenimiento preventivo. Se realiza según la necesidad y cuando se requiere una rápida solución, (USAID, 2016).

2.5.3 Operación y mantenimiento de los elementos metálicos

Los principales elementos metálicos del sistema de tratamiento de agua son las compuertas, rejillas, las tapas de los tanques, vertederos, candados, cerramientos, señalética, escaleras, puertas y válvulas.

La operación de estos elementos consiste en la apertura o el cierre de las compuertas, tapas, candados y puertas, mientras que los demás elementos no requieren de actividades para su operación siempre que se encuentren en buen estado y con el mantenimiento adecuado.

2.5.3.1 Principales problemas que ocurren en los elementos metálicos

Estos elementos están expuestos a vandalismo, roturas, desgaste, daños a causa del fuego, pero el principal problema que presentan estos elementos es la corrosión, que se define

como la oxidación o deterioro que sufren los metales al estar en contacto con agentes agresivos que habitualmente se encuentran presentes en el entorno, por medio de reacciones químicas y electroquímicas.

Los agentes agresivos son los medios externos a los que los elementos están expuestos y se pueden clasificar en atmosféricos, acuosos, el suelo y los creados por el hombre como los ácidos, bases y soluciones usadas normalmente en los procesos productivos. (Martín, Gil Fundora, & Treto Monzón., 2014).

Entre los principales agentes atmosféricos que inciden en la corrosión se encuentran, la temperatura, la humedad, la contaminación, el viento, la lluvia y las partículas suspendidas en el aire.

El potencial de electrodo (fuerza directiva de una celda de corrosión) es proporcional a la temperatura absoluta, por lo tanto, la velocidad de corrosión aumenta con la temperatura, (AWWA, 2002).

La humedad es uno de los aspectos más importantes debido a que el vapor de agua existente en la atmósfera, al condensarse sobre la superficie de las estructuras metálicas, se convierte en el medio conductor necesario para que se produzca la corrosión electroquímica. Los factores de contaminación (contaminantes gaseosos y sólidos) junto con los factores meteorológicos (humedad, lluvia, niebla y rocío) determinan la intensidad y naturaleza de los procesos corrosivos, potenciando a menudo sus efectos al actuar simultáneamente. (Avila Ayón , Rodríguez Quesada, & Lías Rodríguez , 2005).

2.5.3.1.1 Protección de elementos metálicos ante la corrosión

Para reducir los efectos de la corrosión se pueden emplear algunos métodos, entre ellos están:

1. Elección del material adecuado al entorno: considerando el tipo de ambiente en que se instalará el elemento se pueden emplear aceros inoxidables u otro tipo de material como polímeros y cerámicas. Para esto se debe hacer un análisis de la viabilidad de su uso, así como de las restricciones del uso de los materiales, (Martín, Gil Fundora, & Treto Monzón., 2014).
2. Uso de inhibidores: los cuales son sustancias químicas que al añadirse en el medio corrosivo disminuyen la velocidad de la corrosión, estos pueden ser de varios tipos, los más comunes son anódicos o pasivantes y catódicos.

   Anódicos: son sustancias oxidantes, por lo general, inorgánicas, que aumentan el potencial electroquímico del material por proteger, volviéndolo más noble.

   Catódicos: controlan el pH del medio corrosivo e impide que las reacciones de reducción ocurran, (Jiménez, Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales, 2015).
3. Aislar el metal del agente agresivo: para esto se pueden emplear varios tipos de revestimientos como pinturas anticorrosivas, plásticos, esmaltes vítreos, cerámicos, cemento y recubrimientos metálicos como el galvanizado, (Adif, 1999).

   Existen distintos factores para la clasificación de los recubrimientos, pero según su naturaleza química existen tres tipos: metálicos, inorgánicos y orgánicos. (Martín, Gil Fundora, & Treto Monzón., 2014).

   - En el recubrimiento metálico se deposita una capa de metal sobre la superficie mediante el uso de corriente eléctrica o por reacción química.
   - Los recubrimientos inorgánicos se obtienen por formación de capas de sales y óxidos como el pavonado de acero al carbono, esmaltes vítreos o el cemento, sobre la superficie metálica.

- Los recubrimientos orgánicos se obtienen con la aplicación de sustancias tales como las pinturas, gomas y plásticos sobre la superficie a proteger.

2.5.3.1.2 Métodos más empleados para el control de la corrosión

2.5.3.1.2.1 Revestimiento con pinturas anticorrosivas

El revestimiento con pinturas anticorrosivas es uno de los métodos más empleados para la prevención o protección de los elementos metálicos ante la corrosión, consiste en una serie de capas de pintura que se aplican sobre la superficie metálica, estas capas son: capa de imprimación, capa intermedia y capa de acabado, la pintura protege al metal mientras estas capas se mantengan íntegras, (Adif, 1999).

En muchos casos lo materiales que inhiben la corrosión están solamente en la capa de imprimación, aunque se han desarrollado sistemas de pintado que incluyen pigmentos inhibidores de la corrosión en las 3 capas. Los pigmentos que producen condiciones alcalinas tienen el efecto de retrasar las reacciones químicas que dan lugar a la corrosión mientras que los pigmentos que representan una acción oxidante tienden a bloquear estas reacciones químicas, ciertos tipos de pigmentos poseen una acción pasivante ya que proporcionan iones que reaccionan con el metal y reducen la tendencia de este a la corrosión, otros pueden actuar como ánodos de sacrificio respecto al hierro proporcionando una protección catódica. Los pigmentos que son usualmente empleados en las pinturas inhibidoras de la corrosión son los siguientes: Minio de plomo, azul de plomo, óxido de plomo, sílicocromato básico de plomo, amarillo de zinc, cromato básico de zinc, zinc en polvo, óxido de zinc, cromato de estroncio y plumbato cálcico, (Fleming Payne, 1973).

Los factores más importantes del recubrimiento de pintura según (Adif, 1999) son:

- La calidad, capacidad e idoneidad de la pintura.

- Espesor del recubrimiento.
- Preparación de la superficie del metal: antes de la aplicación del recubrimiento, la superficie debe limpiarse, esta no debe pulirse hasta que quede lisa ya que la rugosidad permite que la pintura se adhiera adecuadamente a la superficie.

Las pinturas de protección son aplicadas generalmente en taller y retocadas o terminadas en obra, la intensidad de la protección necesaria depende del grado de ataque corrosivo del ambiente donde se encuentre la estructura o elemento. La protección con pintura tiene una duración limitada por lo que es necesario realizar un mantenimiento periódico que asegure que la protección inicial se conserve. (Troglia, 2010).

2.5.3.1.2.2 Revestimientos metálicos

Consisten en la aplicación en caliente mediante metales que se funden a baja temperatura. La mayor parte de estos recubrimientos se aplican por inmersión en un baño del metal en fusión, también puede realizarse mediante la proyección (metalización por rociado) de un metal fundido sobre la superficie preparada para recibirlo; entre los metales más utilizados por este procedimiento, además del aluminio (Al) y zinc (Zn), se puede emplear el níquel (Ni), el titanio (Ti) y sus aleaciones, (Adif, 1999).

Existen también procesos tecnológicos de deposición electrolítica, estos llevan varias etapas para lograr su deposición, las etapas fundamentales son el desengrase, decapado y/o abrillantado, enjuague, deposición del metal mediante corriente eléctrica y secado. (Martín, Gil Fundora, & Treto Monzón., 2014).

En la Tabla 7 se presentan los principales recubrimientos metálicos de uso anticorrosivo con su forma de aplicación.

Tabla 7: Recubrimientos metálicos con uso anticorrosivo y su forma de aplicación.

Recubrimiento metálico	Forma de aplicación	Usos
Zincado	Baños de metal fundido. Electrolítico. Por proyección.	Anticorrosivo.
Cadmiado	Electrolítico.	Anticorrosivo.
Aluminio	Baños de metal fundido. Por proyección.	Anticorrosivo.
Níquel	Electrolítico. Químico.	Anticorrosivo, decorativo y técnico.
Cromo	Electrolítico. En fase gaseosa.	Anticorrosivo, decorativo y técnico.
Cobreado	Electrolítico.	Anticorrosivo y electrónica.
Plomo	Plaqueado.	Anticorrosivo.

Fuente: (Martín, Gil Fundora, & Treto Monzón., 2014), Elaboración propia.

2.5.4 Operación y mantenimiento de estructuras de hormigón

La vida útil de una estructura de hormigón está en función de la calidad de los materiales que lo componen, tales como: cemento, áridos finos y gruesos, agua, aditivos o acelerantes y por ende de la dosificación. Por lo tanto, es primordial considerar las características del uso de la estructura y de su zona de construcción, considerando que van a estar expuestas a una humedad variable, presencia de minerales y sulfatos que provocan el desgaste del hormigón. En el código (ACI COMITTEE 350, 2006) , se establece que para estructuras destinadas a contención de líquidos, la resistencia a compresión (f'c) requerida no debe ser menor a 300kg/cm^2.

Una vez puesta en marcha las estructuras, se ejecuta el mantenimiento preventivo que consiste en la inspección visual anual de aspectos como la presencia de fisuras, grietas, deformaciones en vigas o desnivel en losas. Además, se debe ejecutar una inspección técnica, que permite identificar la presencia de posibles daños estructurales, lo que determinará establecer medidas de protección en estas zonas específicas.

2.5.4.1 Principales problemas de las estructuras de hormigón

Las estructuras de hormigón están sometidas a diferentes acciones tanto físicas, como mecánicas, químicas y biológicas, las cuales producen un deterioro en su vida útil, por lo tanto, es indispensable profundizar en el tipo de daño ocasionado y en los procedimientos de inspección y mantenimiento de las estructuras. La vida útil de una estructura es el período de tiempo en el cual, la estructura conserva los requisitos previstos de seguridad, funcionalidad y estética, (Sánchez de Guzmán, 2006).

A continuación, según (Sánchez de Guzmán, 2006) se detallan las acciones que afectan a las estructuras de hormigón:

- Acciones mecánicas: Producen daños por abrasión, erosión y cavitación que están relacionados con el uso que se da a la estructura.
- Acciones físicas: Se refieren a los cambios volumétricos, que experimenta la estructura, como consecuencia de cambios de humedad y temperatura.
- Acciones químicas: Producen el deterioro de la estructura, debido al ataque de ácidos, la formación de sulfatos, y la corrosión del acero de refuerzo.
- Acciones biológicas: Debido al contacto entre la estructura y el agua por la disminución del pH produciendo la colonización, establecimiento, y desarrollo de microorganismos como bacterias, hongos, musgos que afectan a la durabilidad del concreto.

2.5.4.1.1 Acción mecánica: Abrasión en el hormigón

El desgaste del hormigón se produce debido a la erosión de las estructuras hidráulicas (presas, azud, túneles) por la acción de los materiales abrasivos que son transportados por el flujo de agua y por la acción de la cavitación sobre el hormigón, (ACI 201.2R-01, 2000).

A continuación, se detallan los tipos de erosión según (Sánchez de Guzmán, 2006):

- Erosión por materiales abrasivos: Es común en las estructuras hidráulicas ya que están sujetas a la acción de materiales abrasivos llevados por el agua corriente o por el viento. La magnitud de la erosión depende de la cantidad, forma y tamaño de las partículas sólidas que son transportadas, así como de la velocidad del efluente.
- Erosión por cavitación: Genera huecos y cavidades en la estructura debido a la formación de burbujas de vapor. La cavitación consiste cuando el agua fluye rápidamente sobre una superficie de concreto, cualquier cambio en la geometría de la superficie ocasiona que el flujo de agua se separe de la misma superficie, creando zonas de baja presión. Si la presión estática de la corriente del agua es menor que la presión de vapor, se forman burbujas de vapor de agua; y al fluir estas burbujas hacia zonas donde la presión estática supera a la presión de vapor de agua, el vapor de las burbujas se condensa y estas explosionan bruscamente, a velocidades muy altas, superiores de los 1000m/s. Como consecuencia de la onda explosiva y de la presión, ocurren picaduras y cavidades superficiales en el concreto, (Sánchez de Guzmán, 2006).

En las estructuras hidráulicas que presenten desgaste en las paredes externas o pisos existentes, se puede mejorar la resistencia mediante el empleo de líquidos endurecedores (silicato de magnesio y sodio) para tratamiento superficial. Esto provoca que se reduzca el desprendimiento de polvo y el deterioro producido por productos químicos que entran en contacto con el hormigón. Para la aplicación de estos líquidos, es necesario que el piso esté húmedo durante 7 días y luego permitir que se seque al aire durante el tiempo restante, (ACI 201.2R-01, 2000).

2.5.4.1.2 Mecanismos de deterioro

Debido a la combinación de acciones mecánicas, físicas, químicas o biológicas se producen los siguientes mecanismos de deterioro según (Sánchez de Guzmán, 2006):

- Meteorización: Alteración física, mecánica, o química producida por el concreto bajo la acción de la intemperie debido al sol, lluvia, viento, por lo tanto, está directamente relacionado a los cambios en la temperatura, humedad y presión.
- Decoloración y manchado: Acción y efecto de quitar o amortiguar el color de una superficie, como consecuencia de la meteorización, de los ciclos de humedecimiento y secado, del lavado por lluvia o escurrimiento de agua.
- Lixiviación: Descomposición y lavado de los compuestos de la pasta de cemento, como consecuencia del ataque de sales o sulfatos.

2.5.4.1.3 Acción física: Fisuras

Según (Sánchez de Guzmán, 2006), además de los mecanismos antes mencionados, se producen fallas de las estructuras de concreto, las cuales se puede clasificar de la siguiente manera:

- Fallas por operación de las estructuras: Se produce por el abuso de la estructura, como el incremento de las cargas permitidas o acción de fenómenos accidentales como impactos, explosiones o inundaciones, o por el cambio de uso de la estructura.
- Fallas por falta de mantenimiento: Se producen cuando no se realiza un mantenimiento oportuno y continuo a la estructura, por lo tanto, es requerido establecer un control del comportamiento, durabilidad y seguridad de la estructura, mediante inspecciones rutinarias.

De acuerdo al tipo de fallas que se puede producir en una estructura, es necesario recalcar que la estructura se emplee cumpliendo la función para la cual fue diseñada, y a la vez reciba un mantenimiento oportuno basándose en los registros de las inspecciones realizadas. Por medio de estos registros se verifica la presencia de fisuras, grietas o manchas, y se podrá determinar el mecanismo que las originó y corregirlo.

Las fisuras en una estructura de hormigón son producidas debido a un cambio volumétrico en estado endurecido que se origina tanto por los cambios de temperatura como por los cambios de humedad.

Las fisuras producidas por cambios de humedad, se deben a la presencia permanente del agua dentro del hormigón, lo que provoca mecanismos de daño como la formación de grietas capilares, los ciclos de humedecimiento y secado, estas fisuras afectan solo en la pasta de cemento, no atraviesan los agregados sino que los rodean, (Sánchez de Guzmán, 2006).

Entre los principales tipos de fisuras, según (Sánchez de Guzmán, 2006) se detallan las siguientes:

- Grietas capilares: Durante el proceso de fraguado, las grietas capilares o cuarteaduras, que algunas veces aparecen sobre la superficie del hormigón en forma de distribución hexagonal (fisuración en mapa), se deben por la ejecución de procedimiento inadecuados de consolidación, acabado y curado.
- Ciclos de humedecimiento y secado: Producen el deterioro del hormigón especialmente en las estructuras hidráulicas, debido a los niveles de agua ya sea por la creciente o disminución del caudal, ya que el agua tiende a concentrarse en diferentes partes de la estructura. Por lo que, se encontrarán partes de la estructura que estén secas y otras húmedas, las cuales estarán expuestas al desgaste por el

mojado y secado cíclicos, agrietamiento debido a la corrosión en el acero, ataques químicos, provocando fisuras.

Las fisuras producidas por los cambios de temperatura, se deben a mecanismos como la dilatación y contracción por temperatura. Según (Sánchez de Guzmán, 2006), el hormigón se dilata con los aumentos de temperatura y se contrae cuando esta disminuye. Los efectos de estos cambios, producen un agrietamiento.

Por lo tanto, es requerido que el personal de operación y mantenimiento del sistema realice inspecciones visuales para determinar la presencia de algún tipo de fisura en la estructura y de esta manera se pueda determinar la causa que las originó, ubicación, extensión, y si estas intervienen en las condiciones de servicio es decir si son producidas por la carga para la que fue diseñada la estructura, o si son fisuras que no intervienen en el comportamiento estructural, por lo tanto, la solución consiste en sellarlas mediante el empleo de material flexible, o materiales similares para sellar juntas. Por lo que, para la aplicación de cualquier tratamiento se debe verificar que la superficie este limpia, y verificar si existe hormigón que esté desprendible o suelto. El método de limpieza depende de la magnitud de la fisura, y puede ser de manera manual mediante el uso de espátula, cepillo de alambre o chorros de agua. Al tener la superficie limpia se coloca la mezcla del material escogido, (ACI 201.2R-01, 2000).

2.5.4.1.4 Acciones químicas

Debido a la acción de los compuestos químicos como los sulfatos, sulfuros, cloruros, se produce la descomposición y el lavado de los compuestos de la pasta de cemento, y posterior corrosión de los elementos metálicos en el hormigón.

La presencia de fisuras permite que el agua penetre en el interior del hormigón, por lo que, la concentración de cloruros puede iniciar la corrosión sobre el acero. Entre los principales

factores que intervienen en la corrosión de los elementos, según (Sánchez de Guzmán, 2006) se tiene:

- Penetración de los cloruros: El fenómeno de corrosión del acero puede incrementarse por la presencia de un agente agresivo como los cloruros, esto produce picaduras locales que rompen la capa pasivadora o protectora (producida por el oxígeno en contacto con el acero) del acero de refuerzo.
- Corrosión uniforme: Es el resultado de una pérdida generalizada de la película pasivadora, que resulta de la presencia de iones de cloruros o sulfatos, y también es producida por la lixiviación de la pasta de cemento, y por el contacto propia del agua con las paredes de la estructura.

Para minimizar la formación de fisuras, el hormigón siempre se debería elaborar con la menor relación agua/cemento con una resistencia a compresión (f'c=300kg/cm^2) y garantizando los requisitos de trabajabilidad, (ACI 201.2R-01, 2000).

2.5.4.1.4 Desgaste de la pintura en el hormigón

La pintura que se aplica sobre las estructuras hidráulicas, debe tener alta resistencia a la humedad, al moho y a los efectos climáticos. Debido a que se produce un desgaste en la pintura, es necesario realizar un mantenimiento preventivo y correctivo que consiste en la limpieza de la superficie, la cual debe estar seca y exenta de sustancias que pueden perjudicar la adherencia entre el recubrimiento y la estructura, (Luft, 1948).

En estructuras hidráulicas el recubrimiento está compuesto de un bloqueador de humedad, de un sellador que uniformice los poros de las paredes y de la pintura. Las superficies deben estar limpias, libres de sustancias perjudiciales a la pintura y a su adherencia, en caso

que se presente ataques de sales y hongos, sustancias grasosas se recomienda seguir los siguientes procedimientos para su eliminación según (Luft, 1948):

1. Eflorescencia de sales: Para eliminar las sales depositadas, se frota con un cepillo de fibras duras y luego se lava la superficie con abundante agua. En caso, que aún se mantengan se procede aplicar una solución del 25% de ácido muriático (Tratamiento de neutralización para superficies de hormigón).
2. Para eliminar los hongos, musgos y vegetación que se encuentran en la superficie, se procede a lavar con agua, frotando con un cepillo de fibras duras y luego se aplica una solución de fosfato trisódico (agente de limpieza) al 5%, seguido de un lavado con abundante agua.
3. Sustancias grasosas: En superficies que se observe la presencia de grasas, aceite, ninguna pintura queda bien adherida por tal motivo, es indispensable limpiar prolijamente, empleando cepillos y soluciones de sodio y posteriormente lavar con chorros de agua a presión.

Para el lavado de las estructuras de hormigón no se emplea detergente, ya que existe el peligro de que los residuos perjudiquen la adherencia de la pintura. El tipo de pintura recomendada para estas estructuras, están compuestas por aceites o barniz, secantes y pigmentos de alta resistencia a la intemperie, a la luz y a la cal, (Luft, 1948).

Para las estructuras de hormigón, la pintura adecuada es la epoxica, que contiene esmalte epoxico de poliamida de dos componentes, con 35% de óxido de titanio como pigmento, y 65% de vehículo, ésta presenta excelente resistencia a la intemperie y grado alimenticio, es decir que la pintura puede entrar en contacto con el agua sin alterar su estructura a nivel físico, químico o molecular, (Valderrama, 1999).

2.5.5 Mantenimiento de tuberías de PVC

En las tuberías de PVC es indispensable realizar inspecciones rutinarias, en caso que la tubería este enterrada la presencia de fugas se puede verificar por una disminución de caudal y en caso que la tubería esté descubierta se realiza una inspección visual.

2.5.5.1 Problemas que se presentan en la tubería PVC

Los principales problemas de las tuberías que afectan a la operación y mantenimiento de un sistema son: la incorrecta instalación, la presencia de asentamientos, o eventos externos como vandalismo.

Según (Cepero Rubio, y otros) las tuberías están sujetas a presentar roturas o fisuras, a continuación, se detallan algunos tipos de roturas:

1. Rotura neta: Cuando se produce un seccionamiento de la tubería por un plano perpendicular a la pared de la tubería.
2. Picadura: Es un pequeño agujero que se produce en la pared de la tubería debido a la acción exterior como por ejemplo golpes con maquinaria o caída de rocas.
3. Fisuras: Es una abertura longitudinal en la pared de la tubería, ocasionada por una sobrepresión o maquinaria pesada.

Para que las tuberías PVC funcionen correctamente deben recibir mantenimiento, tanto preventivo y correctivo dependiendo de la ubicación de la tubería. El mantenimiento preventivo consiste en las inspecciones y revisiones de las tuberías que componen el sistema de agua potable, el mantenimiento correctivo son reparaciones que se ejecutan después de un fallo o rotura en las tuberías del sistema.

2.5.5.2 Mantenimiento preventivo de tuberías de PVC

Mediante inspecciones, que se realizan de forma visual se analiza las tuberías que están expuestas a la intemperie, verificando la presencia de posibles fugas en las conexiones o uniones, y comprobar las condiciones de las uniones, de los sellos alrededor de la tubería en los bloques de anclaje y apoyos de cemento.

La desventaja de estas tuberías reside en que no deben instalarse a la intemperie, ya que luz solar lo degrada, sin embargo, en caso que existan tuberías expuestas la protección se logra empleando pinturas de látex a base de agua, que impidan el paso de los rayos UV, (Rebollo Gallego, 2014).

Para las tuberías que se encuentran enterradas, la inspección se realiza mediante instrumentos electroacústicos de contacto e indirectos, que permiten localizar fugas ocultas basándose en la detección del sonido que se produce por efecto de una fuga, (Comision Nacional del Agua). Los instrumentos amplifican el sonido, que resulta cuando se produce una fuga en la tubería, el agua circula al exterior con una velocidad mayor a la de diseño, lo que origina que el tipo de tubería vibre en el punto de salida. Entre los instrumentos de detección se encuentran los geófonos, que permiten obtener información de movimiento o de las vibraciones del subsuelo, cuando existe una fuga, se produce vibraciones que se propagan por medio del agua y choca con la tubería, éstas con captadas por el geófono, luego las frecuencias de sonido se amplifican y filtran a 1 kHz utilizando un preamplificador para eliminar los ruidos de alta frecuencia que no están relacionados con la red. La intensidad de la señal en el geófono aumenta, conforme se aproxima a la fuga, (Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Phoenicia University, & Faculty of Construction and Environment (FCE), 2019).

2.5.5.3 Mantenimiento correctivo de tuberías de PVC

En el caso que se presenten fisuras o daños, se detallan dos sistemas de reparación:

2.5.5.3.1 Sistemas de reparación sin corte de tubería

Para el empleo de este método se debe verificar que el daño que existe sobre la tubería sea mínimo y que esté claramente identificado. Por lo que, para su reparación se requiere una abrazadera mecánica, la elección de la misma está en función de la dimensión de la rotura de la tal forma que el daño quede dentro de la pieza, del diámetro exterior y la presión nominal de la tubería. Además, se debe analizar si la fuga de agua es menor, en este caso se podría instalar la abrazadera sin necesidad de suspender el servicio o realizando un cierre parcial en el tramo. Este tipo de pieza generalmente son de acero inoxidable o están cubiertas con pintura anticorrosiva, y están previstas de una junta interior de tal forma que garantiza una estanqueidad al apretar los pernos. Para la instalación de la pieza, se debe ejecutar una limpieza de la superficie de la tubería, es decir debe estar libre de residuos tales como piedras, tierra o elementos que alteren el funcionamiento de la abrazadera. Una vez colocada la abrazadera debemos comprobar que la reparación se realizó de la manera correcta, observando que no haya pérdidas de agua, (Cepero Rubio, y otros).

2.5.5.3.2 Sistemas de reparación con corte de tubería

Se emplea en caso que se deba sustituir un tramo de la tubería PVC, por lo tanto, para la reparación se utiliza el mismo tipo de material de la tubería existente, la dimensión de esta tubería está en función de la longitud del daño existente. Se puede realizar la reparación empleando piezas como por ejemplo Manguito doble copa de PVC o acoplamientos multidiámetro, (Cepero Rubio, y otros).

2.5.6 Operación y mantenimiento de las válvulas de un sistema de abastecimiento de agua

La operación de las válvulas consiste en la apertura o el cierre de las mismas para permitir que estas cumplan con su función dentro del sistema de abastecimiento.

A continuación, se presentan las principales válvulas, y los problemas relacionados con su operación y mantenimiento:

2.5.6.1 Principales válvulas y su función dentro de un sistema de tratamiento de agua

2.5.6.1.1 Válvulas de aire

Las válvulas de aire tienen el objetivo de admitir o expulsar el aire en las conducciones. El aire disuelto en el agua que se encuentra atrapado en el interior de la tubería suele acumularse en los puntos altos del perfil de esta, por lo que la sección de la tubería queda reducida disminuyendo así la capacidad de la conducción y en algunos casos puede llegar a detener la circulación del agua. Para eliminar el aire acumulado se utilizan la válvula de aire, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

Las válvulas pueden clasificarse de acuerdo a su función:

1. Simple acción: Permite la salida del aire en pequeñas cantidades.
2. Doble acción: Permite la entrada y salida del aire en grandes cantidades.
3. Triple acción: Permite la entrada y salida del aire en grandes cantidades; y la evacuación de pequeñas burbujas que transporta el agua al circular por la conducción.

2.5.6.1.2 Válvulas de purga de sedimentos

Estas válvulas se instalan en los puntos bajos de la línea de conducción y la red de distribución, para expulsar sedimentos y lodos que se acumulan en estos puntos, (Corcho

Romero & Duque Cerna, 2005). Esta acumulación provoca la reducción de la sección de la tubería lo que ocasiona la disminución del caudal o incluso puede llegar a impedir la circulación.

2.5.6.1.3 Válvulas de compuerta de control

Estas válvulas tienen uno o dos discos de bronce dentro de una carcasa de hierro fundido. Se deslizan transversalmente a la dirección del flujo, permitiendo regular el paso de agua. (CARE Internacional - Avina, 2012).

Sirven para controlar la distribución del agua a los distintos ramales o para impedir la circulación del agua si existen daños en la tubería, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

Es importante que se realice un mantenimiento adecuado de las mismas ya que la falla de estas podría conducir a la paralización del servicio de agua.

2.5.6.2 Problemas en la operación y mantenimiento de las válvulas de un sistema de agua potable

El fallo de una válvula puede provocar distintos tipos de accidentes, como escapes de líquidos causados por un fallo de la junta de estanqueidad, por el bloqueo o la rotura de la válvula; reacciones incontroladas si el cierre de la válvula es defectuoso y permite el paso de un fluido a un equipo determinado de la instalación, cuando no es debido, (Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, 1997).

Un fallo por estanqueidad ocurre cuando la válvula tiene una fuga y provoca la pérdida del producto que pasa por ella, suele ocurrir debido a la corrosión o debilitamiento de los materiales, a un diseño inadecuado o a la falta de mantenimiento y control.

Los fallos en la operación de las válvulas son:

- Bloqueo o atascamiento de la válvula.
- Obstrucción de la sección de paso de la válvula.
- Cierre defectuoso que permite el paso del fluido cuando el cierre tendría que ser hermético.
- Actuaciones incontroladas, como apertura o cierre por vibraciones, por sobrepresiones.

Se puede producir la rotura de las válvulas debido a la corrosión o las vibraciones, así como golpes con carretillas, grúas u otros equipos móviles que pueden generar impactos contundentes, (Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, 1997).

Las válvulas de compuerta de control son de apertura y cierre lento, esto para evitar problemas de golpe de ariete, provocando el sonido "estrepitoso" que a veces se escucha en las tuberías, (CARE Internacional - Avina, 2012).

2.5.6.3 Mantenimiento de las válvulas de un sistema de agua potable

Para evitar los problemas ya mencionados en las válvulas del sistema, se debe realizar un mantenimiento preventivo y correctivo, lo que consiste en revisiones periódicas de su funcionamiento para constatar su operación normal.

El mantenimiento correctivo se ejecuta por la presencia de fuga, por lo tanto, se realiza el cambio de la válvula, para ello se vacía la tubería del lado plano del disco, se identifica los puntos de fuga de agua, y se establece si existe daño en el asiento del disco, en el anillo o en el asiento del cuerpo. En caso afirmativo, cambiar el asiento del disco, y si el daño es en el asiento

del cuerpo, es preferible que sea reparada por el fabricante o personal cualificado, y finalmente ajustar los tornillos en la zona afectada, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

Cuando se constate problemas en la conexión se debe apretar la rosca y en caso de que la fuga continúe se debe sellarla con teflón. Si la fuga se produce en la cubierta se debe apretar bien los pernos, (VALVE AND MANUFACTURING CORP.)

En caso de que las válvulas presenten problemas de corrosión se deben aplicar las medidas protectoras ya explicadas con anterioridad para elementos metálicos.

El mantenimiento preventivo consiste en revisar y maniobrar, lubricar o engrasar las válvulas del sistema para evitar que se endurezcan, con el fin de mantenerlas operativas, (Agüero, 2004). Las válvulas no deben quedar expuestas a la intemperie, ya que están sujetas a problemas de vandalismo, corrosión o accidentes que puedan ocasionar su rotura, por tal motivo es necesario construir pozos o cámaras de válvulas, en el sitio donde van a ser colocadas.

2.5.7 Operación y Mantenimiento de los componentes de un sistema de agua potable

2.5.7.1 Captación

Es una obra hidráulica que consiste de una estructura que se construye en la fuente de abastecimiento, con el objetivo de derivar un caudal determinado de forma continua hacia la conducción, (Arocha Ravelo, 1980).

Este caudal determinado corresponde al caudal máximo diario (Q_{max} diario), que hace referencia al día más crítico en el que se producirá un máximo consumo y el sistema debe tener la capacidad de cubrir la demanda de ese día, (Arocha Ravelo, 1980).

2.5.7.1.1 Operación y Mantenimiento de la captación

Operación de la captación:

La operación de la captación consiste en realizar inspecciones periódicas visuales de las características físicas del agua que ingresa al sistema y de la apertura o cierre de las compuertas o válvulas que permitan el ingreso del caudal hacia la conducción. (USAID, 2016).

Estas inspecciones se realizan dependiendo del tipo de fuente, según (Reyes & Quezada, 2002) recomiendan que la frecuencia de las inspecciones a la captación se ejecute de la siguiente manera:

- Todos los días cuando se trata de ríos de montaña,
- Una vez por semana para las tomas laterales, y
- Una vez por semana para los pozos de infiltración.

Mantenimiento de la captación:

Para proteger la captación se debe cercar su perímetro, de esta manera se evita el ingreso de animales o personal ajeno a la operación y mantenimiento del sistema. Además, se debe mantener el embalse libre de plantas, piedras u otro elemento que pueda provocar la obstrucción del paso de agua a través de la rejilla. Se debe ejecutar también una limpieza exterior de la maleza, y limpieza interior en donde se remueva las manchas en las estructuras de hormigón, metálicas o tuberías, revisar el estado general de las estructuras de hormigón, elementos metálicos y válvulas. (APRISABAC & Ministerio de salud de Perú, 1997).

Se debe realizar una limpieza frecuente de la rejilla, esta actividad depende de la calidad del agua de la fuente, si en época de lluvias la rejilla se obstruye fácilmente debe limpiarse con mayor frecuencia, (CARE Internacional - Avina, 2012).

Además, se debe inspeccionar la captación desde el punto de vista sanitario con el fin de determinar posibles fuentes de contaminación, como la presencia de animales que puedan dañar las instalaciones o contaminar la fuente, (Ministerio del Agua , La Paz, 2007).

En caso de que se encuentren fisuras o desgaste en la estructura de hormigón, corrosión en los elementos metálicos o fugas en la tubería, se aplicarán las medidas correctivas correspondientes a estructuras de hormigón, elementos metálicos y tuberías respectivamente. Todas las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo que se realizan deben registrarse de tal forma que se pueda realizar un reporte.

Desarenadores:

Los desarenadores son estructuras de vital importancia en las captaciones superficiales, sobre todo cuando la corriente de agua arrastra mucho sedimento. Puede ser un tanque rectangular, mucho más largo que ancho (L/B entre 3 y 6), dentro del cual el agua circula a baja velocidad, debido a esto las partículas se asientan en el fondo, por acción de la fuerza de gravedad, (CARE Internacional - Avina, 2012).

Operación de los desarenadores:

La operación está relacionada al control del caudal que ingresa y sale de la unidad, la apertura o cierre de válvulas y vigilar la eficiencia de éste para evacuar oportunamente los sedimentos que se acumulan en el fondo, (USAID, 2016).

Mantenimiento de los desarenadores:

El mantenimiento de los desarenadores consiste en verificar que las válvulas se encuentren operativas, revisar el estado de las estructuras a fin de evitar filtraciones debido a fisuras o fallas estructurales, realizar la limpieza de los desarenadores y evacuar lodos. El desarenador retendrá más arena en la época de lluvia que en la de estiaje, por esta razón la limpieza del desarenador tiene que ser más frecuente en las épocas lluviosas. (AGUATUYA, 2012).

Como parte del mantenimiento preventivo se deben cercar los desarenadores con el fin de evitar el ingreso de animales o personas ajenas al sistema.

2.5.7.2 Conducción

La línea de conducción por gravedad está conformada por un conjunto de tuberías que conducen el agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento, así como de los tanques rompe presión, válvulas y accesorios integrados a esta, (Arocha Ravelo, 1980).

2.5.7.2.1 Operación y Mantenimiento de la conducción

Operación de la conducción:

La operación consiste en la apertura de la válvula de salida de la captación para que el agua ingrese a la tubería de la línea de conducción. Para retirar sedimentos y residuos localizados en los puntos más bajos de la línea de conducción se deben abrir las válvulas de purga y luego cerrarlas.

Para eliminar el aire acumulado en los puntos más altos de la línea de conducción se emplean las válvulas automáticas de aire, que no requieren de operación por parte del operador.

Se debe tener precaución al momento de cerrar las válvulas instaladas en la linea de conducción, para evitar problemas de presión o golpes de ariete, por lo que, se deben cerrar lentamente.

Mantenimiento de la conducción:

El mantenimiento de la conducción, puede ser de manera preventiva o correctiva, dependiendo del estado de la tubería. Por lo que, se recomienda realizar inspecciones visuales a lo largo de la línea de conducción, de esta manera se verifica la presencia de posibles fugas, y en caso de encontrarlas se debe reemplazar o reparar las partes dañadas. Además, se debe evitar que existan tramos de tubería expuestos al sol, ya que daña la superficie disminuyendo su resistencia. Si esta situación se presenta, hay que cubrir la tubería a una altura mínima de 60cm por encima de la tubería, (CARE Internacional - Avina, 2012).

Se debe verificar el estado de las estructuras tales como las cámaras que contienen las válvulas de aire y purga, pasos aéreos o colgantes, esto permite determinar si existen fisuras o grietas, si se encuentran estos daños, se debe reparar inmediatamente, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

Además, se debe establecer un registro de las válvulas de aire y purga, tanque rompe presión, que se encuentren en la línea de conducción, de tal forma que se puedan encontrar de manera fácil sobre el terreno, a su vez verificar el estado de las válvulas (compuerta de control, aire, purga) engrasarlas periódicamente y pintarles con pintura anticorrosiva. Las válvulas de purga y aire cada cierto tiempo se debe manipular para eliminar sedimentos y aire retenido, (APRISABAC & Ministerio de salud de Perú, 1997).

Todas las tapas metálicas, deben estar cerradas con candado con llave, y periódicamente se debe pintar con pintura anticorrosiva, de esta manera las tanques rompe presión y cámaras de válvulas permanecen limpias, por tal motivo, se debe ejecuta limpiezas retirando el lodo o tierra del fondo y las manchas de las paredes, (Ministerio del Agua de Bolivia, 2007).

Tanques rompe presión:

Son estructuras que se colocan en tramos de conducción donde existe un elevado desnivel entre 2 puntos, en donde el agua llega a presión superior a la atmosférica y la disminuye hasta este valor para así evitar altas presiones en las instalaciones ubicadas aguas abajo, evitando que las tuberías se rompan por la excesiva presión de llegada, (AGUATUYA, 2012).

Se sugiere la instalación de cámaras rompe presión cada 50 m de desnivel, (OPS/CEPIS, 2004).

Operación de los tanques rompe presión:

La operación consiste en la apertura de la válvula de compuerta de control en la entrada y salida del tanque rompe presión, se debe verificar que la válvula de compuerta de desagüe esté cerrada.

Mantenimiento de los tanques rompe presión:

El mantenimiento de los tanques rompe presión se ejecuta junto con las inspecciones de la conducción. Se debe realizar una limpieza interna del tanque, la cámara y accesorios, verificando el adecuado funcionamiento de las válvulas, una revisión general del estado de los tanques y la desinfección con cloro de estas estructuras, (Fondo para el logro de los Objetivos

de Desarrollo del Milenio, 2011). Si al realizar las inspecciones se encuentran fisuras o desgaste en la estructura de hormigón, corrosión en los elementos metálicos o fugas en la tubería, se deberán aplicar medidas correctivas correspondientes a estructuras de hormigón, elementos metálicos y tuberías respectivamente.

2.5.7.3 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para llevar a cabo los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad de agua potable, (Tuesca Molina, Ávila Rangel, Sisa Camargo, & Pardo Castañeda, 2015).

La selección de un tipo de PTAP depende fundamentalmente de la caracterización del agua de la fuente, lo que permite a su vez determinar el grado de complejidad del tratamiento, los procesos de operación y mantenimiento, los cuales deben ser específicos y económicos para suministrar agua de la calidad requerida, (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002).

A continuación, se detalla según (Romero Rojas, 2002) las Tabla 8 y Tabla 9 para la caracterización de la fuente hídricas, y recomendaciones para el empleo de los tratamientos de agua adecuados a la clasificación:

Tabla 8 Estándares para fuentes de aguas crudas

Parámetro	**Fuente Excelente** Requiere solamente desinfección	**Fuente Buena** Requiere tratamiento usual, como filtración y desinfección	**Fuente Pobre** Requiere tratamiento especial o adicional y desinfección
DBO mg/L			
Promedio mensual	0,75-1,5	1,5-2,5	>2,5
Máximo diario	1,0-3,0	3,0-4,0	>4,0
NMP de coliformes/100mL			

Promedio mensual	50-100	50-5000	>5000
Máximo diario	<5% sobre 100	<20% sobre 5000	<5% sobre 20000
OD			
Promedio mg/L	4,0-7,5	4,0-6,5	4
%Saturación	>75	>60	-
Cloruros mg/L	<50	50-250	>250
Fluoruros mg/L	<1,5	1,5-3,0	>3,0
Fenoles mg/L	0	0,005	>0,005
pH promedio	6,0-8,5	5,0-9,0	3,8-10,5
Color unidades	0-20	20-150	>150
Turbiedad unidades	0-10	10-250	>250

Fuente: ASCE, AWWA & CSSE, Water Treatment Plant Desing, Elaboración propia

Tabla 9 Clasificación de las fuentes

Parámetro	Aceptable	Regular	Deficiente	Muy Deficiente
DBO mg/L				
Promedio mensual	<=1,5	1,5-2,5	2,5-4	>4
Máximo diario	1-3	3-4	4-6	>6
NMP de coliformes/100mL				
Promedio mensual	0-50	50-500	500-5000	>5000
Oxigeno Disuelto	>=4	<=4	<=4	<4
Gusto y Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Rechazable
Cloruros mg/L	<50	50-150	150-200	>300
Fluoruros mg/L	<1,2	<1,2	<1,2	>1,7
pH promedio	6,0-8,0	5,0-9,0	3,8-10,5	-
Color	<10	10-20	20-40	>=40
Turbiedad	<2	2-40	40-250	>150
Tratamiento Necesario				
Convencional	No	No	Si	Si
Específicos	No	No	No	Si
Procesos utilizados	Desinfección + Estabilización	Filtración + desinfección + estabilización	Tratamiento convencional	Tratamiento convencional+ tratamientos específicos

Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, RAS-2000, Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 10 se detallan los procesos de tratamiento empleados en la actualidad:

Proceso	Propósito
Tratamiento Preliminar	
Cribado	Remoción de desechos grandes que pueden obstruir o dañar los equipos de planta.
Pre sedimentación	Remoción de grava, arena, limo y otros materiales sedimentables.

Aforo	Medida del agua por tratar.
Tratamiento Principal	
Filtración	Remoción de sólidos finos, en suspensión y la mayor parte de los microrganismos.
Desinfección	Exterminio de organismos patógenos.

Tabla 10: Procesos de purificación

Fuente: (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002), Elaboración propia

Una planta de tratamiento que emplea procedimientos físicos es fácil de operar y mantener al interior de comunidades urbano-marginales y rurales. En Ecuador se utiliza un sistema de tratamiento por medios físicos denominado filtración en múltiples etapas (FiME), los procesos más comunes empleados para este tipo de tratamiento son: prefiltración (filtros gruesos) y filtración lenta, (Reyes & Quezada, 2002). Después de la (FiME) se debe realizar la desinfección para asegurar la potabilización.

2.5.7.3.1 Componentes, Operación y Mantenimiento de una PTAP de configuración FiME

2.5.7.3.1.1 Tanque repartidor de caudal

Es una estructura que se construye al ingreso de la PTAP y sirve para reunir los caudales provenientes de las distintas fuentes o captaciones del sistema, para posteriormente derivarlos al tratamiento dentro de la planta, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011). Dentro de este pueden colocarse elementos como vertederos.

El vertedero consiste en un dique o pared que intercepta la corriente, causando un estancamiento y elevación del nivel aguas arriba, se emplea para medición de caudales, (Mataix, 1982).

Se emplean para medir el gasto de agua que fluye libremente sin estar expuesta a presión, los caudales pueden medirse con una exactitud razonable mediante vertederos instalados de forma temporal o permanente, siempre que se tomen las debidas precauciones y que las mediciones se hagan cuidadosamente, los vertederos más comunes son los de pared

delgada con abertura rectangular o triangular, el cual consiste en una lámina usualmente metálica, en la que los bordes de la abertura son relativamente delgados y se coloca atravesando la corriente de un lado a otro del canal, (DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, ALBANY, 1969).

2.5.7.3.1.1.1 Operación y mantenimiento del tanque repartidor de caudal

Operación del tanque repartidor de caudal

Consiste en la apertura de válvulas que permiten la circulación al ingreso y a la salida del tanque, se debe verificar que las válvulas de limpieza estén cerradas.

Mantenimiento del tanque repartidor de caudal

Para el mantenimiento preventivo del tanque repartidor se deben realizar inspecciones para remover materiales que hayan ingresado con el fin de evitar obstrucciones en las tuberías de entrada y salida del tanque, se debe limpiar y desinfectar el interior de la estructura, revisar el estado de las paredes, de las tuberías, vertedero, tapas y candados, lubricar las válvulas con frecuencia y mantenerlas operativas, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

Si al realizar las inspecciones se encuentran fisuras o desgaste en la estructura de hormigón, corrosión en los elementos metálicos o fugas en la tubería, se aplicarán las medidas correctivas correspondientes a estructuras de hormigón, elementos metálicos y tuberías respectivamente. Todas las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo deben registrarse de tal forma que se pueda realizar un reporte.

2.5.7.3.1.2 Filtración

La filtración del agua consiste en emplear sólidos como grava, arena y un sistema de drenaje, de tal manera que puedan retener o remover algunas de las impurezas que tenga el agua, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002). El proceso de filtración puede emplearse como tratamiento único para mejorar la calidad bacteriológica y remover las partículas suspendidas más finas, cuando esta no tiene una turbiedad mayor a 15 UNT, (Trujillo López, 2007).

Según (Romero Rojas, Potabilización del agua, 1999) el mecanismo por el cual un filtro retiene y remueve el material suspendido es el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos ocurrentes en el filtro con mayor o menor intensidad según el tipo de filtro y la calidad de agua filtrada. Durante la filtración se producen los siguientes mecanismos:

1. Proceso físico que consiste en la acción mecánica de filtrar el agua, que provoca la retención de las partículas mayores que los intersticios entre los granos de arena.
2. La sedimentación de partículas sobre la grava o arena.
3. Proceso químico que consiste en la oxidación de la materia orgánica y la ionización de los granos de arena favoreciendo la formación de una película bilógica.
4. Proceso de adherencia en donde las partículas más grandes capturan las partículas más pequeñas y a su vez formas partículas aún más grandes.
5. Proceso biológico que sucede entre la capa superior y dentro del lecho filtrante desarrollando un ecosistema (película biológica) compuesto de bacterias, protozoos y gusanos acuáticos.

La resistencia al paso de agua a través de la capa del lecho varía gradualmente, de acuerdo a las condiciones de las partículas filtrantes, es decir cuando estas están limpias la resistencia es menor y por lo tanto el agua atraviesa estas capas sin dificultad, conforme pasa

el tiempo se deposita el material en la superficie, produciendo un aumento de la resistencia al paso del agua.

La filtración en múltiples etapas (FiME) está compuesta por unidades de pre filtración (filtros gruesos) siendo el mecanismo de filtración en grava y en unidades de filtración lenta (filtros lentos) en arena, con el objetivo de obtener un efluente de calidad sin emplear sustancias químicas durante este proceso. Por tal motivo, estos filtros están conectados entre sí, es decir funcionan alternadamente, cuando se realiza la limpieza a uno de ellos, el otro filtro debe funcionar normalmente, (APRISABAC & Ministerio de Salud de Perú, 1997).

2.5.7.3.1.2.1 Filtros gruesos

Los filtros gruesos pueden ser de flujo horizontal o vertical. Consiste en un tanque circular donde se coloca un lecho filtrante de grava en el cual el tamaño de los granos va disminuyendo de acuerdo a la dirección del flujo. En los filtros gruesos de flujo ascendente, se tiene un sistema de tuberías ubicado en el fondo de la estructura, que permite distribuir el flujo del agua en forma uniforme dentro del filtro. Conforme funciona el filtro, los espacios vacíos se van colmatando con las partículas retenidas del agua, (OPS/CEPIS, Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas, 2005).

La capa del lecho filtrante consta de 5 o 6 capas de distintos tamaños totalizando un espesor de 0.40m a 0.60m, colocando la más fina en la parte superior. La grava a utilizar debe ser dura, redondeada y resistente, no debe poseer granos llanos, delgadas o largas, en algunas instalaciones es recomendable colocar una capa de 7 a 8cm de arena, para disminuir la distribución desigual del agua al momento del lavado, es decir evitar la acción de chorro y la acumulación de los partículas pequeñas de grava en un determinado lugar, (Steel, 1965).

2.5.7.3.1.2.2 Filtros lentos

El empleo de la filtración lenta produce la depuración de las aguas superficiales, sin el empleo de coagulantes, reduciendo las bacterias que han pasado los filtros gruesos, así como, disminuyendo la turbiedad y color residuales, (APRISABAC & Ministerio de salud de Perú, 1997).

La unidad de la filtración lenta, está compuesta por un tanque rectangular receptor del agua en la entrada, el cual permite el paso del caudal al interior del filtro, dentro de este se coloca un lecho filtrante de arena fina, cuyo espesor está entre [0.9 a 1.2]m, (Okun & Schulz, 1992).

Además, está compuesto por una capa de soporte con un espesor entre [0.4 a 0.45]m, la grava empleada debe ser graduada de tal forma que las partículas más pequeñas no ingresen en el sistema de drenaje, recomiendan capas de tamaño efectivo de [0.4 a 0.6]mm; de [5 a 8]mm y de [15 a 25 mm, y un coeficiente de uniformidad entre [2 y 3], (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002) y por último por una capa sobrenadante de agua de 1m a 1.5m de altura, la distancia entre esta capa y el borde del tanque es de 0.20m.

En la superficie de la arena se forma la capa biológica, esta capa es importante porque los microorganismos se alimentan de las partículas que contiene el agua y de esta manera se puede purificar el agua, sin embargo, durante los dos primeros meses de funcionamiento de los filtros lentos, no se puede asegurar que el agua esté libre de microrganismos, ya que la capa biológica aún está en etapa de formación, por tal motivo, se recomienda que los filtros al comienzo funcionen a una capacidad del 25%, y que durante los dos meses de maduración de

la capa se vaya aumentando su capacidad, (SENA & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, 1999).

2.5.7.3.1.2.3 Operación y Mantenimiento de los filtros

Al iniciar la operación de los filtros, deben llenarse despacio de manera ascendente hasta cubrir totalmente el medio, de tal manera se remueva el aire atrapado entre las partículas del lecho filtrante, y además, prevenir la alteración superficial al entrar el efluente, (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002).

2.5.7.3.1.2.3.1 Operación y Mantenimiento de los filtros gruesos

Operación de los filtros gruesos

Las actividades realizadas en la operación por parte del personal de operación del sistema de agua potable para las válvulas que funcionan en los filtros gruesos, se puede resumir según (Romero Rojas, Potabilización del agua, 1999) en la Tabla 11:

Tabla 11 Esquema indicativo de la operación de válvulas de un filtro rápido

Válvula	Posición de la válvula		
	Filtrando	**Lavando**	**Filtrando a desagüe**
Afluente	Abierta	Cerrada	Abierta
Efluente	Abierta	Cerrada	Cerrada
Drenaje agua de lavado	Cerrada	Abierta	Cerrada
Agua de lavado	Cerrada	Abierta	Cerrada
Drenaje agua filtrada	Cerrada	Cerrada	Abierta

Fuente: (Romero Rojas, Potabilización del agua, 1999), Elaboración propia

En la operación de los filtros se debe inspeccionar los siguientes factores: medida de la pérdida de carga, medida del agua filtrada y turbiedad del efluente, (SENA & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA, 1999). La pérdida de carga se produce durante el proceso de filtración, en donde la capa de lodo aumenta y ofrece una mayor resistencia al paso del agua.

Cuando la pérdida alcanza de 0.90m a 1.50m, el operador deber realizar el lavado de los filtros, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

La medida del caudal de agua filtrada debe ser constante durante la jornada del filtro, cuando los valores de la turbiedad están por encima de los valores referenciales, solo en caso de emergencia y con la debida advertencia a la población se suministra el agua tratada, (SENA & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, 1999).

Mantenimiento de los filtros gruesos

El mantenimiento de los filtros gruesos consiste en la revisión de los filtros mediante inspecciones, que permiten establecer que los filtros gruesos no operen después de que hayan alcanzado su pérdida de carga máxima. El lavado de filtros consiste, en hacer pasar agua ascensionalmente, a través del lecho filtrante, a una velocidad tal que los granos del medio filtrante se muevan a través del flujo ascendente, se froten unos contra otros y se limpien de los depósitos de partículas pequeñas formados sobre ellos. El frote ocurre cuando la velocidad de lavado (v_b) es igual al 10% de la velocidad de arrastre (v_t), en donde v_b debe ser mayor a 5mm/s. Para la arena la velocidad de arrastre es igual a 10 veces el producto del tamaño efectivo por el coeficiente de uniformidad, (D_{60} en mm), por lo que, $v_t = 10D_{60}$, por lo tanto, para la velocidad requerida de lavado del material granular es igual a $v_b=0.1v_t$, (Romero Rojas, Potabilización del agua, 1999).

El mantenimiento preventivo consiste en la remoción de cualquier material flotante que se encuentre en la capa sobrenadante, la limpieza del área circundante de los filtros, lavado y desinfección de la estructura y la inspección de las válvulas, comprobando que no existan problemas de apertura o cierra de las mismas.

En caso de que se encuentren fisuras o desgaste en la estructura de hormigón, corrosión en los elementos metálicos o fugas en la tubería, se aplicarán las medidas correctivas correspondientes a estructuras de hormigón, elementos metálicos y tuberías respectivamente. Todas las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo que se realizan deben registrarse de tal forma que se pueda realizar un reporte.

2.5.7.3.1.2.3.2 Operación y Mantenimiento de los filtros lentos

Operación de los filtros lentos:

Las actividades de operación consiste en la apertura y cierra de válvulas de compuerta de control y desagüe, para el llenado del filtro lento que debe hacerse en forma ascendente, con el agua de otro filtro lento en funcionamiento, como el agua producida al inicio del llenado no es de buena calidad, el operador debe desechar el agua filtrada hasta que el agua filtrada presente la calidad requerida por la PTAP, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

A su vez se debe ejecutar operaciones normales que se efectúan de manera cíclica o rutinaria, durante el funcionamiento del filtro lento, según (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011) se debe realizar una limpieza de la superficie del lecho filtrante, un lavado y almacenamiento de la arena empleada y la reconstrucción del lecho filtrante.

El operador para realizar la limpieza del lecho filtrante no debe basarse sólo en la verificación de la pérdida de carga, sino también de la turbiedad y color ya que se puede presentar un incremento en la turbiedad del efluente, afectando su funcionamiento, (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002).

Las actividades de operación y de limpieza se deben realizar en el menor tiempo posible para que los microorganismos de la capa biológica no perezcan por la falta de nutrientes, (OPS/CEPIS, Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua, 2002).

En los filtros lentos, además, se ejecutan operaciones especiales en casos de emergencia, tales como la operación de parada y la operación con altas concentraciones de turbiedad o color.

La operación de parada provoca interrumpir el servicio para efectuar reparaciones, o suspender el ingreso de agua debido al deterioro de la calidad de la misma. Cuando la interrupción se deba a un alto contenido de turbiedad en el agua que ingresa al filtro, es necesario que estos sigan funcionando con velocidades bajas, por tal motivo, el operador debe regular las válvulas, para dar tiempo a que se solucione el problema o enviar el efluente al desagüe. Si el problema es habitual, se deben considerar otras unidades de pretratamiento necesarias, de tal forma que llegue al filtro lento una turbiedad promedio de 50 NTU, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

Al parar la filtración, el metabolismo de los organismos que se encuentran en el medio filtrante se altera, creando compuestos que afectan la calidad del agua. Cuando se para el filtro por períodos muy largos, los organismos muertos se descomponen y entonces es necesario efectuar el mantenimiento de todo el lecho de arena y someterlo a un nuevo período de maduración, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

Mantenimiento de los filtros lentos:

El mantenimiento preventivo consiste en el lavado de la arena, limpieza total del filtro y reconstrucción del lecho filtrante, desbroce del área circundante, desinfección de la estructura, revisión y engrasado de las válvulas, revisión de las estructuras metálicas y de

hormigón, verificación de la presencia de grietas o fisuras en los filtros. (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

En caso de que se encuentren fisuras o desgaste en la estructura de hormigón, corrosión en los elementos metálicos o fugas en la tubería, se aplicarán las medidas correctivas correspondientes a estructuras de hormigón, elementos metálicos y tuberías respectivamente. Todas las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo que se realizan deben registrarse de tal forma que se pueda realizar un reporte.

La limpieza completa de las unidades filtrantes, se refiere al lavado del fondo del filtro, estructuras de hormigón y metálicas, del sistema de drenajes, tanques de llegada y salida, y el lavado de grava o arena. Al terminar de realizar esta actividad, se ejecuta el procedimiento de reconstrucción del lecho filtrante. El equipamiento utilizado para las actividades de operación y mantenimiento de los filtros lentos, debe desplazarse por el filtro mediante tablones colocados sobre el contorno del mismo, de tal forma que no alteren el material dentro del lecho de arena, (Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2011).

2.5.7.3.1.3 Cámara de desinfección

Consiste en un tanque con canales interconectados, su objetivo es proporcionar un tiempo de contacto necesario entre el afluente y el desinfectante para permitir la acción bactericida del mismo y asegurar la eliminación o evitar el desarrollo de microorganismos, (CEPIS, 1984). El tiempo de contacto es el intervalo de tiempo generalmente en minutos que transcurre desde que el cloro se agrega al agua, hasta que dicha cantidad de agua pasa por un punto de muestreo, por lo que, es preferible que el período de contacto supere los 30 min, bajo condiciones de máxima demanda. En condiciones adversas, es decir cuando las características

físicas, químicas y biológicas del agua filtrada sean desfavorables, se requerirá mayor tiempo, (CEPIS, 2001).

En sistemas rurales el tipo de desinfeccion más empleado es la cloración. La cantidad requerida de desinfectante (cloro) depende del caudal de agua a tratar, de la dosis requerida según la calidad del agua y de las normas de calidad de agua del país. La unidad estándar para la concentración de cloro en el agua es miligramos por litro (mg/L). y la concentración de cloro gaseoso en la atmósfera se mide en partes por millón (ppm), (CEPIS, 2001).

El cloro es un agente quimico oxidante de olor penetrante que al entrar en contacto con el agua se combina facilmente en un tiempo de contacto, con ciertas sustancias inorganicas oxidables tales como sulfuro de hidrógeno, nitrato, hierro ferroso, además con otras impurezas orgánicas, incluidos los microorganismos y compuestos de nitrogeno como proteinas y aminoácidos. Estas reacciones consumen parte de la concentración de cloro, y la cantidad consumida se llama Demanda de cloro en el intervalo A-B que se observa en la Ilustración 1. Después, de un tiempo específico se determina la cantidad de cloro presente en el agua , denominado Cloro Residual que es igual a la Dosis de cloro menos la Demanda. Al combinarse el cloro y agua se producen dos compuestos generales el ácido hipocloroso (HOCL), y el ión de hipoclorito (OCL), la medición de estos compuestos se denomina cloro libre residual, (CEPIS, 2001).

En presencia de compuestos de nitrógeno, el ácido hipocloroso reacciona con los mismos formando las cloraminas en el intervalo B-C que se observa en la Ilustración 1. En caso que esten presentes átomos de hidrógeno, carbono, boro o yodo, estos reaccionan con el cloro libre residual que produce la destrucción de las cloraminas, y es acompañada de la formacion de oxido nitroso, nitrógeno y la formación de los trihalometanos en el intervalo C-

D que se observa en la Ilustración 1, que además contienen sustancias húmicas, pigmentos vegetales, y están sujetos a la variación de la temperatura, pH. En las aguas de consumo el más común es el triclorometano ($CHCl_3$), que se ha demostrado que es cancerígeno, por lo tanto se deben eliminar mediante adsorción con carbón activado, (Romero Rojas, 2005).

La medición de estos compuestos se denomina cloro combinado residual. La efectividad germicida es mayor en el cloro libre residual, que el cloro combinado residual. En el proceso de desinfección existe un punto de quiebre en el punto D, en donde se requiere cloro libre residual por lo tanto, se debe añadir suficiente cloro para destruir los compuestos de nitrógeno, sin embargo, estos no se eliminan por completo y se combinan con el cloro, dando como resultado el cloro residual combinado irreducible. Por lo tanto, la cantidad de cloro total residual presente en el agua tratada incluye el cloro residual libre y combinado, (CEPIS, 2001).

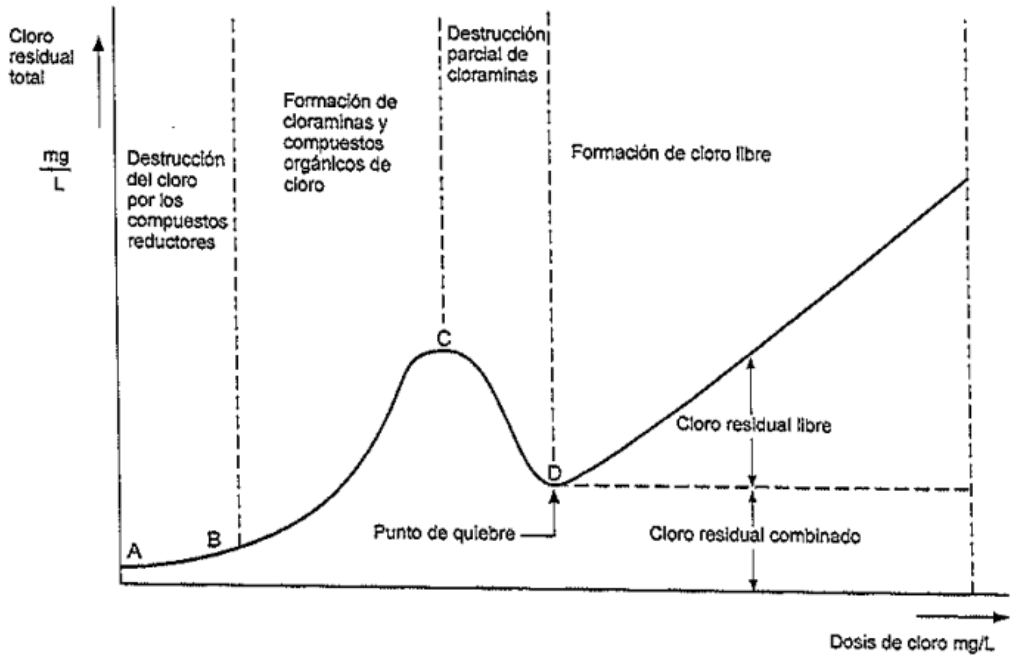


Ilustración 1 Curva demanda de cloro, Fuente: (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005)

Sistema de cloración con cloro gas

Generalmente el cloro gaseoso se considera la forma más económica de desinfectante en plantas grandes. En este estado el cloro tiene un color amarillo verdoso y es 2.48 veces más pesado que el aire, (Romero Rojas, Calidad del Agua, 2005).

Existen diferentes tipos de sistemas de cloracion con cloro gas, según (OPS/CEPIS, 2001) entre los principales sistemas están:

1. Sistemas de presión, el cúal aprovecha la presion interna del cilindro para inyectar el cloro mediante una tubería de metal en el clorador.
2. Sistema remoto al vacío, que funciona con ayuda de un eyector tipo venturi donde se genera un vacío y succiona el gas del cilindro. Además, para lograr el vacío se adicionan dos bombas para aumentar la caida de presion y activar el inyector.

Por lo general el cloro gaseoso, se expende en cilindros de acero, de diferente capacidad y están provistos de un casquete protector para la válvula y de una placa en la cual se indicar el número, peso del contenido del cloro y peso del cilindro, (SENA & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA, 1999).

En la caseta de desinfección un sistema de cloración por gas debe tener los siguientes elementos: estructura de seguridad del cilindro, clorímetro, rotámetro que puede proporcionar un indicio de la frecuencia de limpieza, sistema tratamiento de aire de tal manera que el aire no exceda el 50% del limite de exposicion permisible, sistema de alarma de fugas, puertas de

emergencia, sistema automático de rociado de agua, sistema de alarma en caso de interrupción en la dosificación, (OPS/CEPIS, 2001).

Según, (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002) todos los cloradores deben instalarse para funcionamiento continuo, libres de problemas de operación. El cloro gaseoso se disolverá en el agua para formar soluciones de concentración menor de 3000mg/L, a continuacion en la Tabla 12 se describen los tipos de control de dosificación:

Tabla 12: Control de dosificación

Tipos de control	Observaciones
Manual	La dosis se ajusta a mano, adecuando cuando el caudal es relativamente constante.
Semiautomático	La dosificación se inicia o se detiene mediante un instrumento eléctrico o hidráulico.
Automático	La dosificación se ajusta automáticamente con un control de caudal.

Fuente: (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002), Elaboración propia

Además, se debe asegurar que la caseta de cloración tenga la ventilación correcta, es decir un suministro de aire de tal manera que el operador pueda ingresar sin algún tipo de riesgo y una ventana de emergencia que permita al operador verificar las condiciones de la caseta, en caso que existan fugas, se puede producir envenenamiento ya que el cloro gas es considerado como venenoso en caso de inhalación, (OPS/CEPIS, 2001).

2.5.7.3.1.3.1 Operación y Mantenimiento de la cámara de desinfección

Operación de la cámara de desinfección

La operación exitosa del proceso de cloración requiere principalmente del suministro adecuado y permanente del agente desinfectante, del control eficiente, continuo y exacto de la dosificación. Además, del manejo seguro en todo momento del compuesto y de los equipos

empleados para su aplicación, y de la mezcla de manera completa y continua del cloro gaseoso con toda el agua que se va a tratar, (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002).

Se debe realizar un ensayo para medir el cloro residual como DPD para asegurarse de que la dosificación es la adecuada. El procedimiento para realizar el ensayo de la DPD- Ferroso se encuentra en la normativa "INEN 977. AGUA POTABLE. DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL. MÉTODO DE LA DPD-FERROSO".

Mantenimiento de la cámara de desinfección

La caseta y cámara de desinfección deben ser espacios seguros para las reservas del sistema de cloración, donde no tengan acceso personas no autorizadas, por lo que el operador debe revisar que estos espacios tengan la debida seguridad (candados, mallas eléctricas) y acceso restringido, (OPS/CEPIS, Manual del Inspector: COMO REALIZAR INSPECCIONES SANITARIAS EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE AGUA, 2001).

El mantenimiento preventivo se ejecuta mediante las inspecciones que permiten revisar el estado físico de las estructuras de hormigón, limpieza de la caseta de desinfección y cámaras de válvulas, desinfección de la estructura, revisión del estado de las válvulas y engrasarlas.

En caso de que se encuentren fisuras o desgaste en la estructura de hormigón, corrosión en los elementos metálicos o fugas en la tubería, se aplicará las medidas correctivas correspondientes a estructuras de hormigón, elementos metálicos y tuberías respectivamente. Todas las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo que se realizan deben registrarse de tal forma que se pueda realizar un reporte.

A su vez mediante estas inspecciones, se realiza la detección de fugas en el sistema de cloración, para ello, el operador emplea amoniaco concentrado. Además, se revisa que en la cámara de desinfección no ingresen agentes contaminantes como plantas, mosquitos u objetos

ingresados por personal ajeno a la PTAP, (OPS/CEPIS, Manual del Inspector: COMO REALIZAR INSPECCIONES SANITARIAS EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE AGUA, 2001).

Manejo de cloro gas

El cloro gaseoso presenta varios riesgos para la salud del operador ya que irrita los ojos y los órganos respiratorios, provocando náuseas, vómitos y tos, los síntomas agudos aparecen inmediatamente después de la inhalación. La muerte puede ocurrir cuando se está expuesto por mucho tiempo a la inhalación de cloro en altas concentraciones, (SENA & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA, 1999).

Medidas de seguridad para el manejo de cloro gas

Según (SENA & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA, 1999) se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las reservas de cloro gas deben colocarse en lugares seguros donde no tengan acceso personas no autorizadas.
- Los cilindros de cloro, llenos y vacíos, deben estar almacenados por separado, asegurados individualmente por medio de correas de seguridad para impedir su caída.
- El equipo de dosificación de cloro gaseoso debe tener válvulas de cierre (válvulas auxiliares del cilindro de cloro), por medio de las cuales se pueden cerrar las líneas de conexión al cambiarse los cilindros.

- El cloro gaseoso no debe estar expuesto directamente a la luz del sol u otras fuentes de calor y se debe guardar en ambientes secos.
- Cuando se realiza alguna actividad donde pueda haber escape de cloro gas debe hacerse al aire libre, protegido de la intemperie, o en habitaciones bien ventiladas. Si los medios naturales de ventilación son insuficientes, debe instalarse un ventilador.
- Solo las personas debidamente capacitadas en la operación y mantenimiento de plantas de cloro gaseoso y manejo de cloro pueden asumir estas tareas.

2.5.7.3.1.4 Tanques de almacenamiento

Son estructuras que sirven para almacenar el agua y distribuirla a la población para su consumo, (USAID, 2016).

Los tanques de almacenamiento pueden construirse directamente sobre la superficie del suelo o sobre torres cuando por condiciones de servicio se requiera elevarlos, (Arocha Ravelo, 1980).

2.5.7.3.1.4.1 Operación y Mantenimiento de los tanques de almacenamiento

Operación de los tanques de almacenamiento:

La operación de los tanques de almacenamiento consiste en la apertura de las válvulas que permitan la circulación en la entrada y salida del tanque, para el funcionamiento de los tanques se debe verificar el cierre de las válvulas de desagüe y limpieza, (Agüero, 2004).

Mantenimiento de los tanques de almacenamiento:

El mantenimiento preventivo de los tanques de almacenamiento consiste en realizar inspecciones del estado de las paredes, de las tuberías, tapas y candados, lubricar las válvulas

y mantenerlas operativas, realizar el desbroce del área circundante a los tanques con mayor frecuencia en las épocas de invierno que en las de verano, (Agüero, 2004).

En caso de que se encuentren fisuras o desgaste en la estructura de hormigón, corrosión en los elementos metálicos o fugas en la tubería, se aplicarán las medidas correctivas correspondientes a estructuras de hormigón, elementos metálicos y tuberías respectivamente. Todas las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo que se realizan deben registrarse de tal forma que se pueda realizar un reporte.

2.5.8 Generalidades sobre el personal encargado de la operación y mantenimiento de un sistema de agua potable.

La eficiencia de las actividades de la operación y mantenimiento es importante para la operación óptima de la PTAP, por lo tanto, según (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002) es esencial considerar los siguientes factores que aporten al mismo:

- Mano de obra: El personal de operación debe tener la capacidad técnica para ejecutar las actividades requeridas por la PTAP, es decir, asignar personal calificado para realizar la operación y mantenimiento.
- Confiabilidad: El personal encargado debe vigilar que en todo momento los requerimientos de calidad sean cumplidos, es decir los operadores deben ser capaces de manejar tanto el cambio del caudal de agua que llega a la PTAP como de los cambios en la calidad del agua.
- Flexibilidad: Los operadores deben verificar la existencia de reservas disponibles de los accesorios tales como válvulas, dosificadores, tubería y herramientas para la ejecución de las actividades en la PTAP.

- Proporcionar los recursos económicos, de tal forma que la administración de la PTAP tenga un presupuesto definido y asegurando una disponibilidad oportuna.
- Programar las actividades de mantenimiento preventivo y registrar todas las actividades realizadas en la PTAP, como por ejemplo actividades rutinarias, o de reparación o reemplazo de accesorios.

El personal requerido, las facilidades de laboratorio y la capacidad técnica del personal de operación, son función del tipo de la PTAP, por lo tanto, la necesidad de ejercer una supervisión estricta de la operación, es función de la variabilidad de la calidad de agua y de los métodos que se emplea para tratarla, (Romero Rojas, PURIFICACIÓN DEL AGUA, 2002).

La frecuencia de la operación y el mantenimiento se hará de acuerdo con las características del sistema y se llevará un registro de las actividades y observaciones, con el objetivo de tomar acciones que optimicen la labor misma de operación y mantenimiento. (SENA & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, 1999).

3. Desarrollo

3.1. Ubicación del sistema de agua potable de Pucaraloma.

El sistema de agua potable estudiado se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, al sur del cantón Cuenca, en la parroquia Victoria del Portete.

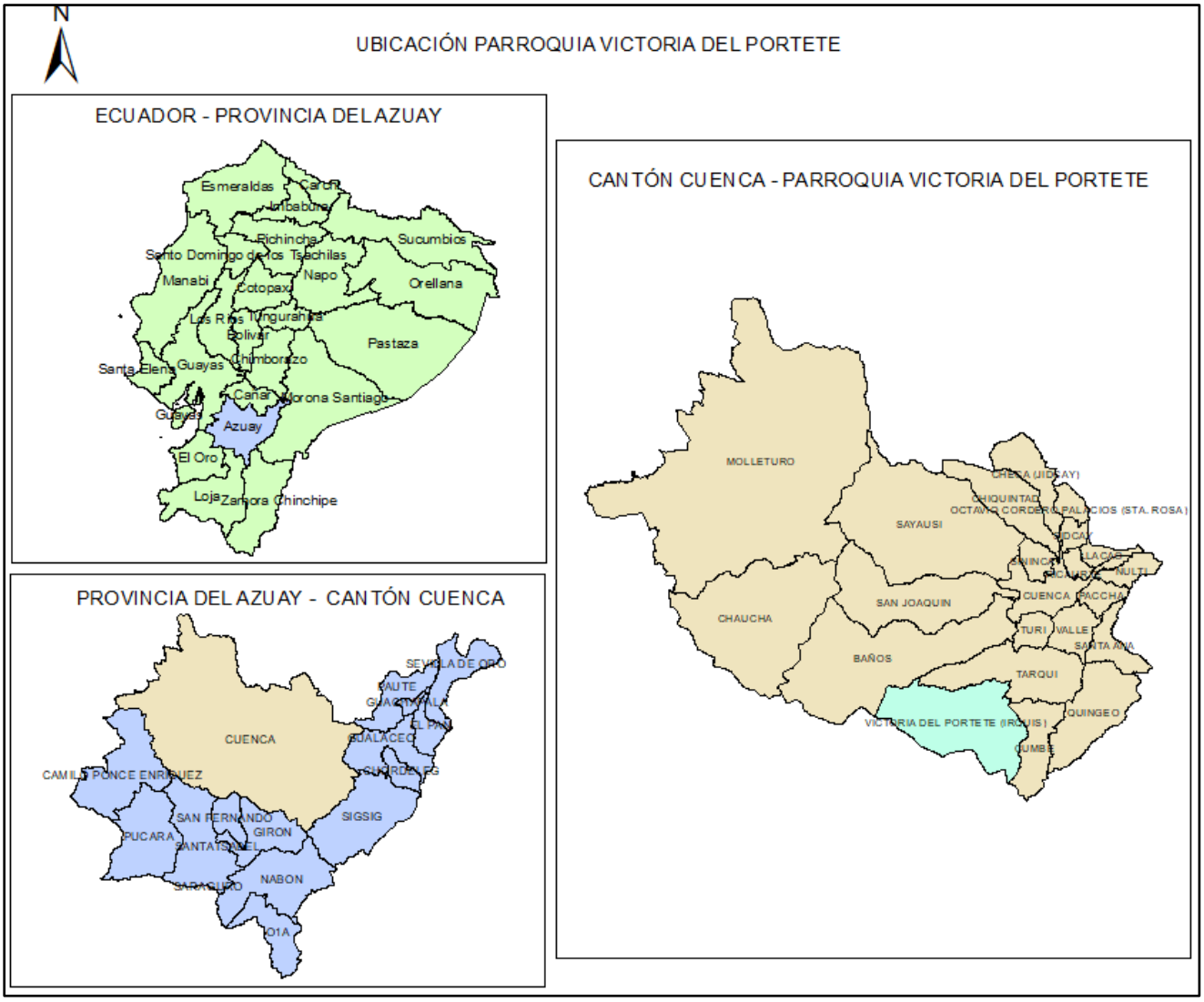


Ilustración 2: Ubicación geográfica de la Parroquia Victoria del Portete. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un levantamiento topográfico de los componentes del sistema de agua potable desde las captaciones hasta la planta de tratamiento empleando el GPS GARMIN ETREX 20 de precisión es de +-5m. En la Ilustración 3, se muestra la ubicación de la planta de tratamiento

de agua potable de Pucaraloma que se encuentra en las coordenadas X = 709544.81m, Y = 9661647.87 m en la comunidad de Corralpamba.

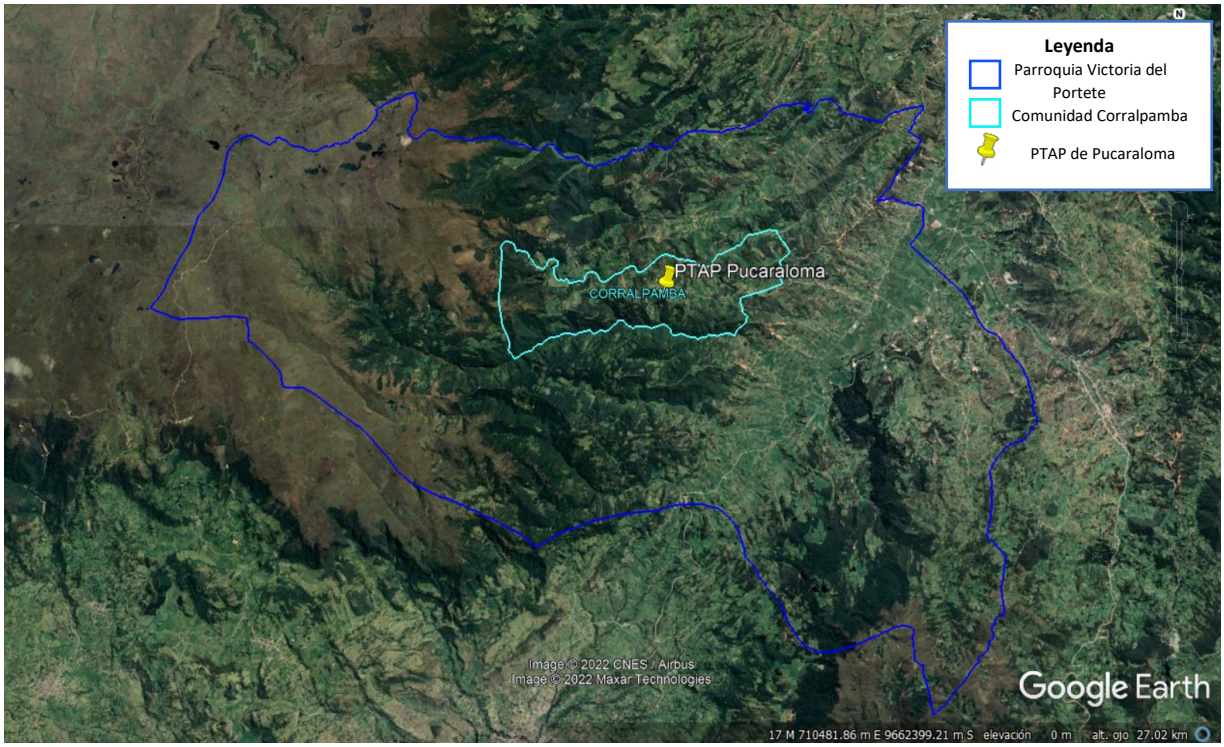


Ilustración 3: Ubicación de la planta de tratamiento de agua potable de Pucaraloma. Fuente: Elaboración propia.

3.2 Antecedentes del sistema de tratamiento agua potable de Pucaraloma

El sistema de agua potable de Pucaraloma comenzó por una iniciativa de las comunidades de la zona.

Mediante un Convenio de Cooperación Interinstitucional firmado en el 2013 entre ETAPA y Ecuador Estratégico la parroquia Victoria del Portete recibió un proyecto de repotenciación de saneamiento ambiental del sistema de agua potable de Pucaraloma, que consintió en brindar una cobertura de abastecimiento de agua en un área aproximada de 417 ha, con 455 conexiones domiciliarias que beneficiaba a más de 2500 habitantes. La administración del sistema de agua potable se entregó a ETAPA en el 2015, (Ecuador Estratégico EP, 2017).

En el actualidad el sistema abastece a las comunidades de Buena Esperanza, Corralpamba, Mataquillcana y Pucaraloma, con un número total de 480 conexiones domiciliarias, (Portete, 2020).

3.3 Descripción del estado actual del sistema de abastecimiento de agua potable de Pucaraloma

Descripción general del sistema de abastecimiento de agua potable

El sistema de agua potable consta de tres captaciones, un desarenador, conducción, tanques rompe presiones y la planta de tratamiento de agua potable.

La planta de tratamiento es de configuración FiME, y está compuesta por el tanque repartidor de caudal, filtros gruesos y lentos, caseta, cámara de desinfección y tres tanques de almacenamiento de agua potable.

3.3.1 Captaciones

El sistema estudiado cuenta con 3 captaciones denominadas Guacanguillas y Caspishitana ubicadas en las coordenadas detalladas en la Tabla 13:

Tabla 13: Coordenadas UTM (WGS84) de las captaciones

Captaciones	Este	Norte	Cota
Guacanguillas 1	701371.27	9663759.49	3653.19
Caspishitana 2	702951.45	9662831.37	3585.01
Caspishitana 3	703108.72	9662731.35	3579.70

Fuente: Catastro ETAPA EP. Sistema de Agua Potable Pucaraloma. Elaboración propia.

Caracterización de la zona de ubicación de las captaciones:

Las captaciones se encuentran dentro del área nacional de recreación Quimsacocha en el ABVP Yanuncay Irquis, como se observa en la Fotografía 1.

El Área Nacional de Recreación Quimsacocha, es un área protegida por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y administrada por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Cuenca.

Fotografía 1: Entrada a la captación Guacanguillas 1

En Quimsacocha existen dos unidades biogeográficas: sector páramos y piso alto andino (corresponde a las tierras andinas que están sobre los 3000msnm hasta el límite nival), (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018). Además, la zona presenta dos tipos de clima, el nival en donde la temperatura media anual oscila entre los 2°C y 0°C, con máximos hasta de 8°C, y el clima ecuatorial de alta montaña, con una temperatura que oscila alrededor de 8°C.

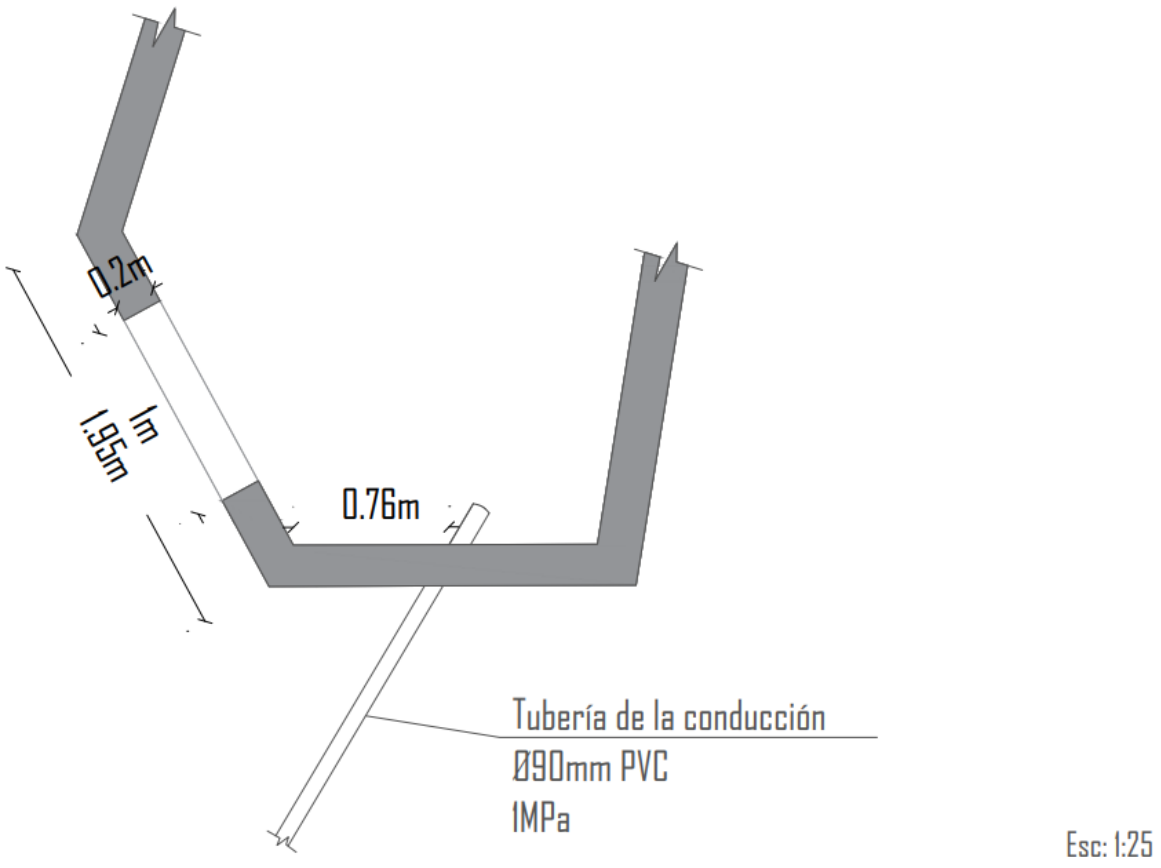
De acuerdo al análisis geológico, el suelo está compuesto por rocas de origen volcánico, por la formación Tarqui (aglomerado, lava, dacita), por depósitos aluviales, lagos y derrumbes, (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018)

3.3.1.1 Captación Guacanguillas 1

Esta captación se encuentra a 8.43 Km de distancia de la planta de tratamiento de agua del sistema Fotografía 2, consta de una estructura de hormigón con una pared frontal que funciona como dique para elevar el nivel del agua y por medio de una tubería de PVC de diámetro 90 mm y de clase , Fotografía 3, ubicada en la pared lateral del margen izquierdo se capta el agua de esta quebrada. En la Gráfica 1 se realiza el esquema de esta captación, con el detalle de las dimensiones de la misma.

Fotografía 2: Captación Guacanguillas 1, reservorio y pared frontal

Fotografía 3:Captación Guacanguillas 1, tubería 110mm y pared frontal



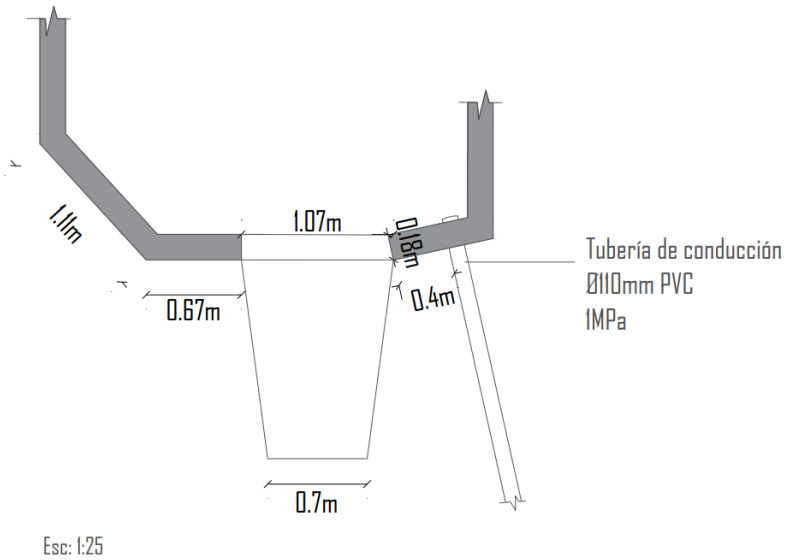
Gráfica 1: Esquema de la captación Guacanguillas 1 Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2 Captación Caspishitana 2

Esta captación se encuentra a 6.7 Km de distancia de la planta de tratamiento de agua del sistema, consiste en una estructura de hormigón con un azud que permite elevar el nivel del agua para captarla a través de una tubería de PVC de 110mm ubicada en la pared lateral del margen izquierdo de la estructura, cuenta también con una malla de un material plástico que evita el ingreso de residuos vegetales y otros contaminantes de gran tamaño hacia la captación como se observa en la Fotografía 4.

Fotografía 4: Captación Caspishitana 2, azud, malla y tubería 110 mm.

En la Gráfica 2 se realiza el esquema de la captación 2, en donde se detalla las dimensiones de la misma.

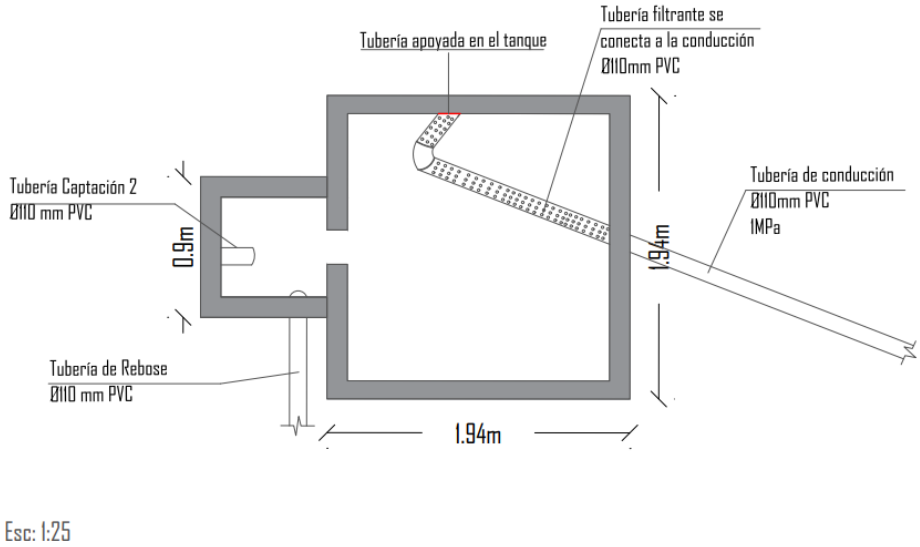


Gráfica 2: Esquema de la captación Caspishitana 2 Fuente: Elaboración propia

A 25.5 m de la captación se encuentra una estructura de hormigón formado por 2 tanques como se observa en la Fotografía 5, en el primero existe una tubería de PVC de 110mm en la pared lateral del margen derecho que permite el desfogue del agua hacia la quebrada cuando exista un excedente en el caudal captado. En el segundo cajón existe una tubería

perforada PVC de 110mm que actúa como filtro que no permite el paso de contaminantes de gran tamaño hacia la conducción. En la Gráfica 3, se detalla el esquema del tanque de la captación.

Fotografía 5: Tanque con tubería para desfogue y tubería filtrante para captación Caspishitana 2.



Gráfica 3: Esquema de los tanques de la captación Caspishitana 2 Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3 Captación Caspishitana 3

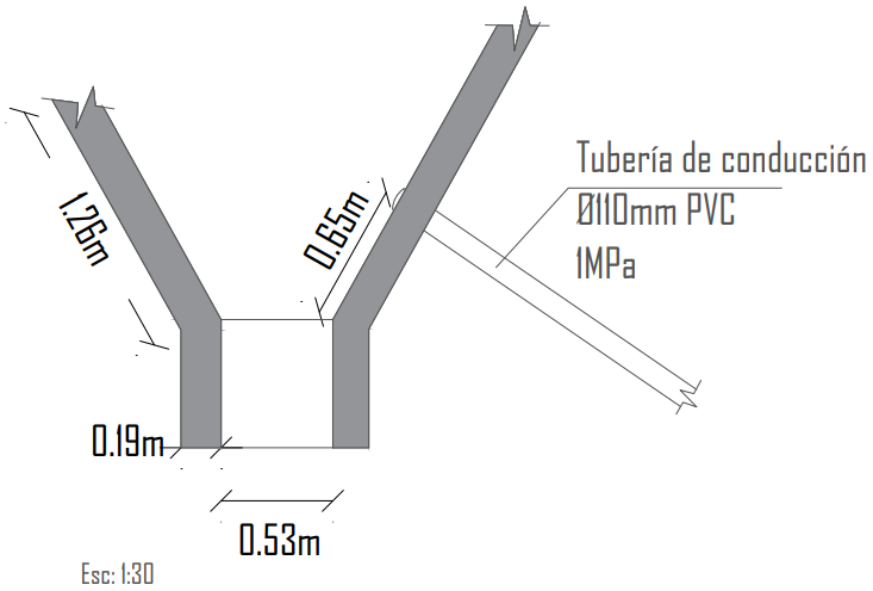
Esta captación se encuentra a 6.52 Km de distancia de la planta de tratamiento de agua, está ubicada en la unión de 3 vertientes como se observa en la Fotografía 6, consiste en una estructura de hormigón con un azud que permite elevar el nivel del agua para poder captarla

por medio de una tubería de PVC de 110 mm ubicada en la pared lateral en el margen izquierdo de la estructura como se muestra en la Fotografía 7.

Se debe indicar, que al momento de realizar la inspección el agua proveniente de las vertientes estaba fluyendo por una acequia lateral a la captación, sin ser captada.

Fotografía 6: Unión de tres vertientes para captación Caspishitana 3

Fotografía 7: Captación Caspishitana 3, estructura para embalse de agua y tubería 110 mm.



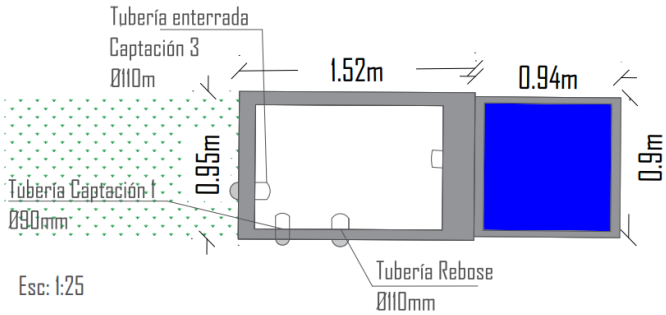
Gráfica 4: Esquema de la captación Caspishitana 3 Fuente: Elaboración propia

3.3.1.4 Tanque de unión de la captación Guacanguillas 1 y Caspishitana 3

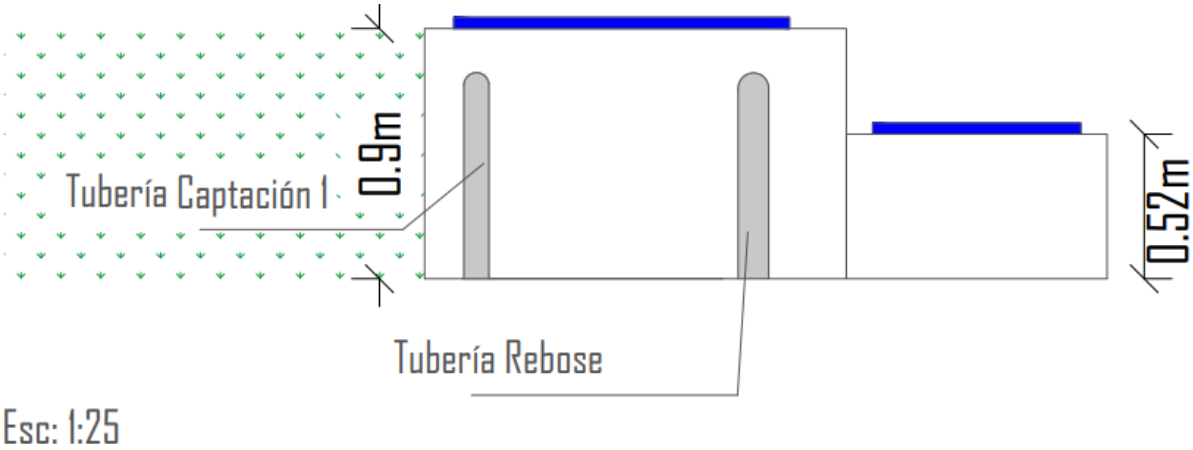
Está ubicado a 2.18 Km de la captación Guacanguillas 1, consiste en un tanque de hormigón con 4 tuberías de PVC de 110 mm de 1 MPa, 2 de ellas permiten el ingreso del agua proveniente de la captación Guacanguillas 1 y de la captación Caspishitana 3, otra se encarga de derivar el agua hacia la quebrada cuando exista un excedente en el caudal captado, y la última se ubica al fondo del tanque y corresponde a la conducción que lleva el agua de estas 2 captaciones hacia los desarenadores, así como se muestra en la Fotografía 8, junto a este tanque se encuentra una cámara de hormigón para la válvula de compuerta de control.

En las Gráfica 5 y Gráfica 6 se detalla el esquema del tanque de unión de las captaciones 1 y 3.

Fotografía 8: Tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana.3



Gráfica 5: Esquema del tanque de unión de la captación Guacanguillas 1 y Caspishitana 3. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6: Esquema de la vista lateral derecha del cajón de unión. Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Desarenadores:

Existen 2 desarenadores en el sistema, están ubicados a 125.65 m del tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3, antes de que el agua ingrese a cada desarenador existe una cámara de hormigón con una válvula de compuerta de control como se muestra en la Fotografía 9, al ingreso el agua pasa a un tanque en el cual se encuentra colocado un vertedero triangular y posteriormente pasa hacia el cuenco amortiguador e ingresa al desarenador, en la zona del cuenco amortiguador existe una tubería lateral de 200 mm para el desfogue en caso de exceso de caudal como se indica en la Fotografía 10.

A lo largo de cada desarenador en el fondo del mismo, existe una tubería perforada de PVC de 160 mm para que el agua ingrese hacia la conducción, a la salida de los desarenadores esta tubería se ramifica en 2 por medio de una tee, a la izquierda la tubería de conducción de diámetro de 110 mm con su válvula de compuerta de control y la tubería PVC de 200 mm que sigue el tramo recto se utiliza para lavado del desarenador, en la Fotografía 13 se pueden observar las tuberías a la salida del desarenador izquierdo.

En las Gráfica 7 y Gráfica 8 se observa el esquema detallado de los desarenadores del sistema y en la Gráfica 9 se detalla el esquema del vertedero que se encuentra en los desarenadores.

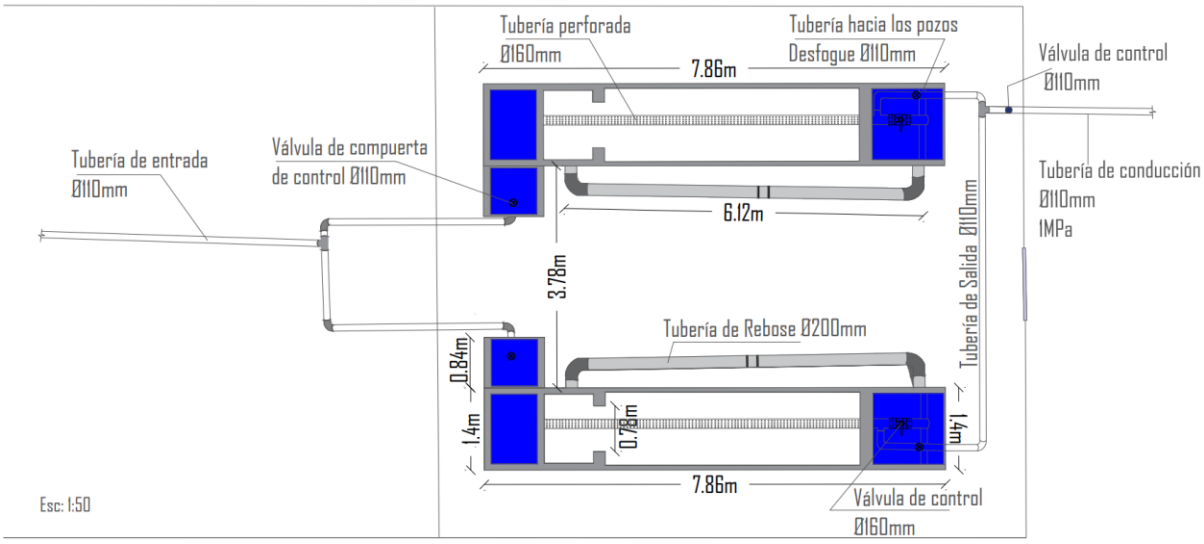
Fotografía 9: Válvula de compuerta control al ingreso del desarenador izquierdo

Fotografía 10: Vertedero triangular, cuenco de amortiguamiento y tubería de rebose del desarenador izquierdo.

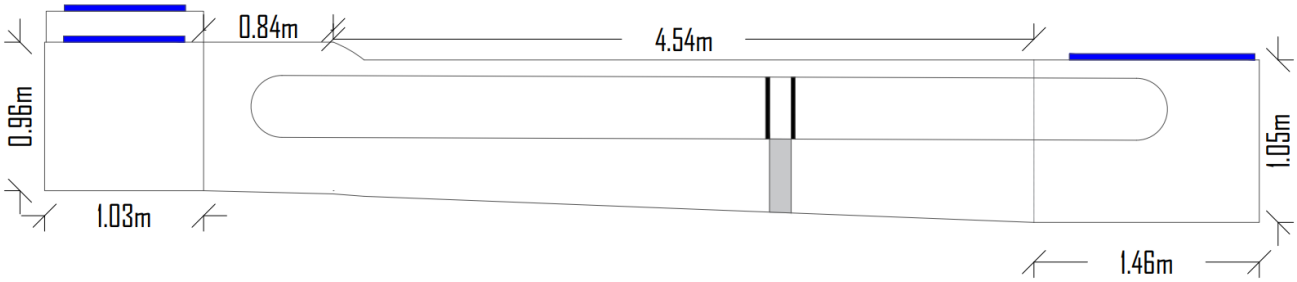
Fotografía 11: Desarenador izquierdo

Fotografía 12: Desarenador derecho

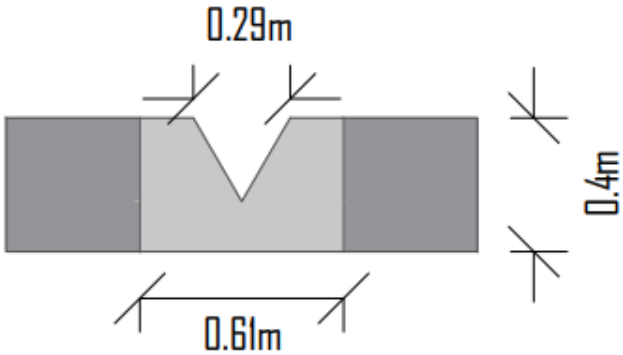
Fotografía 13: Tuberías y válvulas a la salida del desarenador izquierdo



Gráfica 7: Vista en planta de los desarenadores. Fuente: Elaboración propia



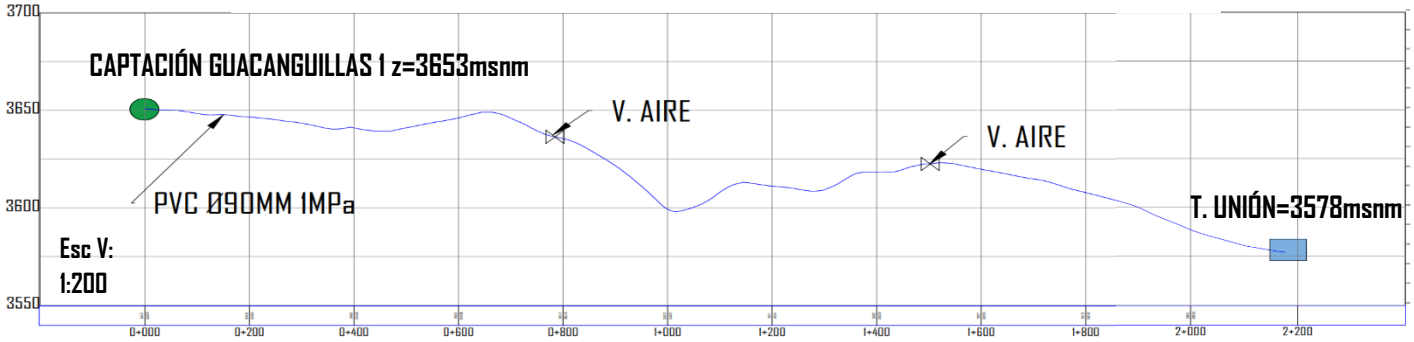
Gráfica 8: Vista de perfil derecho del desarenador izquierdo. Fuente: Elaboración propia.



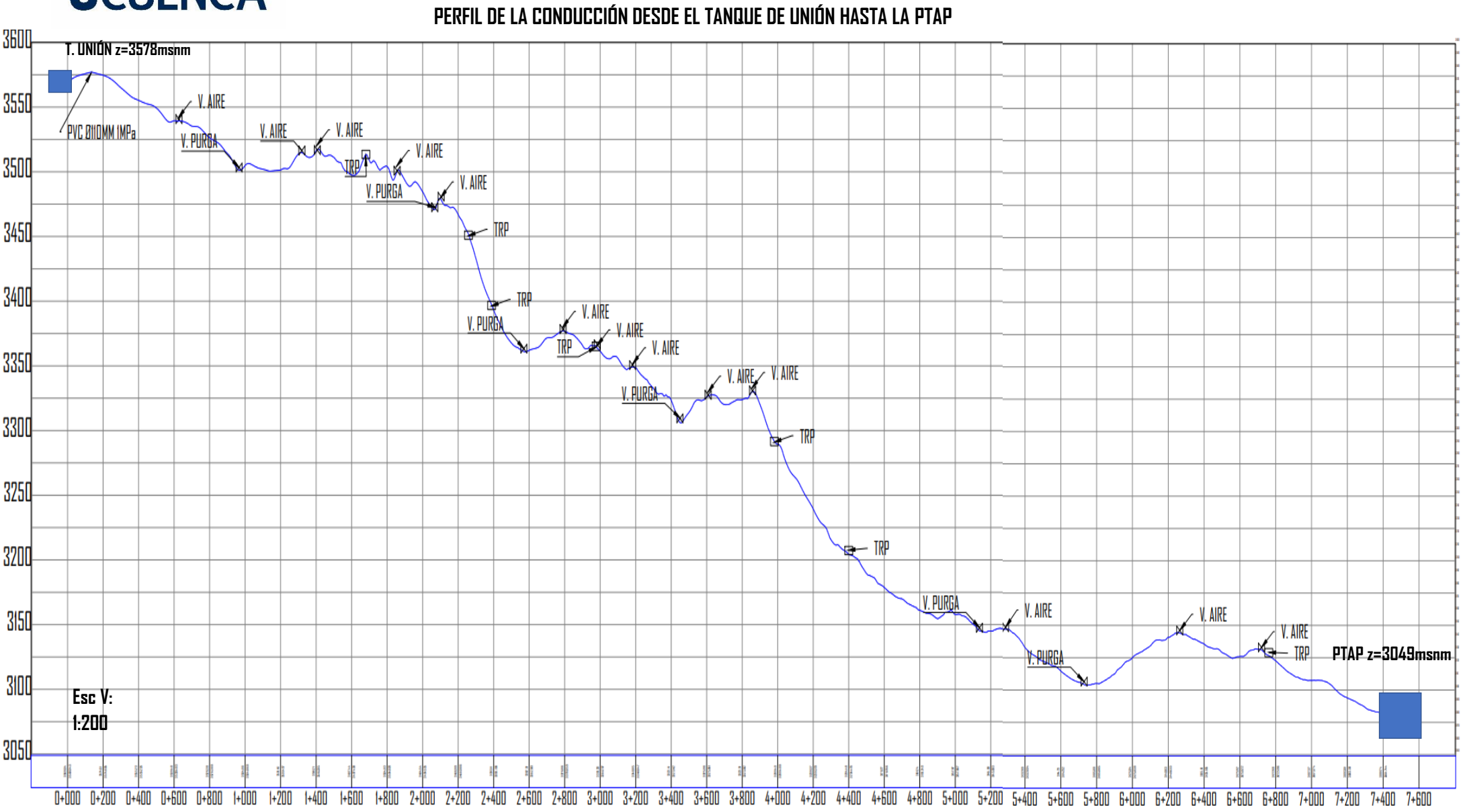
Gráfica 9: Esquema del detalle del vertedero triangular de los desarenadores. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Conducciones:

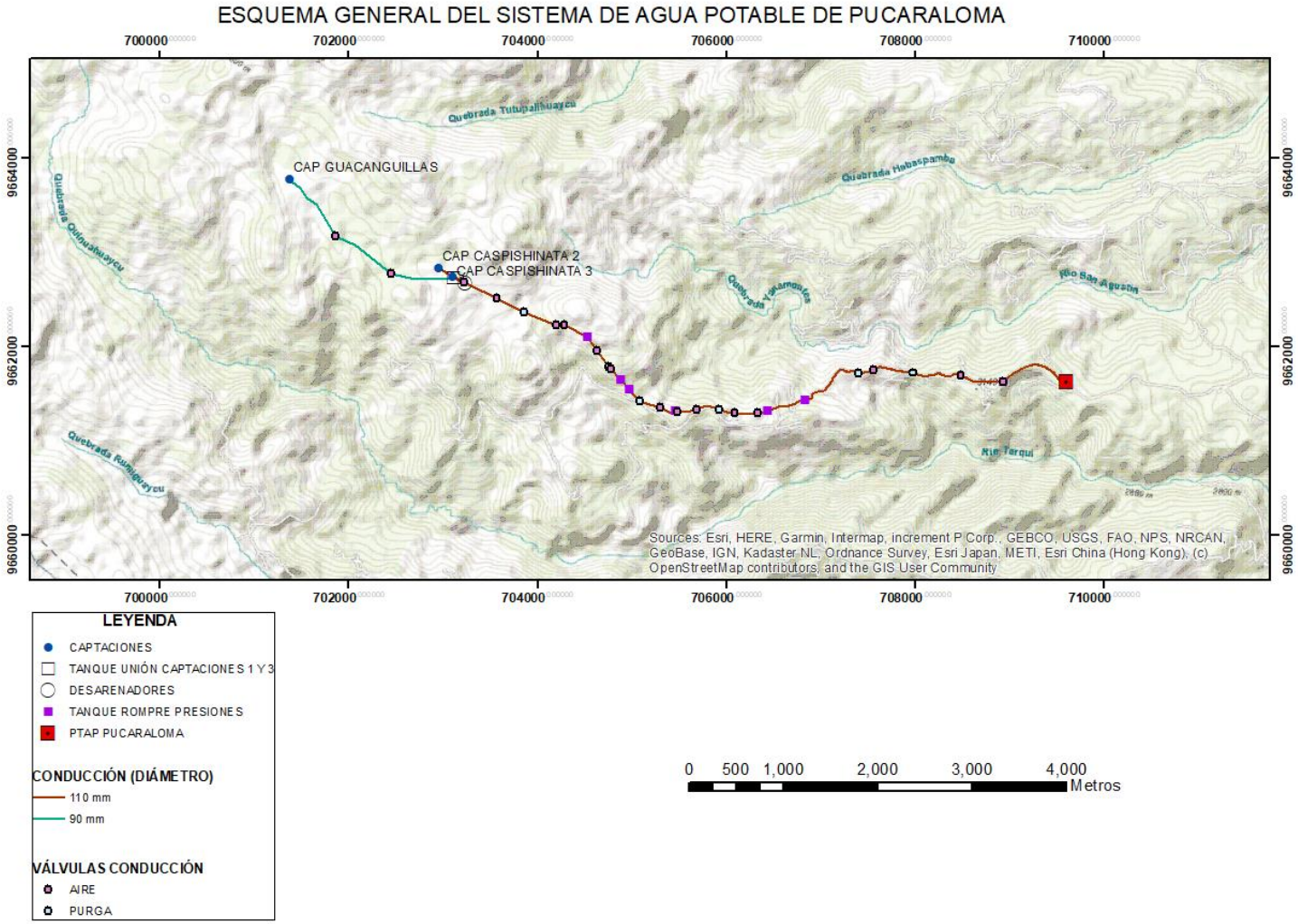
La conducción del sistema está conformada por tuberías de PVC de 1 MPa, con un diámetro de 90 mm desde la captación Guacanguillas 1 hasta el tanque de unión de las captaciones con una longitud de 2.20 Km, como se observa en la Gráfica 10 y de 110 mm desde el tanque de unión de las captaciones hasta el ingreso a la planta de tratamiento con una longitud de 7.32 Km, 16 válvulas de aire, 6 válvulas de purga de sedimentos y 7 tanques rompe presión, como se muestra en la Gráfica 11, y en la Gráfica 12 se muestra los componentes del sistema de agua potable.



Gráfica 10: Perfil de la conducción de la captación Guacanguillas 1 hasta el tanque de unión.
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 11: Perfil general desde el tanque de unión de las captaciones hasta la PTAP *Fuente: Elaboración propia*



Gráfica 12: Esquema general del sistema de agua potable de Pucaraloma, Fuente: CATASTRO ETAPA EP, Elaboración propia

Componentes de la conducción:

El detalle de los componentes de la conducción se realizó mediante información obtenida del GPS y del catastro del sistema de agua potable de Pucaraloma proporcionado por ETAPA EP.

En la Tabla 14 se detallan las coordenadas UTM de las válvulas de aire y purga ubicadas a lo largo de la conducción.

Tabla 14: Coordenadas UTM de las válvulas ubicadas en la conducción

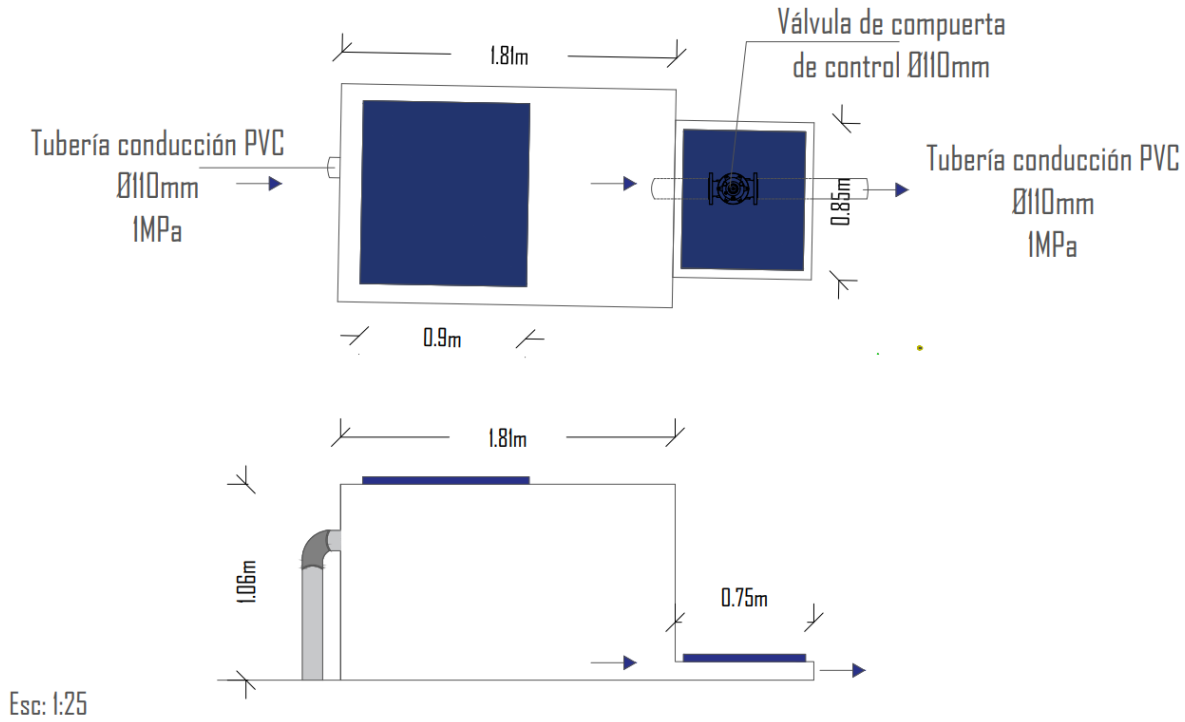
ID	COORDENADA UTM X	COORDENADA UTM Y
AIRE	701857.10	9663173.24
AIRE	702443.84	9662776.63
AIRE	703219.73	9662677.89
AIRE	703565.86	9662507.89
PURGA	703859.28	9662365.63
AIRE	704194.71	9662226.10
AIRE	704282.86	9662226.82
AIRE	704623.94	9661953.93
PURGA	704754.86	9661788.78
AIRE	704779.75	9661759.01
PURGA	705081.62	9661420.89
AIRE	705301.32	9661349.38
AIRE	705483.07	9661311.44
AIRE	705682.18	9661331.57
PURGA	705924.26	9661328.59
AIRE	706086.63	9661292.79
AIRE	706332.23	9661295.33
PURGA	707402.60	9661717.99
AIRE	707553.35	9661748.62
PURGA	707974.11	9661721.47
AIRE	708481.42	9661693.14
AIRE	708927.89	9661627.44

Elaboración propia Fuente: Catastro ETAPA EP

En la Fotografía 14 se observa las cámaras que contienen las válvulas de aire o purga.

Fotografía 14: Pozos para válvulas

Los tanques rompe presión son estructuras de hormigón, el detalle de las dimensiones se muestran en la Gráfica 13. El tanque tiene dos tuberías, la tubería de entrada y salida de la conducción de PVC de diámetro de 110mm y de clase 1MPa, válvula de compuerta de control de 110mm, un codo de hierro de 110mm. A lo largo de la conducción se ubican siete tanques, los cuales se emplean también para el lavado de la tubería de conducción y para el desfogue del caudal hacia las quebradas adyacentes en casos de emergencias en época de invierno. Junto a cada tanque se han construido una cámara de hormigón para la válvula de compuerta de control. En la Tabla 15 se indican las coordenadas de cada tanque rompe presión.



Gráfica 13: Esquema del tanque rompe presión. Elaboración: Fuente propia

Tabla 15: Coordenadas UTM de los tanques rompe presión (TRP)

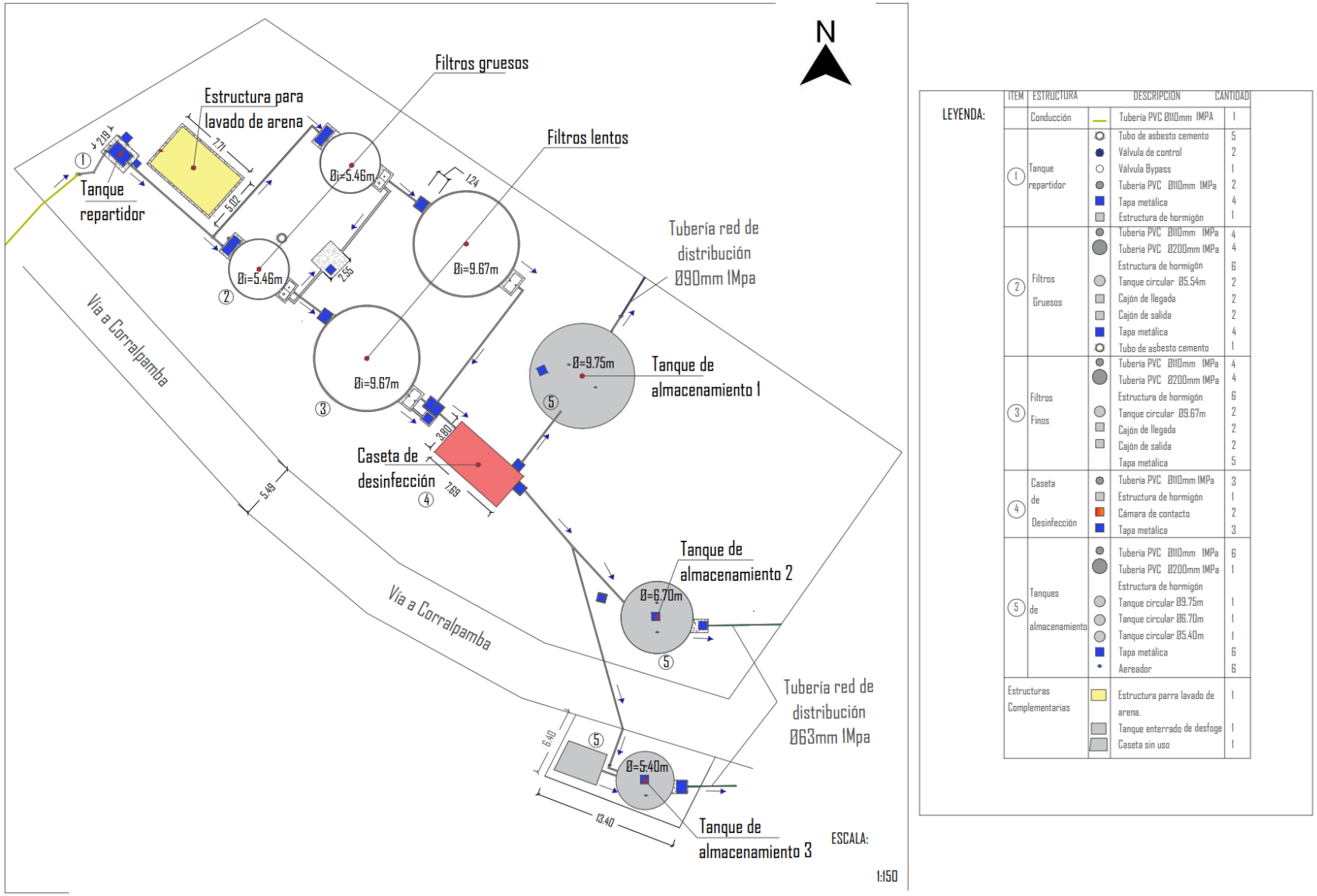
ID	COORDENADA UTM X	COORDENADA UTM Y	COTA Z
TRP	704518.09	9662098.06	3517.74
TRP	704879.71	9661646.27	3448.35
TRP	704966.50	9661547.42	3395.92
TRP	705455.01	9661310.24	3366.56
TRP	706432.41	9661316.42	3277.32
TRP	706830.88	9661428.21	3220.56
TRP	708930.81	9661628.16	3132.98

Elaboración propia Fuente: Catastro ETAPA EP. Sistema de Agua Potable Pucaraloma.

Fotografía 15: Tanque rompe presión ubicado en la conducción

3.3.4 Planta de tratamiento:

La planta de tratamiento de agua del sistema de Pucaraloma está conformada por un tanque repartidor, 2 filtros gruesos (pre-filtros) de sección circular, 2 filtros lentos de sección circular, una caseta para almacenamiento de cloro gas y junto a esta se encuentra la cámara de desinfección, 3 tanques de almacenamiento cada tanque tiene una tubería de diámetros: 63mm, 90mm que se conectan a la red de distribución, y una estructura rectangular de hormigón para el lavado de la arena. En la Gráfica 14 se observa el esquema de la planta de tratamiento de agua potable.



Gráfica 14 Esquema de la planta de tratamiento de agua potable. Fuente: Elaboración propia

3.3.4.1 Tanque repartidor

El agua proveniente de la conducción pasa por una válvula de compuerta de control al llegar a la PTAP, y se dirige hacia una segunda válvula que se instala en una tubería adicional de PVC de 110 mm que se emplea como alternativa (bypass) permitiendo el paso directo hacia los filtros lentos, esta se abre solo en caso de que exista algún tipo de emergencia como daños en los filtros gruesos u otro elemento que no permite que la PTAP funcione con normalidad. Cuando la válvula (bypass) está cerrada, en operación normal, el agua pasa a través de una tubería de PVC de 110mm hacia otra válvula de compuerta de control ubicada en la entrada del tanque repartidor, como se observa en la Fotografía 16, la cual debe estar abierta, para permitir que el agua ingrese a este.

Fotografía 16: Válvula de compuerta de control a la entrada del tanque repartidor.

El tanque repartidor es una estructura rectangular de hormigón construido sobre un muro ciclópeo, como se observa en la Fotografía 17.

Fotografía 17: Tanque repartidor de la PTAP de Pucaraloma.

En su interior, tiene un vertedero triangular, el cual forma una división del tanque con una profundidad de 0.75m, como se observa en la Fotografía 18.

Fotografía 18: Parte interna del tanque repartidor

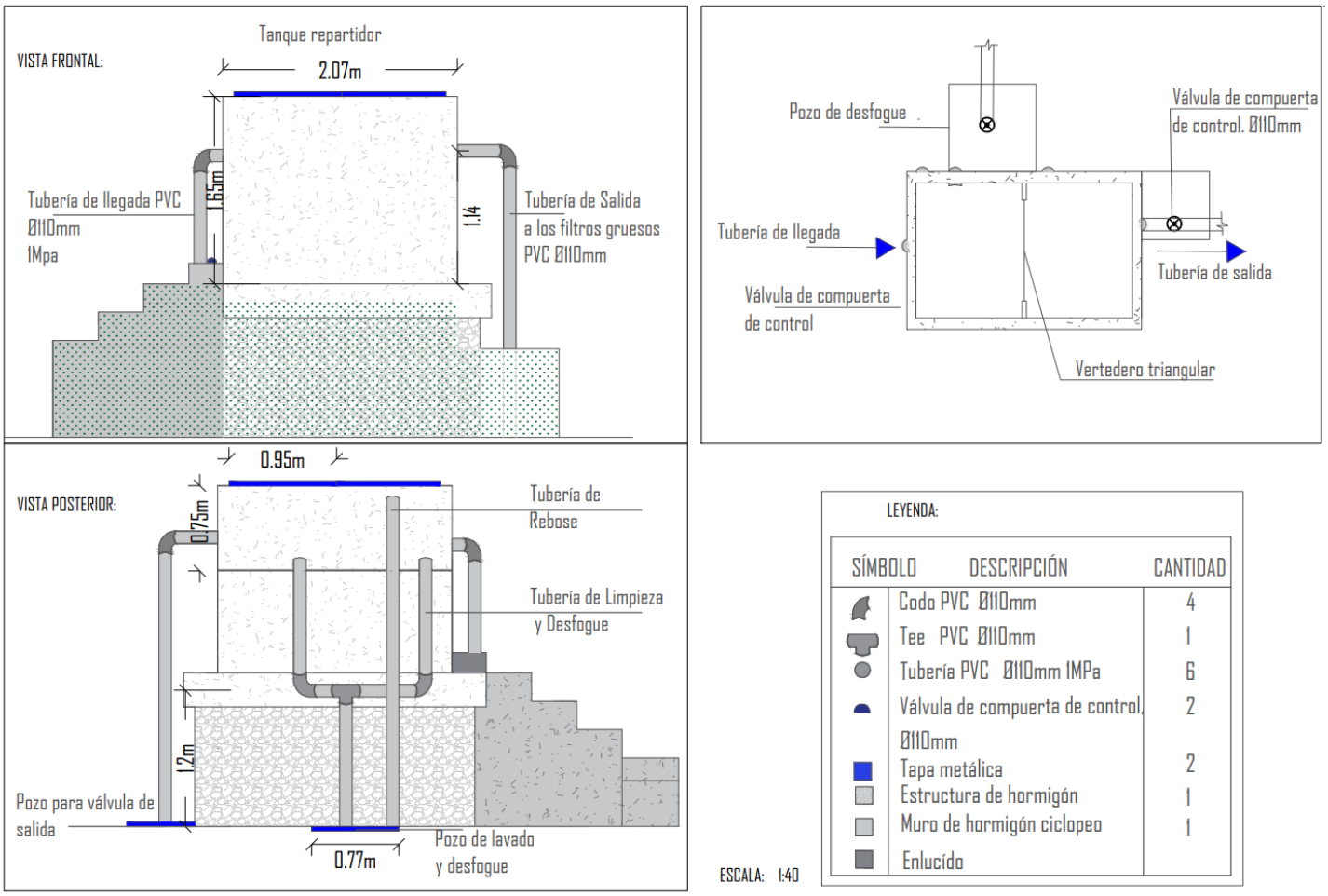
El tanque repartidor tiene cinco tuberías, en la Tabla 16 se detalla las funciones de cada una. En el caso de la tubería de salida existe una válvula de compuerta de control de 110mm, el agua de las tuberías de rebose, limpieza y desfogue se descargan en un pozo.

Tabla 16: Tuberías del tanque repartidor

Elemento	Función
Tubería de PVC 100mm 1MPa	(1) Tubería de llegada del agua. (1) Tubería de salida del agua del tanque repartidor (2) Tuberías de limpieza (1) Tubería de rebose

Elaboración propia

En la Gráfica 15, se detalla las dimensiones y elementos del tanque repartidor de la PTAP.



Gráfica 15: Esquema del tanque repartidor. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.2 Filtros gruesos

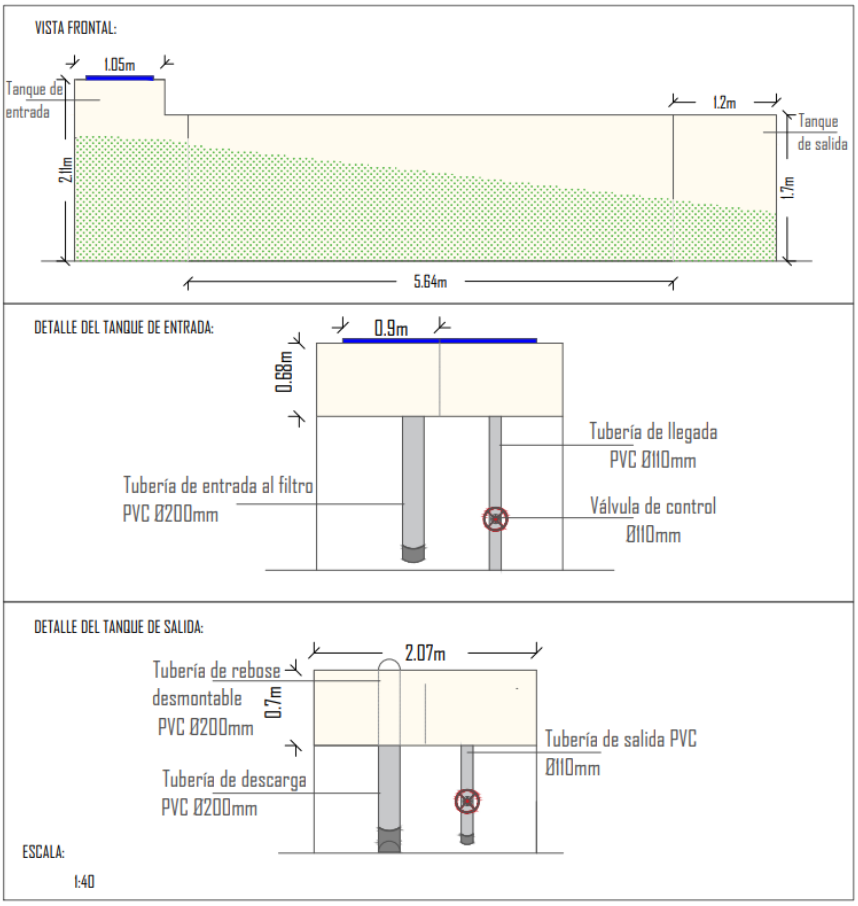
De la tubería de salida del tanque repartidor el agua se distribuye hacia los 2 filtros gruesos por medio de 2 tuberías de PVC de 110 mm. Los filtros gruesos son estructuras de hormigón de sección circular de un diámetro de 5.64m, como se observa en la Fotografía 19.

Cada filtro grueso tiene un tanque de llegada y el agua ingresa al filtro por una tubería de PVC de 110 mm, junto a esta se encuentra también la tubería de ingreso hacia el filtro grueso de 200 mm como se muestra en la Fotografía 20. El diámetro interno de los filtros gruesos es de 5.46 m. A la salida del filtro existe un tanque con 2 tuberías de PVC, una de 110 que es la de salida del agua hacia los filtros lentos y la otra de 200 mm que sirve como tubería de desfogue y de lavado, esta tubería es desmontable en el tanque de salida para permitir el desfogue del agua a través de la tubería que se encuentra a nivel del piso del tanque, como se muestra en la Fotografía 21, se presenta un esquema del filtro grueso en la Gráfica 16.

Fotografía 19: Filtros gruesos

Fotografía 20: Tanque de llegada al filtro grueso

Fotografía 21: Salida del filtro grueso



LEYENDA:

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	Codo PVC Ø110mm	8
	Tee PVC Ø110mm	2
	Tubería PVC Ø110mm	4
	Tubería PVC Ø200mm	4
	Válvula de control Ø110mm	4
	Tapa metálica	4
	Tanque circular de hormigón	2

Gráfica 16: Esquema de los filtros gruesos. Fuente: Elaboración propia

3.3.4.3 Filtros lentos

Los filtros lentos del PTAP son estructuras de hormigón de sección circular de un diámetro de 9.83m, como se observa en la Fotografía 22.

Fotografía 22: Filtros lentos

El tanque de llegada del filtro lento se observa en la Fotografía 23 tiene 2 tuberías PVC de 110 mm, una de ellas está enterrada y conduce el agua desde el filtro grueso hacia el tanque de llegada del filtro lento, otra tubería permite el ingreso del agua del tanque de llegada hacia el interior del filtro lento.

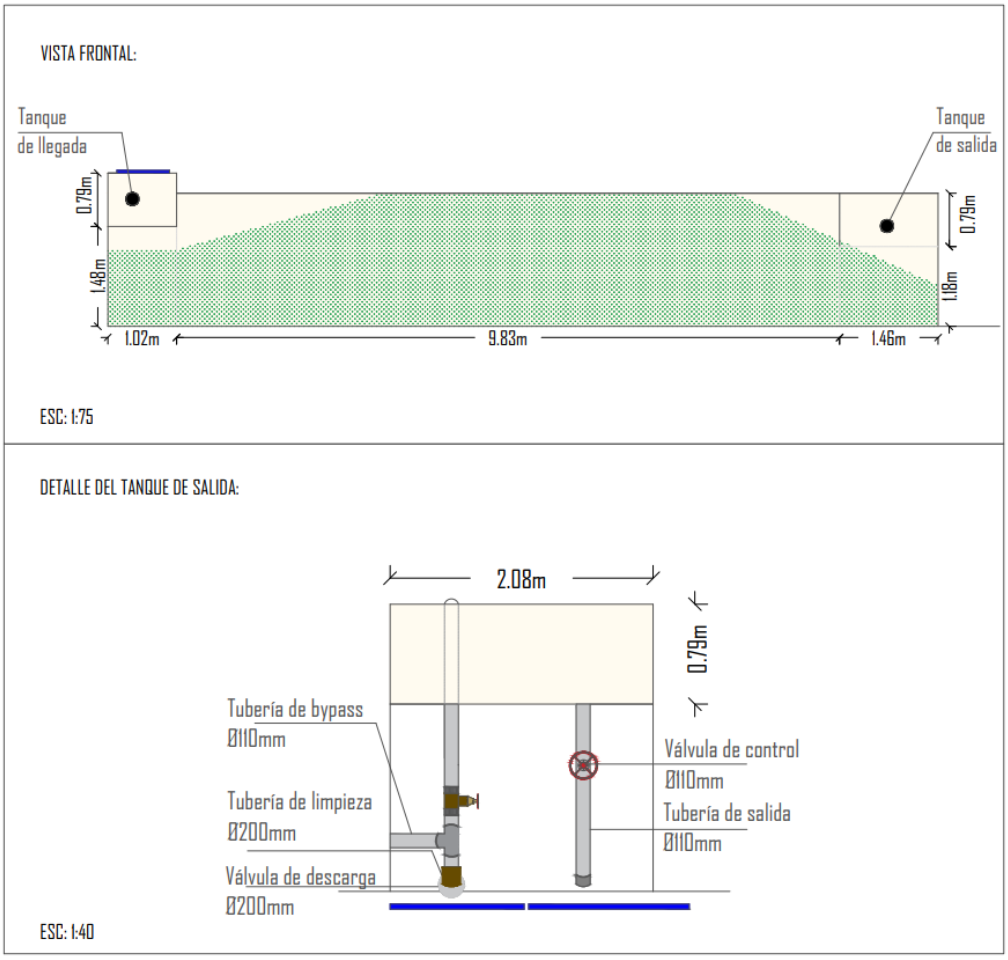
Los 2 filtros lentos están conectados entre sí por medio de una tubería de PVC de 110 mm.

Los filtros lentos tienen un diámetro interno de 9.67 m, que ocupan 3 capas de árido de espesor de 30 cm separadas por mallas plásticas, y una tubería filtrante de PVC de 200mm que se conecta con la tubería de desfogue por medio de una tee como se observa en la Fotografía 24.

A la salida del filtro existe un tanque con 2 tuberías de PVC, una de 110 mm que es la de salida del agua hacia la unión con la tubería del otro filtro lento y posteriormente lleva el agua hacia la cámara de desinfección, y la tubería de PVC de 200 mm que sirve como para el desfogue y lavado, a esta se une la tubería que conecta con el bypass de la entrada, en la Fotografía 24 se observan estas tuberías. Se muestra un esquema del filtro lento en la Gráfica 17.

Fotografía 23: Tanque de llegada del filtro lento

Fotografía 24: Salida del filtro lento



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	Codo PVC Ø110mm	7
	Tee PVC Ø110mm	2
	Tubería PVC Ø110mm	5
	Tubería PVC Ø200mm	2
	Válvula de control Ø110mm	4
	Válvula de control Ø110mm	1
	Tapa metálica	4
	Tanque circular de hormigón	2

Gráfica 17: Esquema de los filtros finos. Fuente: Elaboración propia

En la Fotografía 25 se muestra los filtros gruesos y lentos de la planta de tratamiento de agua potable.

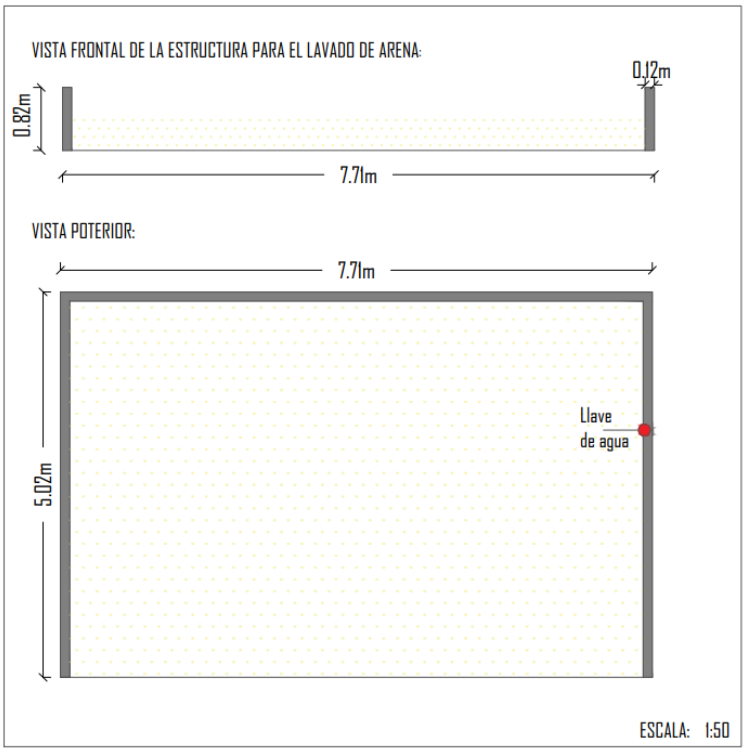
Fotografía 25: Filtros gruesos y filtros lentos de la planta de tratamiento de Pucaraloma

3.3.4.4 Estructura para el lavado y secado de arena

La arena se lava y se deja secar para su reutilización en el filtro lento cuando se realiza el lavado del mismo, para esto existe una estructura de hormigón de forma rectangular con una tubería flexible que se emplea para el lavado, como se muestra en la Fotografía 26.

Fotografía 26: Estructura para lavado de arena de la planta de tratamiento de Pucaraloma

En la Gráfica 18 se detallan las dimensiones de la estructura para el lavado de arena.



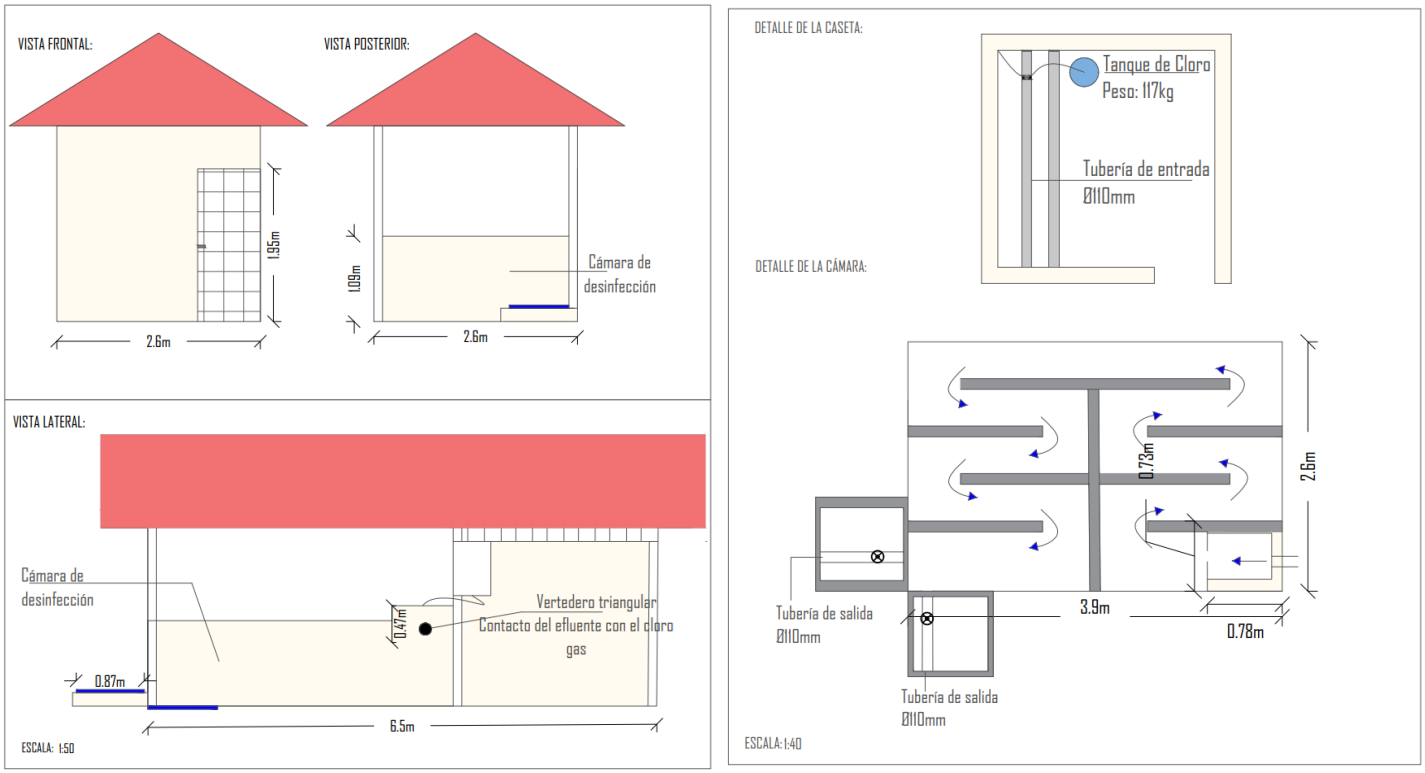
Gráfica 18: Estructura de lavado

3.3.4.5 Caseta de almacenamiento del cloro gas y cámara de desinfección

Luego de pasar por la unión de las tuberías a la salida de los 2 filtros lentos, el agua ingresa a la cámara de desinfección por medio de una tubería de PVC de 110 mm, el agua es desinfectada empleando un cilindro de cloro gas que se coloca dentro de la caseta de almacenamiento, su peso aproximado es de 117.6 kg. Para realizar la mezcla con el agua se utiliza una tubería flexible que va conectada desde el cilindro hasta la entrada de la cámara de desinfección.

La cámara de desinfección consiste de un tanque en donde se mezcla el cloro gas con el agua filtrada, existe un vertedero triangular en la entrada, se muestra un esquema de la misma en la Gráfica 19.

Fotografía 27: Cámara de desinfección y caseta para el cilindro de cloro gas



LEYENDA:

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	Codo PVC Ø110mm	5
	Tubería PVC Ø110mm	4
	Tanque de cloro gas	1
	Válvula de control Ø110mm	2
	Placa metálica "V"	1
	Tapa metálica	2

Gráfica 19: Esquema de la cámara de contacto y caseta del cilindro de cloro gas. Fuente: Elaboración propia

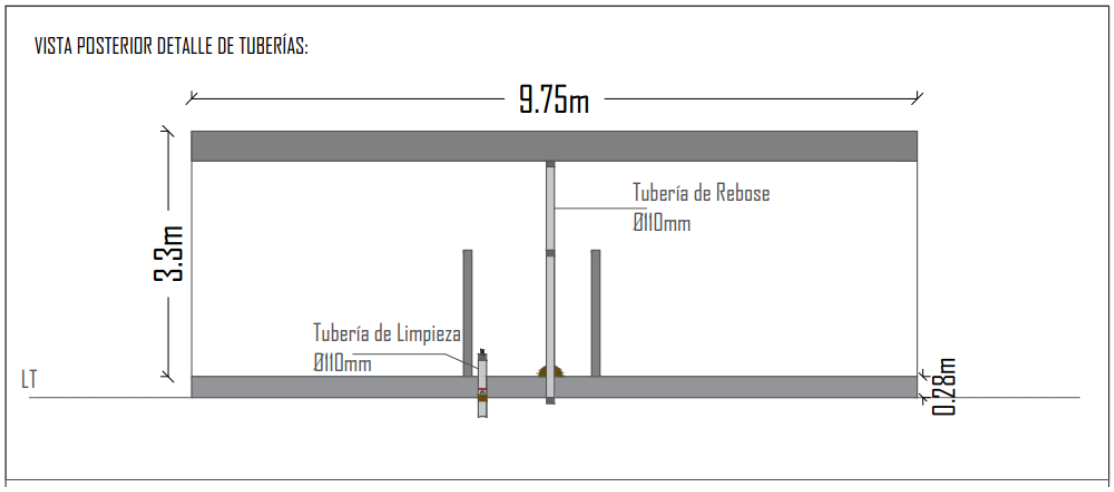
3.3.4.6 Tanques de almacenamiento

Desde la cámara de contacto y por medio de 3 tuberías de PVC de 110 mm, el agua se distribuye hacia 3 tanques de almacenamiento de hormigón armado.

El tanque de almacenamiento de mayor capacidad es de 200 m^3, la tubería de salida del tanque hacia la red de distribución de agua potable es de PVC de diámetro igual a 90mm y clase de 1Mpa. Este tanque se encuentra dentro de la planta de tratamiento, tiene sección circular con un diámetro externo de 9.75m y es semienterrado como se observa en la Fotografía 28 y Fotografía 29. Se muestra un esquema de este tanque en la Gráfica 20.

Fotografía 28:Tanque de almacenamiento de 200m3

Fotografía 29:Vista posterior del tanque de almacenamiento de 200 m3.



Gráfica 20: Esquema de la vista posterior del tanque de almacenamiento de 200 m3. Fuente: Elaboración propia.

El segundo tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 50m^3, la tubería de salida del tanque hacia la red de distribución de agua potable es de PVC de diámetro igual a 63mm y clase de 1Mpa.está construido dentro de la planta de tratamiento, tiene sección circular con un diámetro externo de 6.70m y está enterrado como se observa en la Fotografía 30.

Fotografía 30:Tanque de almacenamiento de 50m3.

El tercer tanque de almacenamiento está construido fuera de la planta de tratamiento, es de sección circular con un diámetro externo de 5.40m, la tubería de salida del tanque hacia la red de distribución de agua potable es de PVC de diámetro igual a 63mm y clase de 1Mpa.y está enterrado. Está cercado para evitar el ingreso de personas no autorizadas, ver Fotografía

31. Han construido una caseta al lado de este tanque y al momento de la inspección no tenía ningún uso.

Fotografía 31:Tanque de almacenamiento cercado.

3.4 Evaluación general básica del sistema de agua potable de Pucaraloma

3.4.1 Captaciones

3.4.1.1 Inspección hidráulica de las captaciones

Se ha realizado el cálculo de la capacidad máxima de la conducción desde la captación Guacanguillas 1 y Caspishitana 3 hasta el tanque de unión, y de la Caspishitana 2 hasta la tubería que se conecta con la tubería de salida del tanque de unión antes de ingresar a los desarenadores.

Se ha estimado la capacidad máxima para cada captación mediante Manning para tubería llena y con la ecuación de Hazen Williams, por lo tanto, se emplea los datos presentados en la Tabla 17.

Tabla 17: Datos de las captaciones para obtener su capacidad.

Datos	Guacanguillas 1	Caspishitana 2	Caspishitana 3
Cota final (msnm)	3653.19	3585.01	3579.70
Cota inicial (msnm)	3578.82	3575.02	3578.82
Longitud (m)	2176.83	278.74	16.75
Pendiente (m/m)	0.03	0.07	0.05
Diámetro externo (mm)	90	110	110

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 18 se muestran los resultados utilizando Manning con un coeficiente n= 0.010 para PVC en condiciones de servicio, a continuación, en la ecuación (1) se presenta la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (1)$$

Donde:

Q= Caudal (m3/s)

A= Área de la tubería (m2)

Rh= Radio hidráulico (m) = Área/Perímetro

S= Pendiente de la tubería (m/m)

n= Coeficiente de Manning

Tabla 18: Resultados de capacidad y velocidad de conducción de cada captación con Manning

Guacanguillas 1			Caspishitana 2			Caspishitana 3		
Caudal	7.50	l/s	Caudal	13.27	l/s	Caudal	16.06	l/s
Velocidad	1.4	m/s	Velocidad	1.64	m/s	Velocidad	1.98	m/s

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 19 se muestran los resultados utilizando la ecuación (2) de Hazen Williams con un coeficiente de transporte igual a 140 para PVC.

$$Hf = \frac{1.21957 * 10^{10} * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}} \quad (2)$$

Donde:

Hf= pérdida de carga en (m)

L= Longitud del tramo en (m)

Q= Caudal (l/s)

C= Coeficiente de transporte

D= Diámetro interno de la tubería (mm).

Tabla 19: Resultados de capacidad y velocidad máximas de conducción de cada captación con Hazen Williams

Guacanguillas 1			Caspishitana 2			Caspishitana 3		
Caudal	8.62	l/s	Caudal	10.82	l/s	Caudal	16.83	l/s
Velocidad	1.6	m/s	Velocidad	1.33	m/s	Velocidad	2.08	m/s

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2 Inspección física de las captaciones

La conducción en las tres captaciones es una tubería de PVC de 110 mm de 1MPa sin rejilla de entrada.

No existe cerramiento en ninguna captación y el camino hacia estas no se encuentra señalizado, en ciertos tramos el suelo es pantanoso generando un problema al momento de llegar a las mismas, especialmente a la captación Guacanguillas 1. Se observa que hay tramos de tubería expuesta a la intemperie por lo tanto son propensas a roturas, picaduras o fisuras producidos por animales o caída de rocas, así como al desgaste debido a la luz solar, como se observa en la Fotografía 32.

Fotografía 32: Tuberías expuestas en diferentes tramos

3.4.1.2.1 Captación Guacanguillas 1

Mediante la inspección física se observa que la pared superior del dique se encuentra manchada y con presencia de moho, se presenta un pequeño desprendimiento en la parte superior pero no se observan fisuras que indiquen un mayor desgaste o que imposibiliten que

el dique funcione. Aguas abajo de la captación el agua fluye hacia un camino rocoso y continúa su recorrido por la quebrada, ver Fotografía 33 a).

Respecto a la tubería que permite la captación, visualmente se encuentra en buen estado, aunque está manchada y no existe un filtro que impida que contaminantes o basuras de origen natural o que sean arrastradas por la quebrada ingresen a la misma como se muestra en la Fotografía 33 b).

Fotografía 33: Estado físico de la captación Guacanguillas 1: a) moho y desprendimiento de la parte superior del dique, b) tubería PVC manchada y sin filtros

3.4.1.2.2 Captación Caspishitana 2

Mediante la inspección física se observa que la estructura de hormigón no presenta fisuras o grietas, que alteren su comportamiento estructural. Sin embargo, se verifican otros mecanismos de deterioro como la meteorización, decoloración y manchado debido a las acciones biológicas y químicas, las cuales producen que las paredes del azud adquieran el color propio del agua de la vertiente y se origine crecimiento de musgos, como se observa en la Fotografía 34 a).

En esta captación hay una malla colocada a lo largo del embalse, la misma presenta roturas, por lo que no evita completamente el ingreso de plantas o animales. Se observa sobre la malla una cantidad considerable de arena, como se muestra en la Fotografía 34 b).

Fotografía 34: a) Estado físico de la captación Caspishitana 2, b) Malla colocada a lo largo del embalse

Las estructuras de hormigón de los tanques de la captación se encuentran en general en buen estado, sin embargo, existe decoloración y manchado de las paredes, y lixiviación lo que provoca el desprendimiento del enlucido externo. Las paredes en la parte inferior y la tubería PVC filtrante presentan coloración debido a los minerales que contiene el agua como se observa en la Fotografía 35.

Fotografía 35: Estado físico del tanque de la captación Caspishitana 2

3.4.1.2.3 Captación Caspishitana 3

El agua de la captación 3 presenta un color rojizo muy notorio, las paredes internas de hormigón y la tubería de PVC se han manchado, no existen grietas notorias importantes en la parte interna de la estructura y se observa la presencia de musgo en la pared interna, la parte superior del azud se encuentra manchada y se observa una fisura que no representa un mayor problema para el funcionamiento de la captación, ver Fotografía 36.

En el embalse y en la tubería destinada a la captación, no existe una malla o filtro que impida el paso de contaminantes de gran tamaño que sean arrastrados por el agua.

Fotografía 36: Estado de la captación 3, manchas y grieta en la superficie

Junto a la pared del margen derecho de la estructura de hormigón existe una acequia por donde una parte del agua pasa sin problema y sigue su curso por la quebrada cuando no se capta el agua de esta fuente, por esta razón la parte externa de esta pared también se encuentra manchada.

3.4.1.2.4 Tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3

Se observa que las estructuras de hormigón tanto del tanque de unión como de la cámara para la válvula están en buen estado, sin embargo, alrededor del marco de las tapas está creciendo musgo y las paredes y tuberías al interior del tanque presentan coloración rojiza, la pintura de las tapas metálicas está desgastada y en algunas zonas existe corrosión, ver Fotografía 37.

Fotografía 37:Estado físico del tanque de unión de las captaciones 1 y 3

3.4.1.2.5 Desarenadores

El área de los desarenadores está delimitada por un cerramiento de malla y tubos de hierro galvanizado como se observa en la Fotografía 38, que se encuentran en un buen estado, protegiendo la zona del ingreso de personal ajeno o animales.

Fotografía 38: Cerramiento de la zona de desarenadores

Los tanques que permiten la entrada del agua a los desarenadores se encuentran en buen estado. Las paredes de hormigón presentan decoloración y manchado provocados por el agua y las condiciones climáticas propias de la zona. Se observa la presencia de grietas capilares producidas por el procedimiento incorrecto de acabado y curado del hormigón, estas grietas no afectan al funcionamiento de los desarenadores. Las tapas metálicas presentan corrosión, por lo que la pintura está desgastada. La Fotografía 39 muestra el estado de los tanque de llegada del desarenador derecho.

Fotografía 39: Tanques de entrada del desarenador derecho.

Los vertederos de ambos desarenadores tienen corrosión por lo que están oxidados desgastados, en la Fotografía 41 se puede observar el estado de uno de ellos.

Fotografía 40: Vertedero del desarenador derecho

Los desarenadores presentan meteorización, manchado de las paredes de la estructura. El desarenador izquierdo presenta grietas en la pared y en la parte baja se puede observar la presencia de agua, misma que puede indicar una posible filtración, como se muestra en la Fotografía 41. El desarenador presenta decoloración y manchas producidas las características del agua, por el cambio de humedad, se observa también la presencia de fisuras, producidos por los ciclos de humedecimiento y secado, Fotografía 42. Se observó que en las uniones de la tubería de rebose con el desarenador se encuentran flojas por lo tanto están sujetas a filtraciones.

Fotografía 41: Mecanismo de deterioro: Grietas en la pared del desarenador izquierdo.

Fotografía 42: Mecanismo de deterioro: Manchas en el desarenador derecho

La cámara de las válvulas de los dos desarenadores, presenta decoloración y manchado, se observa que las válvulas presentan corrosión y desgaste en la pintura, como se observa en la Fotografía 43.

Fotografía 43: Mecanismo de deterioro: Manchado y decoloración de la cámara de válvulas

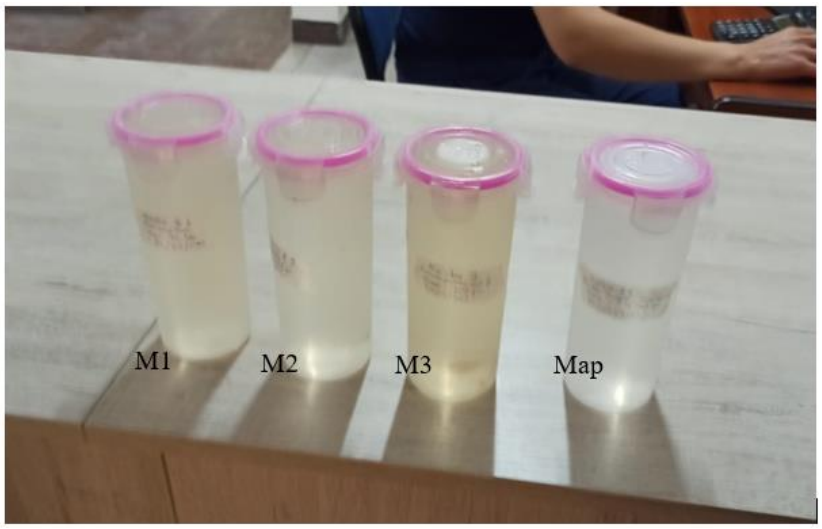
El diseño hidráulico de los desarenadores presenta algunos problemas, tales como:

- El agua ingresa a través de un vertedero triangular hacia el cuenco amortiguador, este no tiene una longitud adecuada para que la energía se pueda disipar antes de ingresar al desarenador, por lo que flujo es turbulento.
- La tubería filtrante se encuentra instalada en el fondo de los desarenadores, por lo tanto, el agua clarificada se capta desde esta zona y los sedimentos al acumularse en el fondo pueden ingresar por medio de esta tubería o incluso puede llegar a enterrarla y obstruir el paso del agua hacia la conducción.

3.4.1.3 Evaluación sanitaria de las captaciones

Para realizar la evaluación sanitaria se tomaron 4 muestras de agua, ver Fotografía 44. M1 pertenece a la Captación Guacanguillas 1, M2 a la captación Caspishitana 2, M3 a la captación Caspishitana 3 y Map a la planta de tratamiento de agua potable.

De acuerdo a las características y naturaleza de la zona, para el análisis físico químico del agua de las captaciones se eligieron los siguientes ensayos: en cuanto a los aspectos físicos se realizaron pruebas de color y turbiedad, para las características químicas se realizaron análisis de pH y hierro.



Fotografía 44: Muestras de agua de cada captación y del agua potable del sistema.

3.4.1.3.1 Captación Guacanguillas 1

Según la inspección organoléptica realizada el agua de la captación 1, presenta coloración y turbiedad. Los resultados obtenidos del análisis se detallan en la Tabla 20. En donde se determina que la muestra de agua tiene 14 unidades de color aparente debido a la combinación de la materia orgánica de origen vegetal (embalse expuesto a la intemperie) y de la presencia de iones metálicos de Fe en 3,15mg/l. El agua tiene una turbiedad de 7 NTU, en

relación al pH presenta 6 unidades, y de acuerdo a lo descrito en la sección de aspectos químicos este valor es adecuado para el tratamiento de agua cruda mediante desinfección con cloro.

Tabla 20: Resultados de análisis de los ensayos de la muestra de agua de la captación 1.

MSV LABORATORIO
Análisis de alimentos, aguas y suelos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-474-22
Orden de ingreso: OI-204-22
Cuenca, 11 de Marzo del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA
Dirección: AV. YANAHURCO Y COLLA
Teléfono: 0997057092

DATOS DE LA MUESTRA

ª NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA DE RIO MUESTRA 1			
ª MARCA COMERCIAL:		**ª FABRICANTE:** KELLY POVEDA- CAROLINA CHACHA	
PROCEDENCIA: CORRAL PAMBA	**TIPO DE MUESTRA:** AGUA	**ª TIPO DE ENVASE:** ENVASE PLASTICO	
ª PRESENTACIONES: 500 ML		**ª FORMA DE CONSERVACION:** REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: OI20422	**ª LOTE:**	**ª FECHA ELAB:** 2022-02-24	**ª FECHA CAD:**
FECHA RECEPCION: 2022-02-25	**FECHA ANALISIS:** 2022-02-25 - 2022-03-11	**FECHA ENTREGA:** 2022-03-11	
ENSAYO EN: LABORATORIO	**MUESTREO:** CLIENTE	**NUMERO DE MUESTRAS:** UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*COLOR	APHA 2120 B - COLORIMETRIA	PT-Co	14	---
*HIERRO	APHA 3111-B - COLORIMETRIA	mg/L	3.15	---
PH	APHA 4500H-B / PEMSVFQ001 - POTENCIOMETRICO	upH	6	±3.99%
*TURBIDEZ	APHA 2130 B - TURBIDIMETRIA	NTU	7	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Fuente: MSV LABORATORIO

3.4.1.3.2 Captación Caspishitana 2

Mediante la inspección se observa que el agua de la captación Caspishitana 2 tiene menor coloración que el agua de las otras captaciones, además, que no se percibieron olores desagradables al momento de la inspección.

Los resultados obtenidos del análisis físico químico se detallan en la Tabla 21 donde se determina que la muestra de agua contiene 12 unidades de color aparente debido a la combinación de la materia vegetal y de la presencia de Fe en 1,02 mg/L, el pH es de 6.13 unidades y se encuentra en el rango de [6 a 9.5] unidades, por lo que el proceso de desinfección con cloro es adecuado ya que en este rango se logra un mayor poder bactericida. La turbiedad en esta fuente es de 7 NTU.

Tabla 21: Resultados de análisis de los ensayos de la muestra de agua de la captación 2.

MSV LABORATORIO
Análisis de alimentos, aguas y suelos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-475-22
Orden de ingreso: OI-205-22
Cuenca, 11 de Marzo del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA
Dirección: AV. YANAHURCO Y COLLA
Teléfono: 0997057092

DATOS DE LA MUESTRA

²NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA DE RIO MUESTRA 2			
²MARCA COMERCIAL: N/A		**²FABRICANTE:** KELLY POVEDA- CAROLINA CHACHA	
PROCEDENCIA: CORRAL PAMBA	**TIPO DE MUESTRA:** AGUA	**²TIPO DE ENVASE:** ENVASE PLASTICO	
²PRESENTACIONES: 500 ml		**²FORMA DE CONSERVACION:** REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: OI20522	**²LOTE:** N/A	**²FECHA ELAB:** 2022-02-24	**²FECHA CAD:**
FECHA RECEPCION: 2022-02-25	**FECHA ANALISIS:** 2022-02-25 - 2022-03-11	**FECHA ENTREGA:** 2022-03-11	
ENSAYO EN: LABORATORIO	**MUESTREO:** CLIENTE	**NUMERO DE MUESTRAS:** UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*COLOR	APHA 2120 B - COLORIMETRIA	PT-Co	12	---
*HIERRO	APHA 3111-B - COLORIMETRIA	mg/L	1.02	---
PH	APHA 4500H-B / PEMSVFQ001 - POTENCIOMETRICO	upH	6.13	±3.99%
*TURBIDEZ	APHA 2130 B - TURBIDIMETRIA	NTU	7	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Fuente: MSV LABORATORIO

3.4.1.3.3 Captación Caspishitana 3

La inspección organoléptica realizada permitió observar que este reservorio presenta mayor coloración y turbiedad. Los resultados obtenidos del análisis físico químico se detallan en la Tabla 22, en donde se determina que la muestra de agua tiene 30 unidades de color aparente debido a la combinación de la materia vegetal y del Fe, presenta la mayor turbiedad de todas las muestras con un valor 20 NTU, de acuerdo a la Tabla 8, la fuente de abastecimiento

es buena, por lo que se requiere filtración y desinfección. El pH presente es de 5,70 unidades, con relación a las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 2, este valor es menor, porque, el pH fue afectado por el Fe, ya que en esta captación presenta una mayor concentración siendo de 4,4 mg/l.

Tabla 22 Resultados de análisis de los ensayos de la muestra de agua de la captación 3.

MSV LABORATORIO
Análisis de alimentos, aguas y suelos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-476-22
Orden de ingreso: OI-206-22
Cuenca, 11 de Marzo del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA
Dirección: AV. YANAHURCO Y COLLA
Teléfono: 0997057092

DATOS DE LA MUESTRA

²NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA DE RIO MUESTRA 3			
²MARCA COMERCIAL: N/A		**²FABRICANTE:** KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA	
PROCEDENCIA: CORRAL PAMBA	**TIPO DE MUESTRA:** AGUA	**²TIPO DE ENVASE:** ENVASE PLASTICO	
²PRESENTACIONES: 500 ml		**²FORMA DE CONSERVACION:** REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: OI20622	**²LOTE:** N/A	**²FECHA ELAB:** 2022-02-24	**²FECHA CAD:**
FECHA RECEPCION: 2022-02-25	**FECHA ANALISIS:** 2022-02-25 - 2022-03-11	**FECHA ENTREGA:** 2022-03-11	
ENSAYO EN: LABORATORIO	**MUESTREO:** CLIENTE	**NUMERO DE MUESTRAS:** UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*COLOR	APHA 2120 B - COLORIMETRIA	PT-Co	30	---
*HIERRO	APHA 3111-B - COLORIMETRIA	mg/L	4.4	---
PH	APHA 4500H-B / PEMSVFQ001 - POTENCIOMETRICO	upH	5.695	±3.99%
*TURBIDEZ	APHA 2130 B - TURBIDIMETRIA	NTU	20	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Fuente: MSV LABORATORIO

3.4.1.3.4 Calidad de agua de las captaciones

De acuerdo a la Tabla 8 así como de los resultados de análisis físico químicos del agua de cada una de las captaciones, mismas que se muestran en la Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22, la calidad tanto de la fuente de la captación Guacanguillas 1 como de la captación Caspishitana 2 es excelente y solo se requiere tratamiento de desinfección, mientras que la calidad de la captación Caspishitana 3 es buena y requiere el tratamiento de filtración y desinfección.

Según la Tabla 9 la calidad de la fuente tanto de la captación Guacanguillas 1 como de la captación Caspishitana 2 es regular y requiere procesos de filtración, desinfección y estabilización. No se concluye la calidad de la fuente 3 ya que en cuanto al color se encuentra clasificada como fuente deficiente, mientras que en función de la turbiedad se la clasifica como regular.

El agua al ser conducida hacia la PTAP, se mezcla, por lo que se considera, los parámetros más desfavorables, y el tratamiento requerido para la captación Caspishitana 3, siendo el pH de 5,70 unidades, la turbiedad de 20 NTU, el color con 30 unidades de color aparente y la presencia de Fe en 4,4 mg/l. El valor del pH, puede variar al momento de tratar el agua, por lo tanto, no representa un mayor problema, debido a que está por debajo del valor referencial establecido [6 a 9.5] unidades.

3.4.2 Conducción

3.4.2.1 Inspección hidráulica

Se realiza el cálculo de la capacidad de la conducción desde los desarenadores con cota inicial de 3568.87 msnm hasta la PTAP con cota 3049 msnm, y una longitud de 7192.63m, por lo que, se emplea la ecuación (1) de Manning para sección llena y la ecuación (2) de Hazen Williams y los resultados se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23:Resultados capacidad de conducción

Conducción con Manning			**Conducción con Hazen** Williams		
Caudal	18.83	l/s	Caudal	22.85	l/s
Velocidad	2.32	m/s	Velocidad	2.82	m/s

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al perfil realizado en la Gráfica 11, la ubicación de las válvulas de aire y purga, se encuentran en el lugar adecuado, ya que, permiten la entrada o expulsión de aire y la evacuación de sedimentos.

3.4.2.2 Inspección física

La tubería PVC de 90mm conduce el agua proveniente de la captación Guacanguillas 1 y de la captación Caspishitana 3, esta tubería se une a la tubería PVC de 110mm que conduce el agua de la captación Caspishitana 2. Esta unión está expuesta a la intemperie como se observa en la Fotografía 45, por lo tanto, está sujeta tanto al deterioro propio por los factores ambientales como a golpes por rocas, animales, o afectada por vandalismo.

Fotografía 45: Unión de las tuberías de conducción de las captaciones

A lo largo de la conducción, se encontró tramos que son visibles y en ellos la tubería está cubierta de agua ya que el terreno es pantanoso, esto provoca que la tubería adquiera un

color rojizo. Se observó basura sobre la tubería como por ejemplo botellas, como se observa en la Fotografía 46, estas tuberías están propensas a los cambios climáticos ya que están en la intemperie sin protección. En ciertos tramos de la conducción el acceso fue imposible, ya que no era seguro debido a la geomorfología del terreno.

Fotografía 46: Tuberías PVC de la conducción

Los tanques rompe presiones se encuentran en buen estado, no presentan fisuras o desprendimientos que afecten a su funcionamiento, sus paredes externas presentan decoloración y manchado, se observa también el desarrollo de moho, como se observa la Fotografía 47 a), la tubería de la conducción que está expuesta al ingreso del tanque está manchada como se observa en la Fotografía 47 b), pero esto no afecta a su funcionamiento.

Fotografía 47: Estado general de uno de los tanques rompe presiones: a) Paredes manchadas y moho, b) Tubería expuesta al ingreso

Las tapas metálicas presentan en ciertas zonas corrosión, especialmente en la zona donde se coloca el candado, también se observa la presencia de restos de material orgánico por la presencia de vegetación en la zona como se muestra en la Fotografía 48 y al momento de abrir los tanques estos residuos pueden ingresar al tanque y posteriormente a la conducción.

Fotografía 48:Tapa metálica y presencia de residuos en el tanque rompe presiones

Las estructuras que contienen las válvulas de aire y purga se encuentran en buen estado funcional, sin embargo, las tapas presentan decoloración y están rodeadas de plantas que tratan de introducirse a las estructuras como se observa en la Fotografía 49.

Fotografía 49: Pozos para válvulas de purga o aire

3.4.3 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento se encuentra protegida por un cerramiento de hormigón ciclópeo, malla galvanizada, tubos de acero y alambre de púa en la parte superior como se observa en la Fotografía 50.

Fotografía 50: Cerramiento de la PTAP.

3.4.3.1 Inspección hidráulica

El caudal que ingresa a la planta no es medido, sin embargo, se tiene una aproximación por parte del operador aproximadamente que el caudal que ingresa a la PTAP es de 6L/s.

El sistema posee un vertedero triangular dentro del tanque repartidor, mismo que no se encuentra funcionando adecuadamente ya que no está calibrado y el operador solo tiene una marca de un aforo anteriormente realizado con la que obtiene una aproximación del caudal que ingresa.

En la cámara de desinfección no existe un caudalímetro por lo tanto no se tiene una medida exacta del caudal de agua que se va a desinfectar.

3.4.3.2 Inspección física

3.4.3.2.1 Tanque repartidor

La estructura de hormigón del tanque en general se observa en buen estado, la pintura de las paredes externas está desgastada y se presentan manchas de color oscuro y pequeñas grietas debidas a la humedad, ver Fotografía 51 a).

Las tapas metálicas presentan desgaste de la pintura y oxido en la parte superior y en la manija, las paredes y tuberías internas del tanque están manchadas de un color rojizo debido a la presencia de hierro en el agua que ingresa al tanque como se observa en la Fotografía 51 b).

Fotografía 51: Estado del cajón de llegada: a) interior del tanque, b) estado de las paredes exteriores

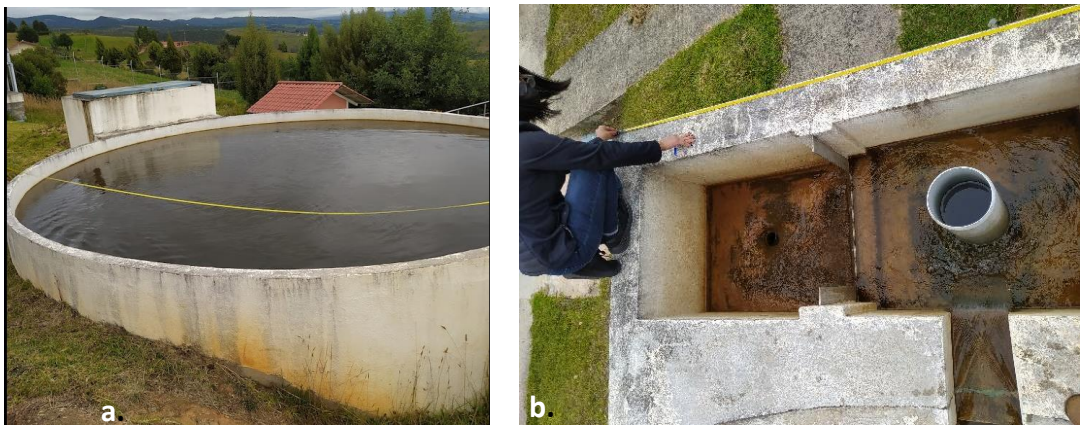
3.4.3.2.2 Filtros gruesos

Las tuberías de PVC que conectan al tanque repartidor con los dos filtros gruesos se encuentran enterradas.

Las paredes de las estructuras de entrada al filtro grueso presentan decoloración y manchado, produciendo un color negro debido a la humedad, sin embargo, no sé constató la presencia de filtración de agua. Se observa que la estructura tiene grietas capilares y decoloración, y las válvulas no presentan corrosión, como se observa en la Fotografía 52. En la inspección realizada se verificó que las válvulas no presentan bloqueo o atascamiento, cierres defectuosos o actuaciones incontroladas.

Fotografía 52: Estado del tanque de llegado a los filtros gruesos

Los tanques de los filtros no presentan daños en la estructura de hormigón, pero si deterioro de la pintura en las paredes y un color anaranjado debido a la meteorización en ciertas partes en donde el filtro tiene contacto con el suelo como se observa en la Fotografía 53 a). El tanque de salida, a su vez presenta coloración en las paredes debido a las acciones bilógicas y químicas del agua. El enlucido de los filtros gruesos se mantiene conservado, el detalle se observa en la Fotografía 53 b).



Fotografía 53: Estado de los filtros gruesos: a) tanque circular, b) cajón de salida

3.4.3.2.3 Filtros lentos

Al realizar la inspección se observó que la estructura de los filtros lentos se encuentra en buen estado, las paredes al interior están manchadas de un color rojizo por el agua que ingresa tanto a tanques como al filtro y no presentan fisuras o grietas que alteren su funcionamiento, se observa que el filtro lento derecho es semienterrado y cualquier contaminante puede ingresar fácilmente, ver Fotografía 54 a). La tubería de salida de PVC de 110 mm se encuentra a la intemperie y sobre la misma se encuentra arena según la Fotografía 54 b).

Fotografía 54: a) Filtros lentos, b) tubería de salida del filtro lento derecho.

En la parte superior del filtro derecho se observa desgaste y descascaramiento de la pintura y lixiviación del hormigón que provoca el desprendimiento del enlucido, ver Fotografía 55.

Fotografía 55: Descascaramiento en la parte superior del filtro lento derecho

La pintura de la tapa metálica del tanque de llegada del filtro está desgastada y presenta corrosión, la tapa de la cámara de unión de las tuberías de los dos filtros lentos y las tapas de la cámara de la tubería de lavado y descarga están en buen estado, pero se presenta desgaste de pintura y corrosión en las manijas y sobre una de las tapas se ha colocado arena como se observa en la Fotografía 56.

Fotografía 56:Tapas de la caja de lavado y caja de unión de las tuberías de los filtros lentos

3.4.3.2.4 Caseta de desinfección:

El piso de la caseta es de baldosa se encuentra en buen estado, la pintura de las paredes en ciertas zonas se comienza a descarapelar como se observa en la Fotografía 57 a). El cilindro de cloro gas se encuentra en el interior de la caseta sin ninguna medida de seguridad como se

observa en la Fotografía 57 b). La caseta de desinfección no tiene clorímetro y dosificador, ya que se averió y no ha sido repuesto hasta la fecha de inspección.

Fotografía 57: Estado de la caseta de desinfección a) Interior de la caseta, b) cilindro de cloro gas

Debido a que la tubería que sale del cilindro es de cobre y debe conectarse a otra tubería flexible se han realizado uniones con cinta adhesiva para evitar fugas como se muestra en la Fotografía 58 a), la caseta de desinfección se emplea como bodega, esto se evidencia en la Fotografía 58 b).

Fotografía 58: a) Estado de la tubería flexible de conexión entre la cámara y el cilindro de cloro gas, b) Bodega

El enlucido de las paredes internas de la cámara de desinfección se mantiene en buen estado estructural, pero presenta decoloración y manchado debido a la acción química del agua al entrar en contacto con el hormigón. El vertedero presenta corrosión como se puede observar en la Fotografía 59.

Fotografía 59: : Estado del vertedero y pared interna de la entrada a la cámara de desinfección

La cámara de desinfección de sección rectangular no tiene una tapa que cubra toda su sección y en su lugar se emplea una plancha de fibrocemento, la pintura de las paredes laterales externas de la cámara de desinfección está desgastada, y la pintura de las tapas metálicas de los cajones de las tuberías de PVC y de las válvulas en la salida están deteriorada, por lo que requieren ser pintadas, como se muestra en la Fotografía 60. Las válvulas se operan de manera sencilla.

Fotografía 60: Cubierta de la cámara de desinfección , estado de las paredes externas y tapas de válvulas en la salida

3.4.3.3 Inspección sanitaria

De acuerdo a una inspección organoléptica, el agua no presenta color y turbiedad notoria, pero debido al tratamiento de desinfección presenta un olor evidente a cloro. El análisis de las características del agua tratada, se realiza en los tanques de almacenamiento.

3.4.4 Tanques de almacenamiento

3.4.4.1 Inspección física

Al momento de la inspección se observó que los tanques de almacenamiento se encuentran en buen estado, no presentan grietas ni fisuras profundas a su alrededor, las paredes de los tanques presentan en ciertas partes coloración negra debido a la humedad. Las tuberías de ventilación no cuentan con las mallas para evitar el ingreso de insectos o basuras que puedan ingresar a los tanques, los tanques se observan en la Fotografía 61, Fotografía 62 y Fotografía 63.

Fotografía 61: Tanque de almacenamiento del sistema con capacidad 200m3

Fotografía 62: Vista posterior del tanque de almacenamiento 2 de 50m3, tubería de ventilación y tapa metálica

Fotografía 63: Vista posterior del tanque de almacenamiento fuera de la PTAP y tubería de ventilación

La pintura de la tapa metálica del tanque de 50 m^3 está desgastada y presenta corrosión como se muestra en la Fotografía 64 a), el cerramiento y la puerta de ingreso al tanque fuera de la planta se encuentran en buen estado como se muestra en la Fotografía 63, sin embargo, la pintura en el hormigón esta desgastada y en la entrada se evidencia la presencia de musgo, ver Fotografía 64 b).

Fotografía 64: a) Tapa metálica tanque de almacenamiento 50m3, b) cerramiento del tercer tanque de almacenamiento

3.4.4.2 Evaluación sanitaria

Según los resultados obtenidos de la muestra tomada de agua potable que se detallan en la Tabla 24, se determina que el agua potable posee un valor menor a 0,5 PT Co unidades de color aparente y turbiedad menor a 1 NTU.

El cloro libre residual tiene un valor de 0,93mg/l, valor que se encuentra dentro del límite establecido (0,3 – 1.5) mg/l de acuerdo a la Tabla 1: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.

El valor del pH está en 6,46 unidades dentro del intervalo según la Tabla 3: Rango de pH del agua para consumo humano. Además, de acuerdo al valor requerido para la desinfección con cloración, con este valor, se evita la formación de los ácidos haloacéticos.

El agua contiene 21mg $CaCO_3$/l, de acuerdo a lo descrito en la sección de aspectos químicos se caracteriza como agua blanda. El contenido de Fe es de 2,01mg/l, este valor de concentración no afecta a la salud, por lo tanto, el agua puede ser suministrada.

Tabla 24: Resultados de análisis de los ensayos del agua potable de la PTAP

MSV LABORATORIO
Análisis de alimentos, aguas y suelos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-477-22
Orden de ingreso: OI-207-22
Cuenca, 11 de Marzo del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA
Dirección: AV. YANAHURCO Y COLLA
Teléfono: 0997057092

DATOS DE LA MUESTRA

²NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA POTABLE			
²MARCA COMERCIAL: N/A		**²FABRICANTE:** KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA	
PROCEDENCIA: SISTEMA DE AGUA DE PUCARALOMA	**TIPO DE MUESTRA:** AGUA	**²TIPO DE ENVASE:** ENVASE PLASTICO	
²PRESENTACIONES: 500 ml		**²FORMA DE CONSERVACION:** REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: OI20722	**²LOTE:** N/A	**²FECHA ELAB:** 2022-02-24	**²FECHA CAD:**
FECHA RECEPCION: 2022-02-25	**FECHA ANALISIS:** 2022-02-25 - 2022-03-11	**FECHA ENTREGA:** 2022-03-11	
ENSAYO EN: LABORATORIO	**MUESTREO:** CLIENTE	**NUMERO DE MUESTRAS:** UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*CLORO LIBRE RESIDUAL	APHA 4500 CL G - COLORIMETRIA	mg/L	0.93	---
*COLOR	APHA 2120 B - COLORIMETRIA	PT-Co	<0.5	---
*DUREZA TOTAL	APHA 2340 C - VOLUMETRIA	mg/L	21	---
*HIERRO	APHA 3111-B - COLORIMETRIA	mg/L	2.11	---
PH	APHA 4500H-B / PEMSVFQ001 - POTENCIOMETRICO	upH	6.46	±3.99%
*TURBIDEZ	APHA 2130 B - TURBIDIMETRIA	NTU	<1	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Fuente: MSV LABORATORIO

En la Tabla 25 se detallan los resultados microbiológicos para el agua potable, en donde se verifica que el agua, que va a ser distribuida a la población no contiene coliformes totales y fecales.

Tabla 25: Resultados de análisis microbiológicos de los ensayos del agua potable de la PTAP

MSV LABORATORIO
Análisis de alimentos, aguas y suelos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE CON ACREDITACION N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-478-22
Orden de ingreso: OI-207-22
Cuenca, 11 de Marzo del 2022

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA
Dirección: AV. YANAHURCO Y COLLA
Teléfono: 0997057092

DATOS DE LA MUESTRA

²NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA POTABLE			
²MARCA COMERCIAL: N/A		**²FABRICANTE:** KELLY POVEDA - CAROLINA CHACHA	
PROCEDENCIA: SISTEMA DE AGUA DE PUCARALOMA	**TIPO DE MUESTRA:** AGUA	**²TIPO DE ENVASE:** ENVASE PLASTICO	
²PRESENTACIONES: 500 ml		**²FORMA DE CONSERVACION:** REFRIGERACION	
CODIGO MUESTRA: OI20722	**²LOTE:** N/A	**²FECHA ELAB:** 2022-02-24	**²FECHA CAD:**
FECHA RECEPCION: 2022-02-25	**FECHA ANALISIS:** 2022-02-25 - 2022-03-02	**FECHA ENTREGA:** 2022-03-11	
ENSAYO EN: LABORATORIO	**MUESTREO:** CLIENTE	**NUMERO DE MUESTRAS:** UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(K=2)
*COLIFORMES FECALES	APHA 9222 B (10) - NMP	NMP/100ml	<1.1	---
COLIFORMES TOTALES	APHA 9221 B (10) / PEMSVMB06 - NMP	NMP/100ml	<1.1	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Fuente: MSV LABORATORIO

3.5 Inspección de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable

Para realizar la inspección y evaluación se ha recopilado información de la operación y mantenimiento del sistema de agua mediante encuestas realizadas al personal encargado de la operación y mantenimiento de este sistema. El modelo de la encuesta realizada se encuentra en el anexo 1.

3.5.1 Captaciones

Para la realización de las inspecciones a las captaciones el operador emplea el siguiente equipo para su seguridad:

1. Radio portátil
2. Celular
3. Machete o pala
4. Botas de caucho
5. Impermeabilizante
6. Guantes

3.5.1.1 Actividades realizadas por el operador en las captaciones y en los desarenadores

1. Para el funcionamiento de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 2 se necesita que el embalse tenga el nivel de agua suficiente para que esta ingrese por las tuberías laterales, mientras que para la captación Caspishitana 3 el operador debe construir una barrera al lado del embalse para que el agua no pase por la acequia existente y de esta manera el nivel de agua se eleve para ingresar a la tubería lateral de conducción. El operador abre las válvulas de compuerta de control para permitir que el agua fluya por la conducción hasta los desarenadores.

2. Para realizar el mantenimiento, el operador ejecuta una revisión y lavado del tanque de la captación Caspishitana 2 con cepillo cada 15 días. En la captación Caspishitana 2 el operador limpia la tubería filtrante para evitar obstrucciones en las inspecciones que se realizan cada 15 días.
3. El operador inspecciona y opera las válvulas de aire cada 15 días.
4. El operador realiza el lavado y desinfección de los desarenadores cada 15 días, para esto se alterna el lavado de los 2 desarenadores y emplea el siguiente procedimiento:
    1. Cierra la válvula de compuerta de control al ingreso del desarenador.
    2. Cierra la válvula de compuerta de control a la salida del mismo.
    3. Abre la válvula de desfogue para que se vacíe el desarenador.
    4. El operador ingresa al desarenador y limpia con cepillo las paredes internas, así como el fondo del mismo, la tubería filtrante, saca la arena y los residuos que quedan dentro.
    5. Abre la válvula de compuerta de control al ingreso y se espera que el agua fluya y se lleve los residuos que hayan quedado dentro.
    6. Cierra la válvula de desfogue y espera a que se llene el desarenador.
    7. Abre la válvula de compuerta de control a la salida del desarenador.
5. El operador realiza la inspección del color del agua de la captación Caspishitana 3 para regular el paso de la misma hacia la PTAP cada 15 días.
6. Realiza la revisión de las válvulas de aire y purga conjuntamente con las válvulas de compuerta de control y desfogue cada 15 días.
7. El operador inspecciona el desarenador y tanque de unión con una frecuencia de 15 días.
8. Realiza revisiones mensualmente en las captaciones con el fin de despejar cualquier residuo grande o animales muertos que se encuentren retenidos en el embalse.

9. El operador efectúa el desbroce del área circundante a los desarenadores cada 3 o 4 meses ya que estos están cercados y no existe mucha vegetación en el interior.
10. Ejecuta el mantenimiento que consiste en el revisión y engrasado de las válvulas de compuerta de control y desfogue cada 6 meses.
11. Los componentes de las captaciones y desarenadores son pintados por el operador cada año.
12. Los vertederos en los desarenadores deben ser calibrados para usarlos como estructura de medición.

3.5.2 Conducción

3.5.2.1 Actividades realizadas por el operador en la línea de conducción

1. Para el funcionamiento de línea de conducción el operador realiza la apertura de las válvulas de compuerta de control.
2. Cuando disminuye el caudal en la planta, el operador realiza inspecciones de las válvulas de aire en caso que estén cerradas procede abrir parcialmente estas válvulas, a su vez inspecciona las válvulas de purga en donde verifica la presencia de sedimentos.
3. El operador realiza inspecciones de la línea de conducción para la verificación de fugas cada 15 días o en caso que se observa una disminución del caudal.
4. Realiza el lavado y la desinfección de los tramos de tubería de acuerdo a los intervalos de la ubicación de los tanques rompe presión, el operador lo realiza cada seis meses y consiste en el siguiente procedimiento:
    1. Cierra el paso de la válvula de compuerta de control del inicio y final del tramo que va a ser desinfectado.
    2. Abre la válvula de desfogue, mientras el agua disminuye ingresa al tanque y lava las paredes empleando cepillo y solución de cloro granulado.

3. Abre la válvula de compuerta de control, de tal forma que ingrese una mínima cantidad de agua y arrastre los residuos del cloro.
4. Cierra la válvula de desfogue y abre completamente la válvula de compuerta de control.

Este procedimiento se ejecuta en un tiempo estimado de 30 minutos, máximo una hora.

5. El operador realiza el engrasado de las válvulas de compuerta de control cada seis meses, y pinta las tapas metálicas cada año, o cuando existe la disponibilidad de pintura.

3.5.3. Planta de tratamiento de agua

3.5.3.1 Tanque repartidor

3.5.3.1.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en el cajón de llegada

1. Para la operación abre la válvula de compuerta de control al ingreso de la planta, comprueba que la válvula bypass esté cerrada y mantiene abierta la válvula de compuerta de control al ingreso del tanque para que así el agua que llega por la conducción pueda fluir hacia el cajón de llegada, también se mantiene abierta la válvula de compuerta de control a la salida para que el agua pueda fluir desde el tanque hacia los filtros.
2. El operador realiza la limpieza y desinfección del tanque repartidor con una frecuencia de 1 a 2 semanas dependiendo de la turbiedad del agua, para realizar esta actividad sigue el siguiente procedimiento:
    1. Cierra el paso del agua al tanque mediante el cierre de la válvula de compuerta control del ingreso de la planta. El agua que proviene del último tramo de conducción se regresa y sale por la tubería de desfogue del último tanque rompe presión.
    2. Cierra la válvula de compuerta de control a la salida del tanque.

3. Abre la válvula de compuerta de limpieza y espera a que se vacíe.
4. Limpia y desinfecta internamente el tanque repartidor.
5. Abre la válvula de compuerta de control en la entrada permitiendo que el agua fluya hacia el tanque, y se lleve los residuos de la limpieza.
6. Una vez que ya esté limpio, cierra la válvula de compuerta de limpieza.
7. Abre la válvula de compuerta de control a la salida del tanque.

3. Engrasa y revisa el estado de las válvulas con una frecuencia de 6 meses.
4. Realiza el desbroce del área circundante al tanque repartidor con una frecuencia mensual.
5. Pinta los elementos que componen el tanque con una frecuencia de 6 meses.

3.5.3.2 Filtros gruesos

3.5.3.2.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en filtros gruesos

1. Para la operación de los filtros abre la válvula de compuerta de control en el tanque de llegada para que el agua ingrese al filtro y abre la válvula de compuerta de control a la salida.
2. El operador realiza un lavado rápido semanal, que consiste en la remoción de residuos que se encuentren flotando en el filtro. Cada 8 a 15 días realiza el raspado de la capa biológica alrededor de 5cm empleando una herramienta semejante al rastrillo. Para el proceso de lavado emplea el siguiente procedimiento:
    1. Cierra la válvula de compuerta de control que permite el paso del agua del filtro.
    2. Abre la válvula de descarga para evacuar el agua y retira la parte desmontable de la tubería de desfogue, y al existir una malla en la tubería se evita el paso de los granos de grava.

3. Con el paso del agua se lava el filtro y al mismo tiempo la grava, en donde observa que el agua sea lo más clara posible, ya que es un indicador que el filtro está limpio.
4. Para la construcción del lecho filtrante coloca tres capas de grava de un espesor igual a 30cm, de diferentes diámetros en orden descendente.
5. Cierra la válvula de descarga y abre la válvula de compuerta de control de salida hacia el filtro lento.

3. El operador realiza una limpieza y desinfección cada 2 meses.
4. El desbroce del área circundante en invierno, lo realiza cada 15 días, en época de verano cada mes, por lo tanto, siempre está sujeto a observación.
5. Para el funcionamiento de las válvulas de control y descarga el operador realiza el engrasado de válvulas cada 6 meses.
6. El operador regula el caudal de agua que ingresa a los filtros gruesos para evitar el exceso de turbiedad mediante la válvula de compuerta de control.
7. En los tanques de llegada y salida, el operador realiza inspecciones semanales para verificar el estado de las mismas, la desinfección se realiza cuando se ejecuta la limpieza de los filtros.
8. Cuando ejecuta la limpieza de los filtros gruesos, lo realiza por turnos, es decir siempre queda en funcionamiento un filtro grueso.
9. El operador pinta los elementos que componen el filtro con una frecuencia de 6 meses.

3.5.3.3 Filtros lentos

3.5.3.3.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en filtros lentos

1. Para la operación de los filtros abre la válvula de compuerta en el tanque de llegada para que el agua ingrese al filtro y abre la válvula de compuerta de control a la salida.

2. El operador realiza un lavado rápido semanal o cada 2 semanas, dependiendo del color del agua y realiza el raspado de la capa biológica alrededor de 5cm empleando una herramienta semejante al rastrillo.
    1. Cierra la válvula de compuerta de control que permite el paso del agua del filtro lento a la caseta de desinfección.
    2. Abre la válvula de compuerta de limpieza para evacuar el agua y retira la parte desmontable de la tubería de rebose, la tubería de lavado tiene una malla para evitar la salida de arena.
    3. Con el paso del agua el filtro y la arena se limpian y realiza el raspado.
    4. Cierra la válvula de compuerta de limpieza y coloca la parte desmontable de la tubería de rebose.
    5. Abre la válvula de compuerta de control a la salida del filtro.
3. Para la limpieza completa y desinfección de los filtros lentos el operador saca la arena de los filtros y la deposita en una estructura donde la lava y deja secar para utilizarla nuevamente, se tiene arena de reposición y se coloca tres capas de un espesor aproximado de 30cm de diámetros diferentes, sobre cada capa coloca una malla que sirve para evitar que los granos de arena que se introduzcan en las capas inferiores.
4. El operador realiza la desinfección con una frecuencia de 2 meses.
5. El desbroce del área circundante en invierno lo realiza cada 15 días y en época de verano cada mes.
6. Realiza el engrasado de válvulas cada 6 meses.
7. Además, mediante la válvula de control regula el caudal de agua que ingresa para evitar exceso de turbiedad.

8. Realiza inspecciones semanales de los tanques de llegada y salida para verificar el estado de las mismas, la desinfección la realiza cuando se ejecuta la limpieza de los filtros, la cual se realiza por turnos, es decir siempre queda en funcionamiento un filtro.
9. Pinta los elementos que componen el filtro con una frecuencia de 6 meses.

3.5.3.4 Caseta y cámara de desinfección

3.5.3.4.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en la caseta y cámara de desinfección

1. En el tanque de unión se ubican las tuberías de cada filtro lento y la válvula de compuerta de control, la cual el operador la abre para el ingreso del agua filtrada hacia la cámara de desinfección, a través de una tubería de PVC de diámetro de 110mm.
2. El operador emplea cloro gas para la desinfección, el proceso de dosificación consiste en la apertura de la válvula del cilindro, no se cuantifica la cantidad de cloro ya que no se cuenta con el clorímetro, el cloro circula a través de una tubería flexible que se conecta al vertedero. El agua desinfectada ingresa al tanque de almacenamiento, entonces se mide el cloro residual mediante el método de titulación con DPD. El valor obtenido oscila entre 1.2 a 1.9 mg/L. Si el valor supera el límite establecido se procede a regular nuevamente la válvula del cilindro. El tiempo de contacto del agua con el desinfectante es una hora y el cilindro dura aproximadamente un mes y medio.
3. El operador realiza la limpieza de la cámara de contacto cada 2 meses, que comprende el lavado de las paredes, el piso de la cámara de desinfección y las paredes del vertedero.
4. El operador suspende el abastecimiento de agua cuando no existe reservas en los tanques de almacenamiento, pero normalmente no se suspende.
5. El engrasado e inspección de las válvulas, el operador lo realiza con una frecuencia de 6 meses.
6. El operador pinta las paredes y tapas metálicas cada 6 meses.

3.5.3.5 Tanque de almacenamiento

3.5.3.5.1 Actividades de operación y mantenimiento realizadas en el tanque de almacenamiento

1. Para la operación abre las válvulas de compuerta de control a la salida de la cámara de desinfección y revisa que las válvulas de compuerta de limpieza de los tanques de almacenamiento estén cerradas, deja fluir el agua hasta mantener una reserva y abre la válvula de compuerta de control a la salida hacia la red de distribución.
2. Realiza la inspección de los tanques de almacenamiento y verifica la capacidad por lo general el tanque de 200m^3 se llena hasta el 80%, y los 2 tanques restantes se llenan hasta el 40% de su capacidad.
3. Las tuberías de salida de los tanques de almacenamiento que se encuentran dentro de la PTAP están conectados a una tubería fuera de la PTAP que se conecta a la red de distribución, por lo tanto, cuando se realiza el lavado de alguno de ellos se cierra la válvula que permite el paso del agua de este y la red sigue funcionando con el otro.
4. El lavado y desinfección de los tanques los realiza con una frecuencia de 6 meses y sigue el siguiente procedimiento:
    1. Cierra la válvula de compuerta de control a la salida del tanque a lavar.
    2. Abre la válvula de compuerta de limpieza y vacía el tanque.
    3. Ingresa al tanque, limpia y desinfecta las paredes y el fondo, deja que el agua que ingresa siga corriendo hasta que se hayan eliminado todos los residuos de la limpieza.
    4. Cierra la válvula de compuerta de limpieza y deja llenar el tanque.
    5. Abre la válvula de paso hacia la red.
    6. Cuando se realiza la limpieza y desinfección de los tanques se corta el suministro de agua a la población si no existen as reservas suficientes y esto dura

aproximadamente medio día cuando se hace la desinfección, mientras que si se trata únicamente del lavado esto toma alrededor de 2 horas, sobre todo si el tanque a lavar es el de mayor capacidad. El proceso de lavado del tanque fuera de la planta se realiza de manera independiente.

5. Realiza el desbroce del área circundante a los tanques de almacenamiento con una frecuencia de 20 a 30 días en época de verano y de 7 a 15 días en época de invierno.
6. Revisa y engrasa las válvulas de compuerta de control y limpieza cada 6 meses.
7. Pinta las tapas y tuberías para ventilación cada 6 meses.

3.6 Adecuaciones y recomendaciones para el sistema de agua potable

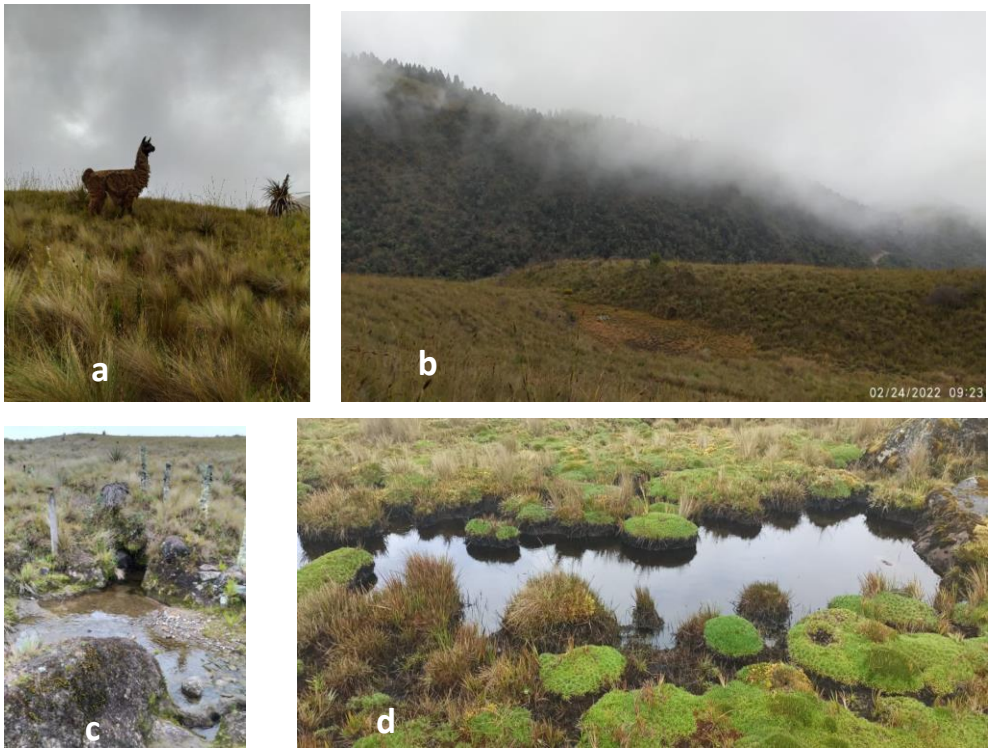
Para la operación y mantenimiento del sistema de agua potable se requiere incrementar el número de personal, debido a que, al momento de realizar las inspecciones a las captaciones, desarenadores, conducción, tanques rompe presiones y válvulas se necesita que dos personas la realicen y por otra parte un operador permanezca en la PTAP, a su vez también es importante la presencia de un segundo operador al momento de manipular los cilindros de cloro gas.

Las actividades de operación y mantenimiento en las captaciones y en la conducción deben ser realizadas en la mañana y con un clima que permita la visibilidad del recorrido.

Para llevar un adecuado registro de las actividades que son requeridas para los distintos componentes del sistema de agua potable, se establecen hojas de registro, en donde se especificarán las actividades realizadas, herramientas utilizadas y la fecha de ejecución.

3.6.1 Captaciones

1. El recorrido hacia las captaciones y conducción, es peligroso debido a la presencia de animales, una posible desorientación del operador por las condiciones climáticas, presencia de zonas pantanosas y falta de señalización, estas condiciones se muestran en la Fotografía 65 a), b), c) y d). Por tal motivo, es indispensable, que las actividades de mantenimiento y operación nunca sean realizadas por una sola persona, se debe ejecutar por 2 personas. En donde cada persona tenga una función determinada al momento de realizar el recorrido: Persona A: Encargada de llevar las herramientas, hojas de registro, de llevar los dispositivos de seguridad requeridos: celular, radio portátil, en caso que se disponga GPS. Persona B: Guía el recorrido, verificando el estado de cada componente, encargado de llevar alimentos y bebidas para el grupo.

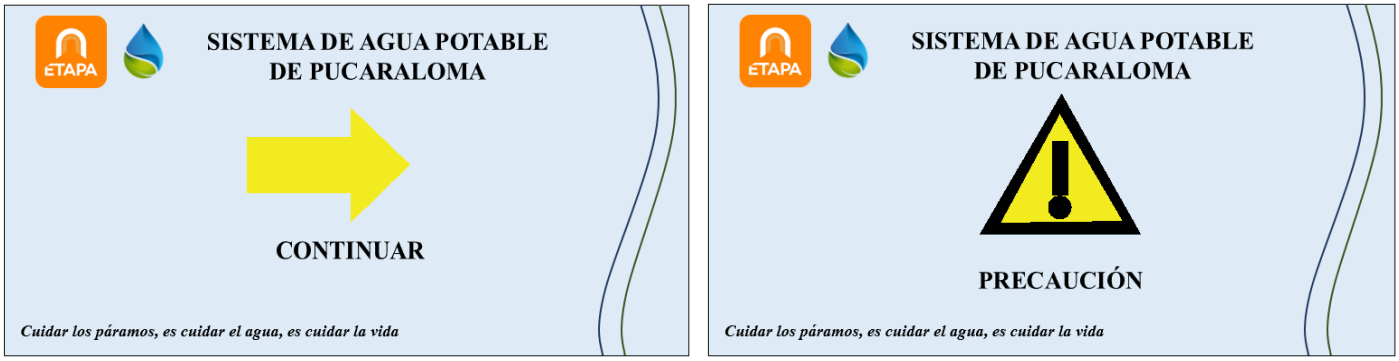


Fotografía 65: Condiciones del camino a las captaciones: a) animales,, b) niebla en la zona, c) y d) charcos de agua en el camino.

La señalización debe ser orientativa, de tal manera se pueda encaminar al personal hacia un punto de referencia, por lo tanto, se implementa la colocación de un rectángulo de 46*20cm, el tipo de material es metálico, pintado con pintura de poliuretano de doble componente. Las señales serán pintadas sobre el rectángulo, y se empleará un barniz acrílico con protector UV, de tal manera, sean resistentes a la intemperie. En cada captación se colocará un letrero indicando el nombre de la captación y la altura a la que se encuentra, como se observa en la Gráfica 21.

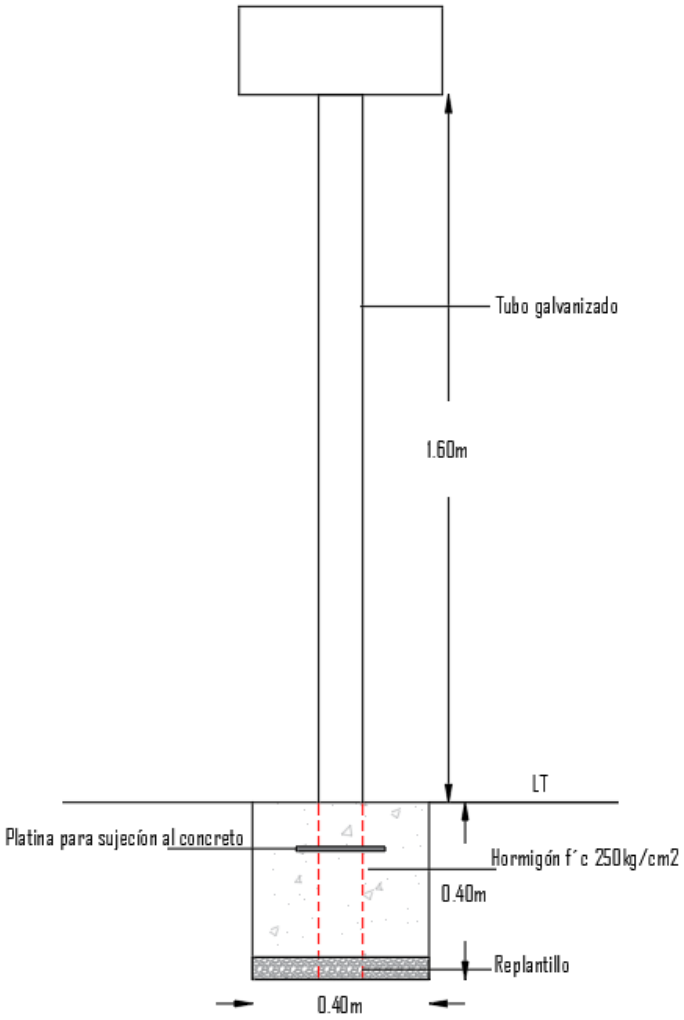
Gráfica 21: Detalle del letrero para cada captación Fuente: Elaboración propia.

Los rectángulos que se colocarán en todo el recorrido de la Ilustración 4 deben mostrar las siguientes señalizaciones que se muestran en la Gráfica 22.



Gráfica 22: Señal para los letreros. Fuente: Elaboración propia.

Se colocarán sobre un tubo galvanizado de 2 pulgadas de diámetro, con altura igual a 2.00m. Los postes se colocarán en el suelo mediante un apoyo construido de una mezcla de hormigón de f'c de 250kg/cm^2 sobre replantillo de espesor igual a 10cm, el tamaño del apoyo será de 40cm*40cm para asegurar que el poste esté firme, como se observa la Gráfica 23.



Gráfica 23: Esquema de la señalización vertical. Fuente: Elaboración propia.

Las señales se colocarán en todo el recorrido que se observa en la Ilustración 4 cada 30m, por lo tanto, de acuerdo a la longitud del recorrido de 4.96km desde el acceso principal son 165 señales.

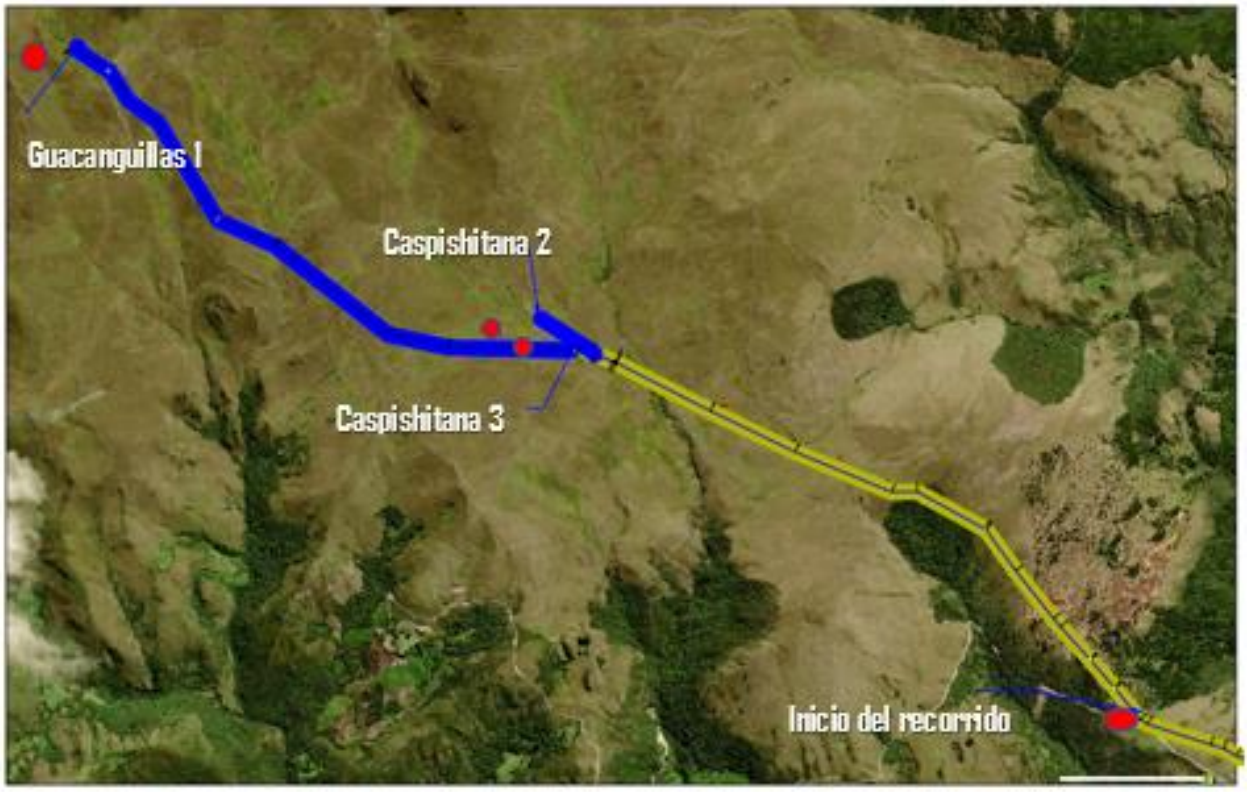


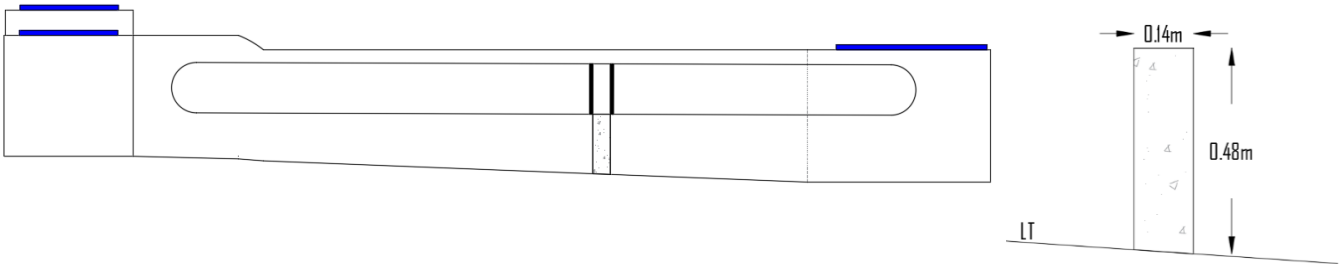
Ilustración 4: Recorrido hacia las captaciones

2. No existe ninguna protección para las captaciones y en la tanque de la captación Caspishitana 2, cualquier persona o animal puede ingresar y causar daños en la tubería o contaminar el embalse, por lo que, se debe construir un cerramiento en cada captación, empleando tubos galvanizados de diámetro igual a 2 pulgadas con malla galvanizada calibre Nº12, con aberturas de 0.05m*0.05m, cada poste se colocará cada 1.50m ubicados sobre un apoyo de hormigón de f'c de 250kg/cm^2 sobre replantillo de espesor igual a 10cm, el tamaño será de 40cm*40cm y se colocará una puerta de malla galvanizada para el ingreso del personal encargado.

3. Los embalses de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3 no tienen una malla que impida que las ramas o basura que puedan ser arrastradas por la corriente o el viento

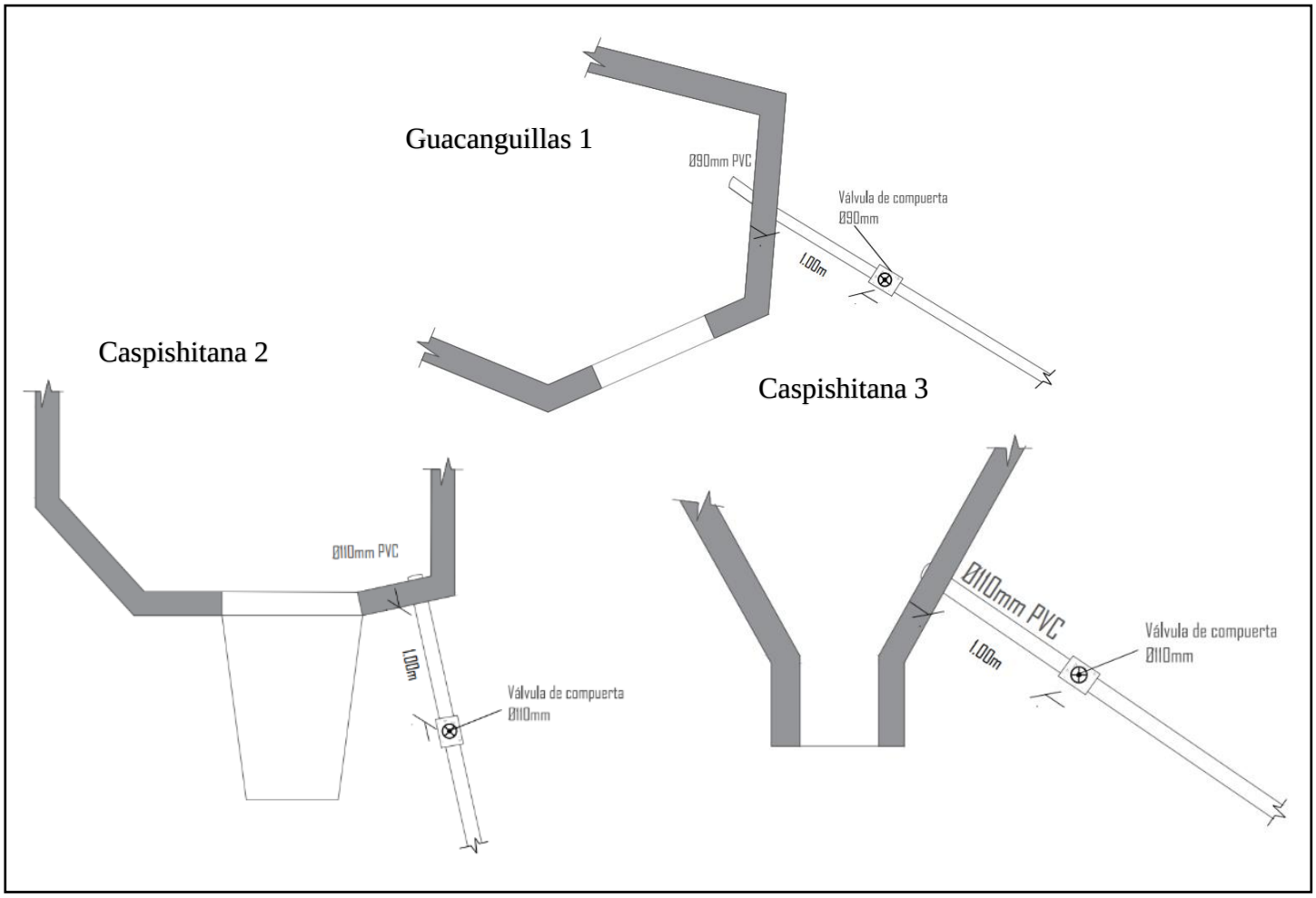
ingresen al embalse, por lo que se debe colocar y asegurar una malla de polietileno con una abertura de 0.6 cm sobre los embalses.

4. El soporte de la tubería de rebose de los desarenadores es otra tubería de PVC por lo que no es seguro y estable, por tal motivo, se deben construir dos soportes de hormigón de un f'c de 250kg/m^2, de sección rectangular de ancho 14cm, y de altura de 48cm, en la Gráfica 24.



Gráfica 24: Esquema del apoyo para la tubería de rebose. Fuente: Elaboración propia.

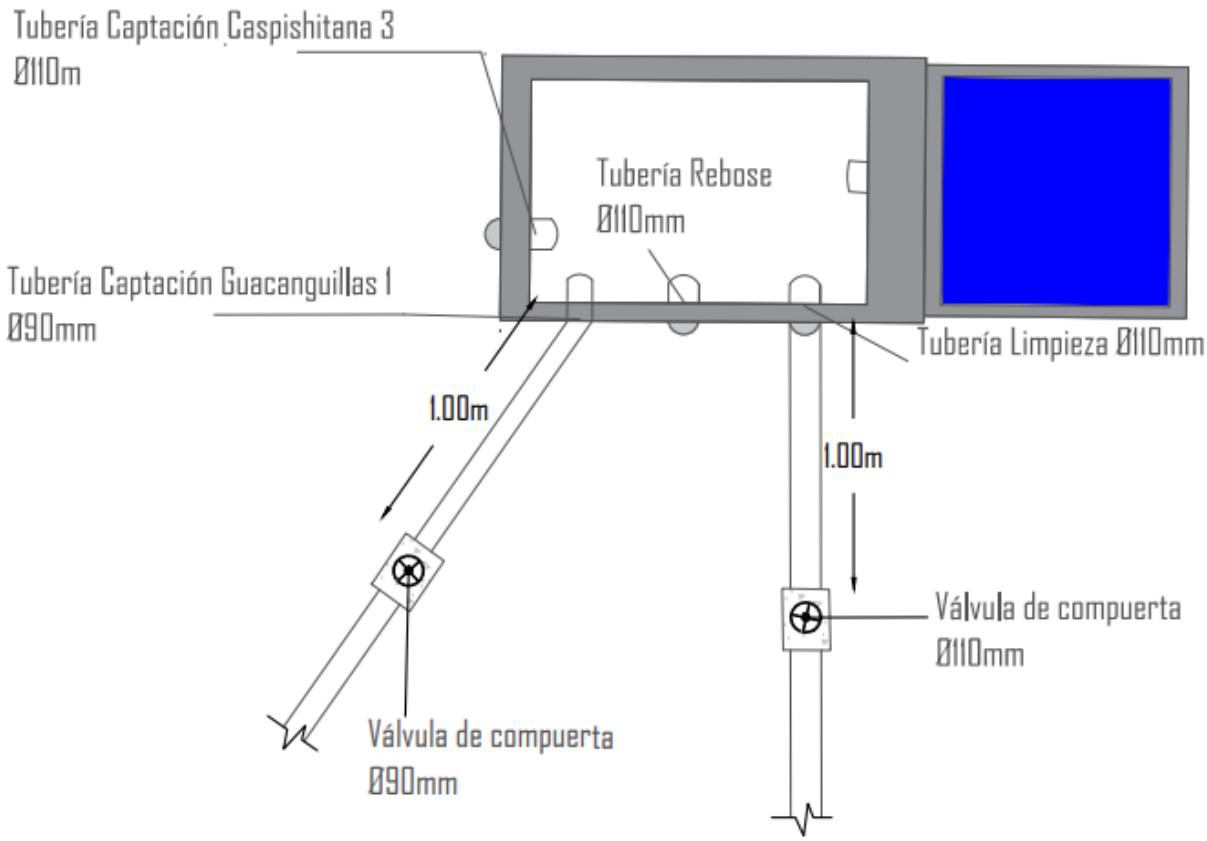
5. No existen válvulas de control que permitan abrir o cerrar el paso del agua de cada captación hacia la conducción, por lo que, se deben instalar 3 válvulas de compuerta de PVC de 90 mm y 110 mm, como se observa en la Gráfica 25 se debe construir una cámara de hormigón de 0.50m*0.50m con tapa metálica para protegerlas, a 1 m de cada captación.



Gráfica 25: Ubicación de las válvulas en cada captación. Fuente: Elaboración propia.

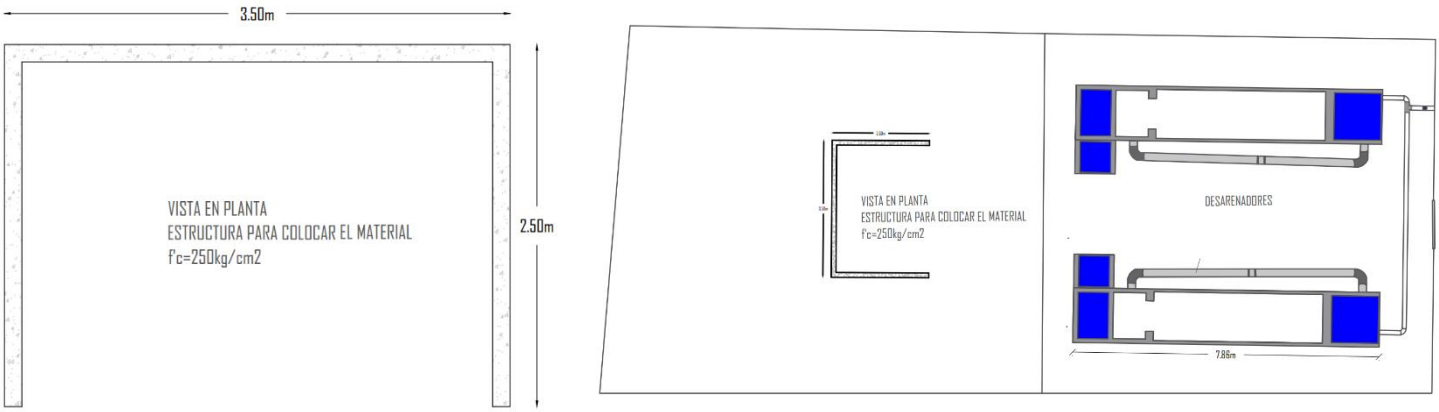
6. Si existe algún daño en la tubería o contaminación en la captación Guacanguillas 1, o se requiere realizar el mantenimiento del tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3, no se puede cerrar el paso del agua de la captación Guacanguillas 1 ya que está ubicada a 2.18 Km del tanque, por lo que, para facilitar el trabajo del personal encargado se debe instalar una válvula de compuerta de control de hierro dúctil con diámetro de 90 mm dentro de una cámara de hormigón de 0.50m*0.50m para protegerla. Esta debe ubicarse a 1 m de la entrada al tanque de unión.

Para realizar el mantenimiento de este tanque debe instalarse una tubería de limpieza de PVC de 110 mm en el fondo, que conduzca el agua del interior del tanque hacia la quebrada, en esta tubería se debe instalar su respectiva válvula de compuerta de PVC de 110mm dentro de una cámara de hormigón de 0.50m*0.50m para protegerla, estas válvulas y la tubería de limpieza se observan en la Gráfica 26.



Gráfica 26: Ubicación de las válvulas en el tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3. Fuente: Elaboración propia.

7. No existe un lugar apropiado para depositar la arena que se extrae de los desarenadores, por lo que se debe construir una estructura de hormigón de 3.50m*2.50m, como se observa en la Gráfica 27 dentro del cerramiento de los desarenadores para depositar el árido.



Gráfica 27: Estructura para colocar el material. Fuente: Elaboración propia.

8. Existe una grieta en el desarenador izquierdo por lo que se debe resanar con mortero.

9. Colocar una malla plástica de poliuretano de protección sobre el tanque de la captación Caspishitana 2 para que no ingresen animales o basura, esta malla debe tener una abertura no mayor a 12.7 mm.

10. No se mide el caudal que ingresa a los desarenadores, por lo que se debe realizar la calibración de los vertederos de las 2 unidades, para obtener una curva de altura vs caudal con la que el personal encargado pueda conocer y registrar cual es el caudal que ingresa a cada desarenador.

11. Rediseñar los desarenadores ya que los cuencos amortiguadores no tienen la longitud suficiente y el flujo que ingresa a los desarenadores es turbulento, la tubería filtrante no debe instalarse en el fondo del desarenador ya que pueden ingresar los sedimentos y puede quedar enterrada.

3.6.2 Conducción

1. En la línea de conducción existen tramos de tubería que está expuesta a la intemperie, por tal motivo, se debe proteger las tuberías, para ello se debe enterrarlas, cubriendo la tubería con arena a una altura mínima de 40cm.

2. Para que el personal encargado lleve un registro adecuado en campo y para facilitar la ubicación de las válvulas y tanque rompe presión, se debe señalizar las cámaras de las 16 válvulas de aire, 6 válvulas de purga y los 7 tanques rompe presión, con los letreros que se observa en la Gráfica 28, las dimensiones de los letreros son de 46cm*20cm, se colocarán en tubos galvanizados de 2.00m, en una base de hormigón de 40cm*40cm, que tiene un replantillo de un espesor de 10cm, como el detalle de la Gráfica 23

Gráfica 28: Señalización para la conducción. Fuente: Elaboración propia.

3. Al momento de realizar la limpieza de los tanques rompe presión, estos no tienen una válvula de limpieza que permite la descarga del efluente, por lo que, se deberá colocar las válvulas de limpieza del tipo PVC de diámetro de 110mm, en el fondo de cada tanque rompe presión, la misma debe estar conectada a la tubería de limpieza.

4. La unión que conecta la tubería PVC de diámetro de 110mm de la conducción de la captación Caspishitana 2 y la tubería PVC de diámetro de 110mm del tanque de unión, se encuentra a la intemperie, por tal motivo, es necesario que se construya una cámara de hormigón de f'c igual a 250kg/cm^2, de dimensiones de 60cm*60cm a una profundidad de 40cm. La cubierta de la cámara será una tapa metálica.

3.6.3 Tanque repartidor

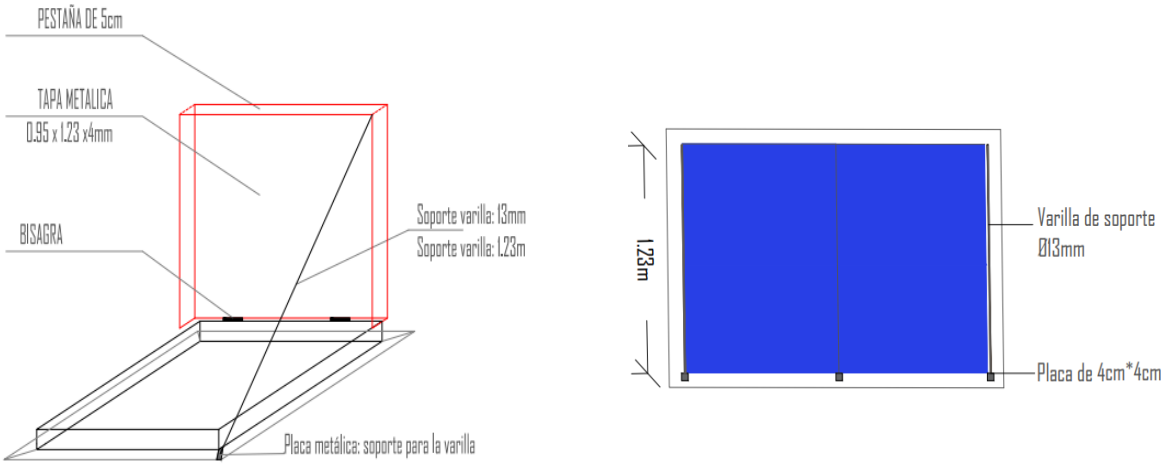
1. Para ingresar al tanque repartidor se utiliza una escalera de madera que no se encuentra en buenas condiciones como se observa en la Fotografía 66, por lo que se debe mejorar el acceso, colocando una escalera metálica móvil para el ingreso.

Fotografía 66: Escalera para ingreso al tanque repartidor.

2. Para realizar las inspecciones o lavados del tanque repartidor el personal encargado debe sostener las tapas metálicas como se muestra en la Fotografía 67 lo que resulta

incómodo, por lo que deben utilizarse soportes que permitan que las tapas metálicas queden abiertas al realizar estas actividades, por lo tanto, se debe colocar una placa metálica de 4cm*4cm en el borde del tanque, que sirve de soporte para la varilla de diámetro de 13mm, como se observa la tapa metálica tiene una pestaña de 5cm por lo que al levantar la tapa la varilla calza en esta abertura, como se observa en la Gráfica 29. Otra solución es que se abran completamente las tapas para realizar cualquier inspección, y de esta manera evitar accidentes.

Fotografía 67: Apertura de la tapa metálica del tanque repartidor.



Gráfica 29: Ubicación del soporte para las tapas metálicas. Fuente: Elaboración propia.

3. No se mide el caudal que ingresa a la PTAP ya que el vertedero que está colocado dentro del tanque repartidor no está calibrado, por tal motivo, se debe obtener la curva de altura vs caudal del vertedero para que el personal encargado pueda registrar

diariamente el caudal tratado por la PTAP y regularlo al abrir o cerrar parcialmente la válvula de compuerta de control.

3.6.4 Filtros lentos

1. Los filtros ubicados al margen derecho dentro de la PTAP están semienterrados como se observa en la Fotografía 68, por lo que existe el riesgo de que una persona pueda caer dentro de los filtros, o que la vegetación pueda ingresar con facilidad. Para evitar esto se debe realizar una excavación manual de una profundidad de 80cm por un ancho de 60cm alrededor del perímetro enterrado.

Fotografía 68: Filtro lento semienterrado

2. Junto a los filtros lentos se ha depositado arena, una parte de la misma está cubriendo la tubería de salida del agua filtrada como se observa en la Fotografía 69, por lo tanto, después de cada lavado del filtro se debe transportar la arena hacia la estructura de lavado de arena.

Fotografía 69: Arena colocada a la salida del filtro lento

3.6.5 Caseta de desinfección

1. En la caseta de desinfección, la tubería de cobre del cilindro de cloro gas se encuentra unida a la tubería flexible de la cámara de contacto, mediante cinta aislante, esto representa posibles fugas, por tal motivo, se debe realizar esta unión con juntas adecuadas para estos materiales, como abrazaderas y teflón.

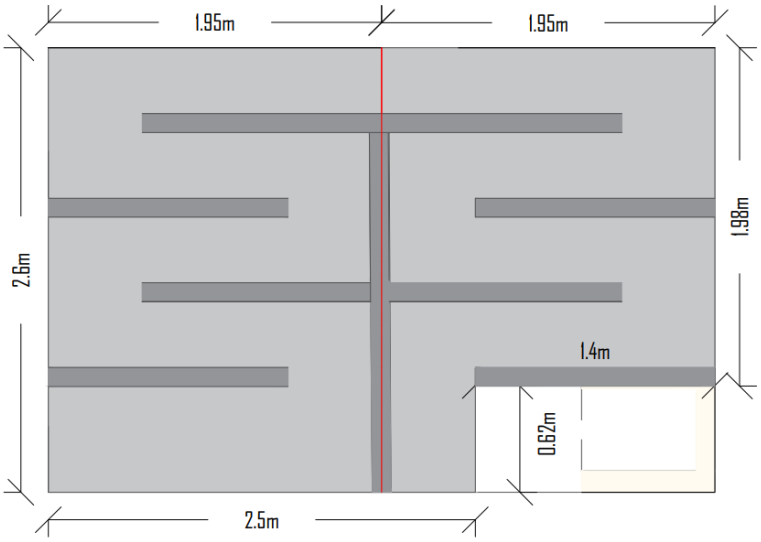
2. Dentro de la caseta de desinfección se han colocado los repuestos y accesorios que se han retirado del sistema, lo que puede ocasionar accidentes o golpes al cilindro de cloro gas, por lo tanto, se deben retirar todos estos elementos ajenos al sistema de cloración y los que puedan tener otro uso se deben colocar en la caseta que se encuentra junto al tanque de almacenamiento ubicada fuera de la PTAP, el resto se debe desechar.

3. En el vertedero de la cámara de desinfección existe una sola marca de altura con la que el operador tiene una aproximación del caudal que ingresa a la cámara de desinfección. Para que el operador lleve un registro adecuado del caudal que se trata en la PTAP y realice una correcta dosificación del cloro gas, se debe realizar la calibración del vertedero que se encuentra en esta unidad y obtener su curva de altura vs caudal.

4. El operador realiza la dosificación del cloro gas con un ensayo en campo hasta que el cloro libre residual del agua tratada que se encuentra en el tanque de almacenamiento esté dentro del rango permitido por la norma INEN 1108 (0.3 a 1.5 mg/l), por lo que se debe instalar un colorímetro para el tanque de cloro gas, de esta manera el operador realizará esta actividad de manera apropiada.

5. La cámara de desinfección no posee una cubierta adecuada por lo que realizar las operaciones de mantenimiento o la inspección, resulta incómodo para el operador ya

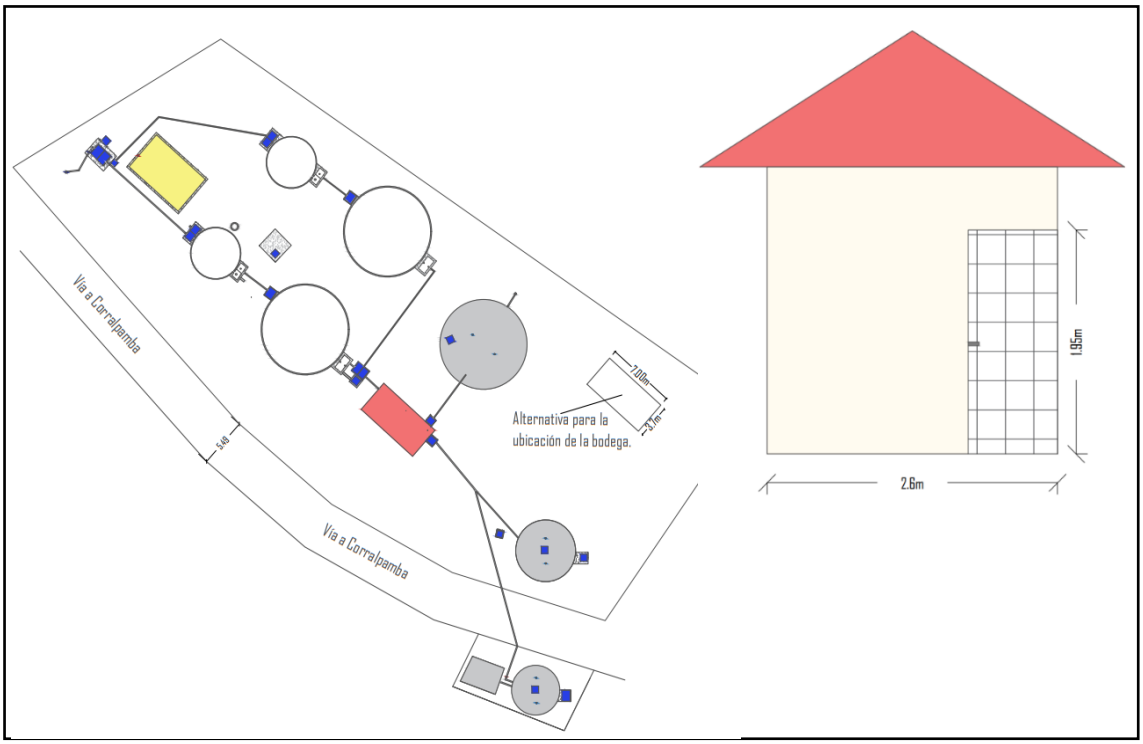
que se usan planchas de fibrocemento para cubrirla, estas planchas son difíciles de levantar, por tal motivo, se debe disponer de una cubierta de zinc, las dimensiones se detallan en la Gráfica 30. Se debe colocar dos planchas de zinc, de acuerdo a las dimensiones del fabricante en donde se indica que el largo de la plancha es de 2.40m, por lo tanto, cada plancha se cortará en un largo de 1.95m y se colocarán sobre las paredes de la cámara de contacto. Para realizar las actividades de mantenimiento, se levantarán las planchas y se colocará junto a la pared de la caseta de desinfección.



Gráfica 30: Detalle de la cubierta para la cámara de desinfección. Fuente: Elaboración propia.

6. En la caseta de desinfección, de acuerdo a la Fotografía 70, se observa que las tuberías de PVC de repuesto se encuentran apoyadas junta a la cámara de desinfección por lo que se debe construir una bodega para almacenarlas, la propuesta es una bodega de 7m de largo, de ancho 2.60m, junto a la casa que se encuentra dentro de la PTAP, el modelo de la fachada es el de la caseta de desinfección como se observa en la
7.
8. Gráfica 31.

Fotografía 70: Tuberías de PVC apoyadas en la cámara de desinfección



Gráfica 31: Fachada del modelo para la bodega de la PTAP. Fuente: Elaboración propia.

3.6.6. Tanques de almacenamiento

1. Para evitar el ingreso de contaminantes o insectos a los tanques de almacenamiento, se debe colocar una rejilla de ventilación redonda plástica de 63 mm en la entrada de las tuberías de ventilación de cada tanque.

4. Conclusiones

- El manual de operación y mantenimiento realizado debe ser empleado después de que se ejecuten las adecuaciones y rediseños ingenieriles que requiere el sistema de agua potable de Pucaraloma.
- Es necesario realizar un rediseño del sistema, basado en el análisis de la capacidad de las captaciones y en el diseño hidráulico de los desarenadores, ya que se detectaron problemas en la longitud del cuenco amortiguador, vertedero y la ubicación de la tubería perforada que lleva el agua clarificada hacia la conducción.
- Se debe evaluar el diseño de la PTAP, para determinar la capacidad de los filtros y de la cámara de desinfección, de esta manera se podrá establecer el caudal máximo que puede tratar la PTAP.
- En los tanques rompe presión, después de la válvula de compuerta de control a la salida, se debe colocar una válvula de aire para evitar que se produzca succión en la tubería debido al cierre rápido de esta válvula.
- De acuerdo a la Tabla 8 Estándares para fuentes de aguas crudas y los resultados de los análisis físico químicos del agua de cada una de las captaciones, la calidad del agua de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 2 es excelente, mientras que la calidad del agua de la captación Caspishitana 3 es buena, refiriéndonos a la misma Tabla 8 se concluye que el tratamiento empleado en la PTAP de Pucaraloma es el indicado ya que se cumplen con los procesos de filtración y desinfección requeridos para una fuente de calidad buena, el contenido de hierro del agua de las captaciones y del agua potable excede el nivel recomendado de 0.3 mg/l pero este no representa un peligro para la salud.
- Mediante la inspección física se concluye que las estructuras de hormigón que componen el sistema de agua potable de Pucaraloma se encuentran en buen estado

físico y operando con normalidad es decir cumple con la función para que le fue diseñada. Sin embargo, las paredes que tienen contacto con el agua se deben limpiar con fosfato trisódico ya que se observó que presentan manchas de un color rojizo debido a la presencia de hierro y en algunas estructuras se evidenció la presencia de moho. Las paredes externas también se deben limpiar y pintar nuevamente empleando pintura anticorrosiva, de esta manera el operador realiza esta actividad de mantenimiento con menor frecuencia y las estructuras no presentan desgaste en la pintura.

- Los elementos metálicos necesitan ser nuevamente pintados con pintura anticorrosiva ya que se observó desgaste de la pintura y presencia de corrosión en los elementos, principalmente en las tapas metálicas de las estructuras de hormigón y en los vertederos.
- Las tuberías de PVC en algunos tramos de la conducción se encuentran expuestas a la intemperie, lo que representa un problema ya que por la zona se encuentran animales y rocas que pueden producir roturas o picaduras en las tuberías, por lo que es necesario que sean cubiertas.
- Mediante el cálculo de la capacidad de la conducción, se concluye que las tuberías pueden conducir un caudal superior al caudal de diseño y en ningún caso la velocidad es inferior a 0.6 m/s que es la velocidad mínima necesaria para el arrastre de sólidos y tampoco supera los 3 m/s que es la velocidad recomendada para evitar el golpe de ariete.
- Las estructuras de hormigón de los distintos componentes como el desarenador derecho, tanque de llegada del filtro grueso, filtro lento derecho, que presentan fisuras o grietas capilares deben ser reparadas empleando los procedimientos respectivos.
- Para los filtros grueso y lento del margen derecho se debe excavar el terreno aproximadamente 80 cm para que la hierba y otros contaminantes que se encuentren sobre la superficie no ingresen a estos.

- La arena proveniente del lavado de los filtros lentos, se debe colocar en la estructura de lavado para la arena, ya que al colocar sobre los tanques de unión de las tuberías de salida de los filtros lentos puede ingresar y ocasionar problemas en las válvulas de compuerta de control.
- La cámara de desinfección no posee una tapa o cubierta, por lo que se han colocado planchas de fibrocemento sobre ella, lo que puede ocasionar que ingresen contaminantes al interior ya que no queda completamente cubierta y no es fácil para el operador levantarlas para realizar las inspecciones y el mantenimiento de esta estructura.
- La caseta de desinfección no cuenta con el espacio necesario para almacenar cilindros de cloro gas o para colocar los cilindros vacíos, tampoco existe un detector de fugas lo que representa un peligro para la salud del operador.
- La dosificación del cloro gas no se realiza de manera teórica, por tanto, está sujeta a ensayos de prueba y error, por tal motivo es indispensable que la PTAP disponga de un clorímetro y dosificador.
- Los vertederos del sistema no están calibrados y no tienen un caudalímetro, por lo que, no se cuantifica de manera exacta el caudal que ingresa y caudal tratado de la PTAP, es decir el operador tiene una marca de un aforo realizado anteriormente en el vertedero, lo que le permite aproximar el caudal, por ende, es necesario que se realice la calibración de los vertederos y se obtenga la curva de caudal vs altura.
- Las actividades realizadas por el operador para la operación y mantenimiento del sistema de agua de Pucaraloma, son las necesarias para que el sistema funcione con normalidad, sin embargo, en el manual realizado se detallan actividades específicas y la frecuencia para la realización de las mismas, para pretender mejorar la eficiencia de la operación y mantenimiento del sistema.

6. Bibliografía

ACI 201.2R-01. (2000). Guía para la Durabilidad del Hormigón. American Concrete Institute.

ACI COMITTEE 350. (2006). CODE REQUIREMENTS FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONCRETE STRUCTURES AND COMMENTARY (ACI350-06). Farmington Hills: American Concrete Institute.

Adif. (1999). Estructuras Metálicas Corrosión. Medidas Protectoras.

AGUATUYA, E. (2012). Operación y Mantenimiento de Sistemas de Distribución de Agua. Cochabamba, Bolivia.

Agüero, R. (2004). PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAPTACIONES Y RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO. Lima.

APRISABAC, & Ministerio de salud de Perú. (1997). Manual de Procedimientos Técnicos en Saneamiento. Cajamarca: APRISABAC.

ARISTEGUI, M. (14 de Noviembre de 2016). aristegui.info. Obtenido de Mantenimiento de las tuberías: https://www.aristegui.info/mantenimiento-de-las-tuberias/

Arocha Ravelo, S. (1980). Abastecimientos de Agua. Caracas: Ediciones Vega.

Asamblea Nacional. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Quito .

Avila Ayón , V., Rodríguez Quesada, A. L., & Lías Rodríguez , Y. (2005). Influencia de los parámetros medioambientales en la corrosión de elementos estructurales metálicos. . Ciencias Holguín, 3-8.

AWWA, A. (2002). CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA . Madrid: The McGRAW-HILL COMPANIES, INC.

CARE Internacional - Avina. (2012). Módulo 5. Operación y Mantenimiennto de sistemas de agua potable. Ecuador.

Cepero Rubio, A., Duran Pous, A., Pinto Aguado, F., Casas Beltran, F., Gandía Artigues, J., Agudo Fernández, L.-A., & Pérez Navarro , M. (s.f.). Mantenimiento de redes de agua a presión. Parte I: Reparaciones.

CEPIS. (1984). Manual DTIAPA C5. Evaluación de Plantas. Lima.

CEPIS. (2002). Desinfección del agua. Lima.

CEPIS. (2004). Operación y Mantenimiento para Líneas de Conducción e Impulsión de Sistemas de Abastecimientos de Agua Rural. Lima: Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

CEPIS. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida. Lima.

CEPIS. (2005). Manual IV: Operación, Mantenimiento y Control de calidad. Lima.

CISA CONTROL IGNÍFUGO . (s.f.). controlignifugo. Obtenido de Pinturas especiales contra la corrosión: https://www.controlignifugo.es/pinturas-especiales-contra-la-corrosion/

Comision Nacional del Agua. (s.f.). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México.

CONAGUA. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Mexico: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Mexico.

Corcho Romero, F. H., & Duque Cerna, J. I. (2005). Acueductos teoría y diseño. Medellín: Universidad de Medellín.

DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, ALBANY. (1969). MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS. MEXICO, D.F.: LIMUSA WILEY, S.A.

Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Phoenicia University, & Faculty of Construction and Environment (FCE). (2019). Leak detection in water distribution networks: an introductory overview.

Ecuador Estratégico EP, E. (2017). Noticias.

Fleming Payne, H. (1973). TECNOLOGIA DE PINTURAS. Madrid: BLUME.

Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. (2011). Manual de administración, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y saneamiento. Guatemala.

Idrovo Murillo, D. B., Barrera Tamaríz, R., Espinoza Ormaza, L., Ochoa Bernal, F., Reyes Jervez, E., & Vásquez Sempértegui, P. (1999). Diseño, Construcción, Operaciónn, Mantenimiento y Evaluación de Sistemas de Agua Potable. Quito: Gráfica Hernandez.

Interconsulting Bureau S.L - ICB Editores. (2017). Calidad de aguas, usos y aprovechamiento. Bogotá: ICB Editores.

Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. SciELO, 1-10.

Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. Scielo, 2.

Luft, P. F. (1948). LA PINTURA Y SU APLICACIÓN. Buenos Aires: Ediciones Librería del Colegio.

Maroto, J. P., & Casañé, J. M. (1964). ABASTECIMIENTO DE AGUAS: Tomo II: DEPURACIÓN - EXPLOTACIÓN - LEGISLACIÓN. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Martín, F. W., Gil Fundora, S., & Treto Monzón., B. (2014). Fundamentos de la Corrosión y Protección de Metales. Cuba.

Mataix, C. (1982). MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS. México: Offset Rebosán, S.A.

McFarland, M. L., & Dozier, M. C. (s.f.). Texas Water. Obtenido de Problemas del agua: El hierro y el manganeso: https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman.pdf

Ministerio de Fomento. (2012). Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado. España: Centro de Publicaciones.

Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. (1997). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (B. Rius Sabador, Ed.) Obtenido de NTP 446: Fallo de componentes: Válvulas: https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_446.pdf/a866033b-e4f6-430c-891a-14954f96fa7a

Ministerio del Agua de Bolivia. (2007). Manual de Operacion y Mantenimeinto de Sistemas de Agua Rurales. La Paz: ABBASE LTDA.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2018). Elaboración del Plan de Manejo del AREA NACIONAL DE RECREACIÓN QUIMSACOCHA. Cuenca: INSIGMA Cía.Ltda.

Okun, D. A., & Schulz, C. R. (1992). Surface water treatment for communities in developing . London: Intermediate Technology Publ,.

OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Ginebra.

OPS/CEPIS. (2001). Manual del Inspector: COMO REALIZAR INSPECCIONES SANITARIAS EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE AGUA. Honduras: OPS/CEPIS.

OPS/CEPIS. (2002). Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Lima.

OPS/CEPIS. (2004). GUÍA DE DISEÑO PARA LÍNEAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL. Lima. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TIXE%202004b.%20O%26M%20l%C3%ADneas%20de%20conducci%C3%B3n%20e%20impulsi%C3%B3n.pdf

OPS/CEPIS. (2005). Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas. Lima.

Pérez, L. R. (s.f.). Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox. Obtenido de Tanque de almacenamiento: https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento

Portete, G. d. (2020). PDOT Victoria del Portete 2019-2023. Cuenca, Victoria del Portete.

Porto Quintian, J. M. (2005). RUC. Obtenido de Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/13853/PortoQuintian_JesusManuel_PFC_2005_01de5.pdf

Pürschel, W. (1976). La captación y el almacenamiento del agua potable. España: URMO S.A. .

Purshel, W. (1976). LA CALIDAD DE LAS AGUAS Y SU TRATAMIENTO. Bilbao: URMO, S.A. DE EDICIONES.

Ramírez Quirós, F. (2005). Tratamiento de Desinfección del Agua Potable. Madrid: Canal Educa.

Rebollo Gallego, J. M. (2014). Replanteo de redes de distribucion de agua y saneamiento. Málaga: IC Editorial.

Reyes, E., & Quezada, G. (2002). Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable. Quito: CAMAREN.

Rocha, A. (2003). La bocatoma, estructura clave en un proyecto de aprovechamiento hidráulico. Piura.

Romero Rojas, J. A. (1999). Potabilización del agua (3 ed.). Mexico: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.

Romero Rojas, J. A. (2002). PURIFICACIÓN DEL AGUA. Bogotá: Nuevas Ediciones Ltda.

Romero Rojas, J. A. (2005). Calidad del Agua. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

SAGARPA. (2011). Lineas de conducción por gravedad. Texcoco.

Sánchez de Guzmán, D. (2006). Durabilidad y patología del concreto. Bogotá: Multilibros.

SENA. (1999). OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA. Colombia.

SENA. (1999). OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA. Bogotá: Sena publicaciones.

SENA, & Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia. (1999). OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA. Cali: Sena publicaciones.

Sierra Ramiréz, C. A. (2011). CALIDAD DEL AGUA: Evaluación y diagnóstico. Medellín: Ediciones de la U.

Steel, E. W. (1965). ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Troglia, G. (2010). ESTRUCTURAS METALICAS (SEPTIMA EDICIÓN ed.). Córdoba: Universitas Libros.

Trujillo López, A. L. (2007). Principios básicos de calidad y tratamiento del agua potable. Manizales: Universidad de Caldas.

Tuesca Molina, R. d., Ávila Rangel, H., Sisa Camargo, A., & Pardo Castañeda, D. (2015). Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano: Análisis de tendencia de variables para consolidar mapas de riesgo. Barranquilla: Universidad del Norte.

USAID. (2016). MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD . Tegucigalpa: RILMAC Impresores, S. de R.L de C.V.

Valderrama, J. O. (1999). INFORMACION TECNOLOGICA. La Serena: Editorial del Norte - Brasil 431.

VALVE AND MANUFACTURING CORP. (s.f.). Valve Matic. Obtenido de https://www.valmatic.com/Portals/0/pdfs/ARCL-OM1-1-Spanish.pdf

7. Anexos

7.1. Encuestas realizadas

ENCUESTA DEL FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LAS CAPTACIONES Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE PUCARALOMA

CAPTACIÓN:

¿Cuáles son sus componentes? Azud, tubería ø 110, En la captación 1 hay una válvula de desfogue, captación 2 malla plástica y tubería perforada ø110, cajón de unión, tee. Para los desarenad 2 válvulas de control, 2 tub. rebose ø200, 2 tub filtrantes ø160, 2 val. cierre 2 veltede 4 cajon 2 tanque rectan

¿Cómo funciona? Capt. 1 opera directo, Capt. 2 opera directo. Capt. 3 Se colocan piedras grandes para formar una barrera para que el nivel del agua en el embalse suba y se capte.

¿Cómo se realiza el mantenimiento, que actividades ejecuta y con qué frecuencia? - Revisión del desarenador y cajón de unión cada 15 días - cada mes Revisión del embalse, que no existan residuos grandes o animales muertos - En la captación 2 se limpia tubería filtrante con inspecciones cada 15 días - Revisión completa de todas las válvulas cada 15 días - Engrasado de válvulas de control y desfogue cada 6 mes - Pintura cada año.

¿Qué otras actividades se realizan para controlar el buen funcionamiento y mantenimiento y con qué frecuencia?

Lavado del cajon de la captación 2 cada 15 días con cepillo. Inspecciones del colar de la captación 3 para regular el paso. Revisión del cajón de la tubería de la captación 2.

¿Con qué frecuencia se realiza el mantenimiento en los desarenadores y actividades que realiza?

Lavado cada 15 días

- Revisión de válvulas aereadoras cada 15 días.

¿Cómo se realiza el lavado de los desarenadores? Alternando los 2.

Se cierra la válvula de control al ingreso, se cierra la valv. control en la salida, se abre la valv. de desfogue y se vacía el desarenador, se ingresa y se cepillan las paredes y el piso, se limpia la tubería filtrante, se abre la valv. de ingreso, se espera que el agua corra y limpie los residuos y se cierra la de desfogue, se espera que se llene y se abre la válv. de salida.

¿Con que frecuencia se realiza el desbroce del área circundante a los desarenadores?

Cada 3 o 4 meses.

Observaciones Los desarenadores están cercados.

CONDUCCIÓN:

¿Descripción de la línea de conducción, longitud aproximada, componentes?

Tubería PVC Ø110, 2 válvulas de purga, 8 valvulas aereadoras 6 válvulas de control, 6 cajones rompepresión, 6 válvula de desfogue codos, tapas, 1 sifón.

¿Actividades que se realiza para la operación y con qué frecuencia?

Apertura o cierre de válvulas de control.

¿Actividades que se realiza para el mantenimiento, y con qué frecuencia?

- Lavado de los tramos de la tuberias cada 6 meses. y desinfeccio se cierra el paso de la válvula de control del final del tramo y se abre la válvula de desfogue, se ingresa, se lava con cepillo y solución de cloro, se abre la válvula de ingreso para que entre una cantidad mínima de agua y se lleve los restos del cloro, se cierra la válvula de desfogue y se abre completamente la de control.

¿Qué otras actividades se realizan para controlar el buen funcionamiento y mantenimiento de la conducción?

Cuando disminuye el caudal en la planta se realiza una inspección de las válvulas aereadoras, y se revisan si existen fugas.

Observaciones:

FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA PTAP

¿En qué ocasiones se cierra la válvula de lavado de las cajas ubicadas en la conducción y por cuánto tiempo?

lo más rapido posible, máximo 1 hora.

¿Cuáles son las medidas de seguridad que tiene el operador para realizar el recorrido hacia las captaciones?

Lleva radio portatil, celular, machete o pala, botas, impermeabilizante, guantes

Sr. Luis Lucero

Operador del Sistema de Agua Potable

ENCUESTA DEL FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENNTO DE LA PTAP DE PUCARALOMA

CAJÓN DE LLEGADA:

¿Cuáles son sus componentes? Vertedero, Válvula Bypass, 3 Válvulas de control, 1 válvula de descarga; Tubería de entrada ø110, Tubería de salida ø110, Tubería de rebose ø110, 2 Tuberías de descarga y limpieza ø110, cajón de entrada dividido por el vertedero, pozo de descarga, codos, tee, tapas

¿Cómo funciona? Llega el agua por la tubería de ingreso hasta la primera válvula de control, esta se abre y pasa hacia la segunda válvula de control que se encuentra en la entrada del cajón, después si esta está abierta ingresa al tanque y pasa por el vertedero, luego sale por la tubería de salida que lleva el agua hacia los filtros.

¿Cómo se realiza el lavado del cajón y con qué frecuencia? Se cierra el paso de agua hacia el cajón y también se cierra la válvula de control en la salida, se abre la válvula de descarga una vez esté vacío el tanque se lava internamente, luego se abre la válvula de ingreso y se limpia con esta agua, una vez que ya esté limpio se cierra la válvula de descarga se abre la de salida. Frecuencia de 1 a 2 semanas depende de turbiedad.

¿Cómo se realiza la derivación cuando llega un caudal que excede la capacidad de la PTAP?

Cuando llega un caudal excesivo el nivel del agua en el cajón sube y cuando alcanza el nivel de la tubería de rebose el agua ingresa por esta y es derivada hacia el pozo de descarga y posteriormente a la quebrada.

¿Qué otras actividades se realizan para controlar el buen funcionamiento y mantenimiento del cajón de llegada y con qué frecuencia?

- Limpieza en la captación cada mes y medio, en invierno cada 2 semanas
- Desinfección se realiza junto con la limpieza
- Engrasado y chequeo de válvulas cada 6 meses
- Desbroce cada mes
- Pintar elementos cada 6 meses.

Observaciones Para el ingreso se ocupa una escalera ya que no se tiene un acceso adecuado hacia el cajón y el vertedero no tiene un buen funcionamiento.

FILTROS:

¿Cuáles son los componentes de los filtros gruesos? Cajón de entrada, cajón de salida, tanque circular, pozo de limpieza y desfogue, Tuberias de llegada al cajón de entrada del tanque circular y entrada al tanque ø110, Tuberia de salida al filtro fino ø110, Tubería de descarga ø200, válvulas de control, válvula de desague, codos, unión, tee, tapas vertedero rectangular, 3 capas de grava, mallas de division

¿Cómo funciona el filtro grueso? Una vez que el agua llega al cajón de entrada del filtro sale por la tuberia de ingreso al tanque que lleva el agua desde la parte inferior hasta la superior, cuando alcanza el nivel de la entrada a la caja de salida el agua circula por esta, pasa por un vertero pequeño y sale por la tuberia de salida del filtro grueso.

¿Cuáles son los componentes de los filtros lentos? Cajón de entrada, cajón de salida, cajón de unión de tuberias de filtros, Tubería de llegada, tuberia de salida, Tuberia de limpieza, tuberia de llegada por bypass, válvulas de control, válvula de desague, codos, tapa, tee, unión, reducción, 3 capas de árido fino.

¿Cómo funciona el filtro lento? Una vez que llega al tanque de entrada sale de este hacia el filtro circular, se llena de arriba hacia abajo y pasa atravez del árido fino, luego sale por la tuberia interna que lleva el agua al cajón de salida, pasa por un vertero pequeño dentro del cajón de salida y sale por la tubería de salida del filtro hacia el cajón de unión de filtros y luego hacia la camara de contacto

¿Cómo se realiza el lavado del filtro grueso y con qué frecuencia? Un lavado rápido cada semana. Primero se cierra el paso del agua que sale de este filtro y se abre la de descarga y al existir una tubería perforada de descarga, no se permite que salga la grava y solamente sale el agua, se lava el filtro y con el paso del agua se va lavando la grava, una vez que ya sale el agua limpia, se cierra la de descarga y se abre la de salida hacia el filtro fino. Desinfección cada 2 meses.

¿Cómo se realiza el lavado del filtro lento y con qué frecuencia? Se lava cada semana a 2 semanas dependiendo la turbiedad y la desinfección se hace conjuntamente con el lavado.

Se cierra el paso del agua a la salida del filtro lento, se abre la válvula de desague y se evacua el agua, se cierra la válvula de control al ingreso del filtro.

→ Se procede a raspar aprox 5cm de espesor de la capa biológica con rastrillo cuando se observa el desgaste del lecho de arena se procede a lavar el filtro.

Cuando se requiere un lavado más completo se sacan las capas de arena, y las mallas, se lava el filtro por dentro y se coloca otras 3 capas de arena limpia y seca y sus mallas limpias, se abren las valvulas de control y se cierra la de descar

2

99

* Tipo de arena:

Diámetro nominal y espesor de la capa 1 ....e= 30cm....

Diámetro nominal y espesor de la capa 2 ....e=30cm....

Diámetro nominal y espesor de la capa 3 ....e= 30 cm....

Tipo de grava:

Diámetro nominal y espesor de la capa 1 ....e= 30 cm....

Diámetro nominal y espesor de la capa 2 ....e= 30 cm....

Diámetro nominal y espesor de la capa 3 ....e=30 cm....

¿Dónde se depositan la arena y la grava una vez que fue lavado el filtro y esta se reutiliza?.....

Se deposita la arena en una plataforma donde se lava y se deja secar para utilizarla nuevamente.

¿Con qué frecuencia se realiza el desbroce del área circundante a los filtros?....Depende....

en temporada de lluvia cada 15 días y cuando es verano cada mes, siempre se esta inspeccionando.

¿Qué otras actividades se realizan para controlar el buen funcionamiento y mantenimiento de los filtros y con qué frecuencia?

- Engrasado de válvulas cada 6 meses
- Regular el agua que ingresa para evitar exceso de turbiedad.
- Se limpian las cajas de entrada y salida conjuntamente con el filtro circular.

Observaciones: Cuando se hace la limpieza de los filtros, se realiza por turnos.

DESINFECCIÓN:

Tipo de ~~hipoclorito~~ que se emplea: ....Cloro gas....

Método de dosificación que se emplea: Mezcla, con manguera se lleva el cloro gas al agua, para dosificación se hace una prueba de DPD

¿Cuál es el tiempo de contacto del agua con el desinfectante? ..aprox....1 hora en la mezcla.

¿Cómo se realiza la medición del caudal que ingresa a la cámara de contacto?...No hay una medición exacta, se aproxima con una marca provisional en el vertedero

¿Qué otras actividades se realizan para controlar el buen funcionamiento y mantenimiento de la cámara de contacto y con qué frecuencia?

- Lavado de paredes cada 2 meses, se corta el servicio si no tiene las adecuadas reservas, normalmente no se corta.

Observaciones: No hay una adecuada cobertura en la camara de contacto.

Deberia existir medidas de seguridad para la caseta y el tanque de cloro gas.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

¿Cómo se realiza el lavado y desinfección de los tanques y con qué frecuencia? (cada 3 meses) De los 3 tanques 1 es el principal que abastece a la población. cuando se tienen que lavar se corta el paso hacia la distribución y se abre el desfogue para que se vacíe, se ingresa al tanque y se lavan las paredes y el piso (o se desinfecta) se deja correr el agua hasta que se hayan ido todos los residuos de la limpieza y se cierra el desfogue, se deja llenar el tanque y se abre la valvula de paso a la distribucion

¿Se corta el suministro de agua durante el lavado de los tanques? Cuando se realiza el lavado del tanque principal sí. Cuando se realiza la desinfección se corta el servicio aprox medio día y se notifica antes.

¿Con qué frecuencia se realiza el desbroce del área circundante a los tanques?

Época de verano cada 20 a 30 días

Época de lluvia cada 7 a 15 días.

¿Qué otras actividades se realizan para controlar el buen funcionamiento y mantenimiento de los tanques de almacenamiento y con qué frecuencia?

Revisión de las reservas del tanque en el principal del 30% de la capacidad y en los tanques pequeños al menos 40%.

Al momento de lavar el principal se verifican reservas en el otro interno.

Observaciones: El tanque que se encuentra fuera de la planta solo abastece a una pequeña zona.

FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA PTAP

¿En qué ocasiones se realizan cortes de servicio y por cuánto tiempo? • Por roturas en tuberias

- En el lavado del tanque principal aprox 1 a 2 horas
- En la desinfección del tanque principal aprox medio día

¿Cuáles son las medidas de seguridad que tiene el operador para realizar la operación y el mantenimiento de la PTAP?

- Tiene guantes y protecciones para manipular el cloro gas
- Le proporcionan botas y utensilios para la limpieza de los componentes

7.2. Manual de operación y mantenimiento del sistema de agua potable de Pucaraloma

UCUENCA

MANUAL

PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA DESDE LA CAPTACIÓN HASTA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PARROQUIA VICTORIA DEL PORTETE

Andrea Carolina Chacha Jara

Kelly Yadira Poveda Tapia

Azuay - Cuenca

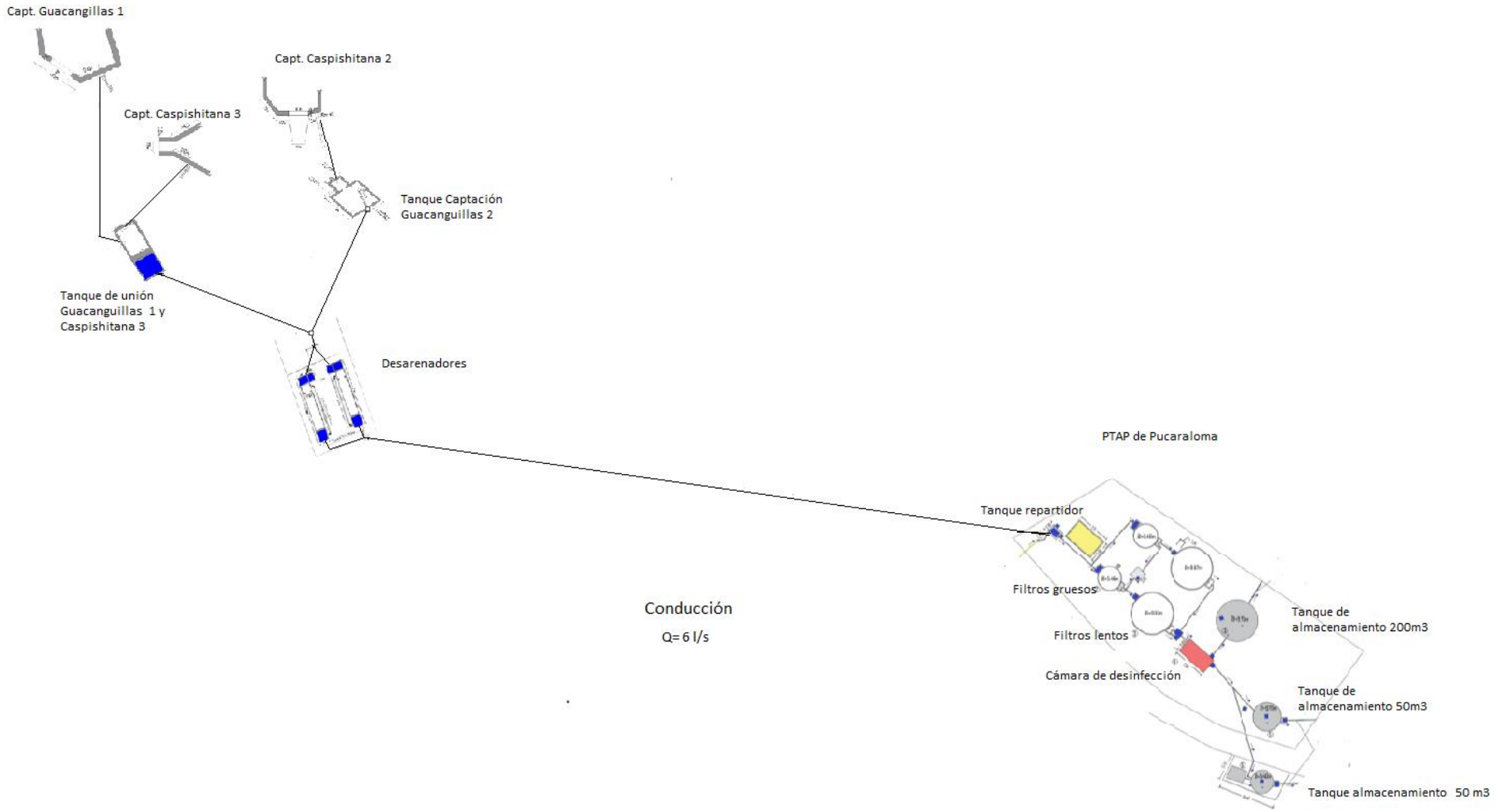
1. INTRODUCCIÓN 205
2. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCAROLOMA DESDE LAS CAPTACIONES HASTA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO 206
3. CAPTACIONES 207
3.1 Operación de las captaciones 207
3.1.1 Tanque de unión de la captación Guacanguillas 1 y Caspishitana 3 207
3.1.2 Desarenador 208
3.2 Mantenimiento de las captaciones 209
3.2.1 Herramientas, materiales y equipo de protección para los Operadores 209
3.2.2 Captaciones 210
3.2.3 Tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3 213
3.2.4 Desarenador 216
3.2.5 Formatos para registro de actividades y estado de los elementos de las captaciones 218
4. CONDUCCIÓN 225
4.1 Operación de la línea de conducción 225
4.1.1 Tanque rompe presión 226
4.2 Mantenimiento de la conducción 227
4.2.1 Herramientas, materiales y equipo de protección para los operadores 227
4.2.2 Línea de conducción 228
4.2.3 Tanque rompe presión 230
4.2.4 Formatos para registro de actividades y estado de los elementos de la conducción. 232
5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE 235
5.1 Operación de la planta de tratamiento de agua potable 235
5.1.1 Tanque repartidor 235
5.1.2 Filtros gruesos 236
5.1.3 Filtros lentos 237
5.1.4 Caseta de desinfección 238
5.1.5 Tanques de almacenamiento 240
5.2 Mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable 242
5.2.1 Herramientas y equipo de protección para los operadores 242
5.2.2 Tanque repartidor 243
5.2.3 Filtros gruesos 246
5.2.4 Filtros lentos 249
5.2.5 Caseta de desinfección 253
5.2.6 Tanques de almacenamiento 256
5.2.7 Formatos para el registro de actividades y estado de los elementos de la planta de tratamiento de agua potable 259
6. FORMATO DE REPORTE DE DAÑOS PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE 265
7. BIBLIOGRAFÍA 266

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual de operación y mantenimiento debe ser empleado en el sistema de agua potable de Pucaraloma, cuando se hayan realizado los rediseños ingenieriles requeridos para los componentes que lo conforman.

A continuación, se presentan las actividades y procedimientos relacionados a la operación y mantenimiento del sistema desde las captaciones hasta los tanques de almacenamiento, de manera que su aplicación posibilite al personal técnico realizar de la mejor manera las actividades, para que se garantice la calidad del servicio y prolongue la vida útil de los componentes y elementos del sistema, además se presentan los formatos para el registro de las actividades respectivas.

2. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCAROLOMA DESDE LAS CAPTACIONES HASTA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO



3. CAPTACIONES

3.1 Operación de las captaciones

Operación normal

- La operación consiste en la apertura o cierre de las válvulas de compuerta de control para permitir el ingreso del agua captada hacia la conducción.

Operación eventual

- Cuando el personal encargado observe que el agua que llega a la PTAP presente un color rojizo más intenso que el color característico de esta agua, mayores partículas suspendidas, y se presenten las condiciones climáticas para este cambio, es decir lluvias intensas, el operador debe inspeccionar la captación Caspishitana 3 (ya que esta es la que generalmente presenta mayores valores en los parámetros ya mencionados) y deberá cerrar la válvula de compuerta de control de salida del agua captada.

Operación de emergencia

- Cuando sucedan desastres naturales o fallas graves imprevistas en las captaciones, el personal encargado deberá realizar una inspección y ejecutar el mantenimiento correctivo requerido para que el sistema vuelva a las condiciones normales de operación.

3.1.1 Tanque de unión de la captación Guacanguillas 1 y Caspishitana 3

Operación normal

- Revisar que el agua de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3 esté ingresando al tanque mediante la apertura de las válvulas de control instaladas en estas captaciones y al ingreso del tanque.
- Verificar que la válvula a la salida del tanque de unión esté abierta para permitir el paso del agua hacia los desarenadores.

Operación eventual

- En caso de que existan cambios en el color y la turbiedad del agua de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3 es decir se intensifique el color rojizo del agua, generalmente en época de lluvia, el operador deberá cerrar las válvulas de compuerta de control a la entrada y salida del tanque de unión para realizar las inspecciones y análisis de estas fuentes.

Operación de emergencia

- Cuando sucedan desastres naturales o fallas graves imprevistas en las captaciones o el tanque de unión, el personal encargado deberá realizar una inspección y cerrar la válvula de salida del tanque hasta que se realice el mantenimiento correctivo.

Observaciones

- El operador debe abrir o cerrar lentamente la válvula de compuerta de control de la conducción del agua de la captación Caspishitana 1, ubicada a la entrada del tanque de unión, debe demorarse al menos 7 a 10 segundos en realizar esta actividad, para evitar problemas de golpe de ariete.
-

3.1.2 Desarenador

Operación normal

- El personal encargado debe regular el caudal de entrada mediante la apertura o cierre parcial de la válvula de compuerta de control ubicada en la entrada de cada desarenador, por lo tanto, debe verificar el nivel de agua en la estructura de aforo de cada unidad, es decir que en cada estructura el nivel de agua no rebase la altura del desarenador de 0.96m, y exista una separación entre la capa sobrenadante y el borde superior de 0.15m, para evitar que el agua rebose la estructura.
- Al momento de realizar las inspecciones, debido al viento se puede encontrar residuos de hojas o ramas, por lo que el operador debe retirarlos y a su vez verificar la presencia de sedimentos en el fondo de cada desarenador para evacuarlos.

Operación de emergencia

- En caso que se registre lluvias intensas, el personal encargado debe realizar la inspección necesaria cuando el clima lo permita, para ello, debe emplear una vara marcada en 48cm, si las arenas depositadas sobrepasan esta marca, es necesario realizar la evacuación de los lodos.

3.2 Mantenimiento de las captaciones

3.2.1 Herramientas, materiales y equipo de protección para los Operadores

El operador deberá emplear las siguientes herramientas para la ejecución de las actividades de mantenimiento:

- Pala
- Escoba
- Rastrillo
- Varillas de acero o soportes para las tapas metálicas
- Cepillos de cerdas plásticas y de cerdas de acero
- Balde plástico capacidad de 10Lt
- Machete
- Brocha
- Trapo limpio.
- Fundas.

El operador deberá emplear los siguientes materiales, de acuerdo a la actividad que se requiere:

- Engrasante
- Solución de cloro o fosfato trisódico al 5 % requerida para cada estructura, acondicionador para limpiar PVC.
- Tuberías PVC
- Accesorios de repuesto: Codos, válvulas, uniones
- Cemento, agregados
- Pintura anticorrosiva
- Sellador, bloqueador de humedad para las estructuras de hormigón
- Limpiador de PVC
- Tapón de PVC de 90mm y 110 mm.

El equipo de seguridad para el operador consiste en:

- Ropa de trabajo
- Botas de caucho
- Guantes de hule
- Mascarilla, gafas de protección y poncho impermeable
- Celular

3.2.2 Captaciones

Mantenimiento preventivo:

Cada 2 semanas:

- Realizar inspecciones del embalse de cada captación y retirar cualquier material contaminante como ramas, vegetación, animales o basura que haya sido retenido en el dique y/o azud.
- Revisar el estado de la malla de polietileno del embalse de cada captación y limpiarla.
- Revisar el estado de la malla de polietileno del tanque de la captación Caspishitana 2 y limpiarla.
- Revisar el tanque de la captación Caspishitana 2 y retirar cualquier rama, animal o basura que haya quedado retenido en la malla colocada sobre el tanque.
- Revisar el espesor de los sedimentos acumulados en el tanque de la captación Caspishitana 2 y evacuarlos y limpiar el tanque si supera los 20 cm, deberá limpiar la tubería filtrante para evitar obstrucciones.

Mensualmente:

- Verificar que las paredes de las estructuras de hormigón estén en buen estado y no existan grietas o manchas.
- Revisar el estado de la tubería de cada captación, retirar cualquier material que pueda obstruirla y limpiarla.
- Realizar el desbroce y limpieza del área circundante a cada captación, esta actividad se debe realizar cada 2 semanas en época de lluvia.
- Realizar el desbroce y limpieza del área circundante al tanque de la captación Caspishitana 2, esta actividad se debe realizar cada 2 semanas en época de lluvia.
- Evacuar los sedimentos acumulados en el tanque de la captación Caspishitana 2 y realizar la limpieza del tanque y de la tubería filtrante para evitar obstrucciones.

- Maniobrar las válvulas de compuerta girando ¼ de vuelta a la izquierda y a la derecha para evitar que se endure y engrasarla con unas gotas de aceite.
- Limpiar el interior de las cámaras de cada válvula.
- Revisar el estado de los candados y de las tapas metálicas.

Trimestralmente:

- Realizar la limpieza de cada captación, del dique y/o azud y la tubería de PVC.
    1. Tapar la entrada de la tubería de PVC de la captación, empleado un tapón de PVC del diámetro de la tubería.
    2. Si se está limpiando la captación Caspishitana 3, desviar el agua hacia la quebrada quitando la barrera de la acequia lateral para facilitar el trabajo.
    3. Limpiar las superficies de hormigón con un cepillo plástico de cerdas gruesas, puede emplear fosfato trisódico al 5 % para evitar la formación de moho y manchas, si se observa que la superficie ya está manchada, no debe utilizar detergente.
    4. Limpiar las tuberías de PVC de cada captación para evitar que se manchen, puede utilizar el acondicionador polilimpia de Plastigama.
    5. Si se está limpiando la captación Caspishitana 3, colocar la barrera en la acequia para que el agua se embalse.
    6. Dejar correr el agua por el dique y/o azud hasta que no se observen residuos de la limpieza en el embalse.
    7. Cuando se hayan retirado todos los residuos de la limpieza, quitar el tapón de la tubería de PVC.

- Limpiar y desinfectar el tanque de la Captación Caspishitana 2 y extraer los sedimentos acumulados.
    1. Cerrar la válvula de compuerta de PVC instalada en la captación Caspishitana 2.
    2. Preparar la solución de limpieza y/o desinfección, puede usar fosfato trisódico al 5 % para evitar la formación de moho y manchas, o preparar una solución de cloro de para desinfectar las paredes. Disolver seis (6) cucharas grandes de hipoclorito de calcio al 30-35% en un balde con 10 litros de agua.
    3. Retirar la malla plástica colocada sobre el tanque.
    4. Una vez que el tanque esté vacío, ingresar a este y retirar los sedimentos.
    5. Limpiar las paredes con un cepillo de cerdas plásticas y trapo.
    6. Revisar la tubería de filtración y limpiarla.
    7. Retirar los residuos de la limpieza con baldes con agua y un trapo.

8. Colocar y asegurar la malla plástica sobre el tanque.
9. Abrir la válvula de compuerta de PVC instalada en la captación Caspishitana 2.

Semestralmente:

- Desinfectar con cloro la superficie de las paredes de hormigón de las captaciones empleando el siguiente procedimiento:
  1. Preparar la solución de cloro para desinfectar las paredes, disolver seis (6) cucharas grandes de hipoclorito de calcio al 30-35% en un balde con 10 litros de agua.
  2. Si se está limpiando la captación Caspishitana 3, desviar el agua hacia la quebrada quitando la barrera de la acequia lateral para facilitar el trabajo del operador.
  3. Tapar la entrada de la tubería de PVC, empleado un tapón de PVC del diámetro de la tubería.
  4. Limpiar las superficies de hormigón con un cepillo plástico de cerdas gruesas.
  5. Con un trapo frotar las paredes de hormigón con la solución preparada, el operador debe usar mascarilla y guantes de hule para manipular el desinfectante.
  6. Si se está limpiando la captación Caspishitana 3, colocar la barrera en la acequia lateral para que el agua se embalse.
  7. Dejar correr el agua por el dique y/o azud.
  8. Cuando se hayan retirado todos los residuos de la desinfección, quitar el tapón de la tubería de PVC.
- Revisar el estado de los cerramientos.
- Revisar el estado de la señalización y los elementos metálicos y pintarlos con pintura anticorrosiva si se observa que la pintura se está desgastando, se puede emplear Sikagard®-62.

Mantenimiento correctivo:

- Si en las inspecciones se observa que las tuberías están en mal estado y/o tienen roturas, se debe reemplazar el tramo de la tubería.
- Si se observa que el cerco está en mal estado se debe repararlo reemplazando la malla.
- Revisar el estado de la señalización y elementos metálicos y pintar con pintura anticorrosiva si se observa corrosión, puede emplear Sikagard®-62.

  1. Lijar las partes donde se presente óxido.
  2. Limpiar la superficie.

3. Aplicar 1 capa de la pintura anticorrosiva sobre la superficie preparada, para esto se puede emplear brocha o rodillo.
4. Una vez seca la primera capa se coloca una segunda capa de pintura anticorrosiva.
5. Dejar secar la pintura.

Observaciones:

- Por las características desfavorables de clima y suelo, antes de salir hacia las captaciones el grupo encargado de la operación y mantenimiento debe revisar que el clima se favorable y estas actividades deben realizarse en la mañana para evitar accidentes.
- La frecuencia de las actividades de mantenimiento, está en función del clima y de las características del agua, por lo tanto, se pueden realizar con mayor frecuencia cuando estas condiciones son desfavorables.
- Todas las actividades de mantenimiento deben ser anotadas en la hoja de registro correspondiente a captaciones.

3.2.3 Tanque de unión de las captaciones Guacanguillas 1 y Caspishitana 3

Mantenimiento preventivo

Mensualmente:

- Realizar una inspección del estado del tanque y de las tuberías.
- Revisar el estado de los candados y de las tapas metálicas.
- Maniobrar las válvulas de compuerta girando ¼ de vuelta a la izquierda y a la derecha para evitar que se endure y engrasarlas con unas gotas de aceite.
- Limpiar el interior de las cámaras que protegen a las válvulas de compuerta.
- Limpiar la parte externa de la estructura y sus alrededores retirando maleza, piedras y contaminantes u otros materiales extraños.

Trimestralmente:

- Realizar la limpieza del interior del tanque de unión, emplear una solución de fosfato trisódico al 5 % para eliminar manchas o moho, si se observan manchas en la estructura no se recomienda el uso de detergentes ya que puede agravar el problema.

1. Cerrar la válvula de compuerta de control de la captación Guacanguillas 1, ubicada a la entrada del tanque de unión, para cerrarla debe demorarse de 7 a 10 segundos para evitar golpe de ariete.
2. Cerrar la válvula de compuerta instalada en la captación Caspishitana 3.
3. Cerrar la válvula de compuerta de control a la salida del tanque de unión.
4. Abrir la válvula de limpieza y dejar que el tanque de unión se vacíe.
5. Fregar las paredes y el fondo del tanque de unión con la solución.
6. Abrir la válvula de compuerta de control de la captación Guacanguillas 1, ubicada a la entrada del tanque de unión.
7. Limpiar las tuberías de PVC para evitar que se manchen, puede utilizar el acondicionador polilimpia de Plastigama.
8. Dejar que el agua arrastre los residuos de la limpieza y salga por la tubería de limpieza.
9. Cuando ya hayan salido todos los residuos, cerrar la válvula de compuerta de limpieza del tanque de unión.
10. Abrir la válvula de compuerta de control a la salida del tanque de unión.
11. Abrir la válvula de compuerta instalada en la captación Caspishitana 3.

- Limpiar las paredes externas del tanque con fosfato trisódico al 5 % para eliminar manchas y moho.

Semestralmente:

- Desinfectar el interior del tanque de unión empleando el siguiente procedimiento:
  1. Preparar la solución de cloro para desinfectar las paredes. Disolver seis (6) cucharas grandes de hipoclorito de calcio al 30-35% en un balde con 10 litros de agua.
  2. Cerrar la válvula de compuerta de control de la captación Guacanguillas 1, ubicada a la entrada del tanque de unión, para cerrarla debe demorarse de 7 a 10 segundos para evitar golpe de ariete.
  3. Cerrar la válvula de compuerta instalada en la captación Caspishitana 3.
  4. Cerrar la válvula de compuerta de control a la salida del tanque de unión.
  5. Abrir la válvula de limpieza y dejar que el tanque se vacíe.
  6. Limpiar con cepillo de cerdas plásticas y retirar residuos que se encentren en las paredes o el fondo del tanque.
  7. Fregar las paredes y el fondo del tanque con la solución.
  8. Abrir la válvula de compuerta de control de la captación Guacanguillas 1, ubicada a la entrada del tanque de unión.

9. Dejar que el agua arrastre los residuos de la limpieza y salga por la tubería de limpieza del tanque de unión.
10. Cuando ya hayan salido todos los residuos, cerrar la válvula de compuerta de limpieza del tanque de unión.
11. Abrir la válvula de compuerta de control a la salida del tanque de unión.
12. Abrir la válvula de compuerta instalada en la captación Caspishitana 3.

Anualmente:

- Revisar el estado de las paredes externas del tanque.
- Revisar el estado de los elementos metálicos y la señalización y pintar con pintura anticorrosiva si se observa desgaste en la pintura, se puede emplear Sikagard®-62.

Mantenimiento correctivo:

- Pintar la pared exterior del taque.
  1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% si se evidencian manchas o moho. No emplear detergentes ya que puede manchar más la superficie.
  2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica o de látex (pintura cóndor), o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).
- Si la tubería de rebose se encuentra en mal estado o presenta roturas, se debe reemplazarla con otra.
- Pintar la señalización con pintura anticorrosiva.
- Pintar los elementos metálicos que se encuentran desgastados o en los que hay presencia de corrosión con pintura anticorrosiva, se puede emplear Sikagard®-62.

  1. Lijar las partes donde se presente óxido.
  2. Limpiar la superficie.
  3. Aplicar 1 capa de la pintura anticorrosiva sobre la superficie preparada, para esto se puede emplear brocha o rodillo.
  4. Una vez seca la primera capa se coloca una segunda capa de pintura anticorrosiva.
  5. Dejar secar la pintura.

Observaciones:

- Por las características desfavorables de clima y suelo, antes de salir hacia el tanque de unión el grupo encargado de la operación y mantenimiento debe revisar que el clima se favorable y estas actividades deben realizarse en la mañana para evitar accidentes.
- Todas las actividades de mantenimiento deberán ser anotadas en la hoja de registro correspondiente a captaciones.

3.2.4 Desarenador

Mantenimiento preventivo

Mensualmente:

- Revisar el estado general de las cámaras y las válvulas de compuerta de control de entrada, salida y drenaje, se debe asegurar de girar las válvulas para que no se endurezcan, girar ¼ de vuelta hacia la izquierda y derecha. Aplicar unas gotas de aceite para lubricarlas,
- Revisar los candados de las tapaderas y colocar un poco de aceite para lubricarlos, de tal manera que entre fácilmente la llave.
- Realizar el desbroce del área circundante de los desarenadores.
- Revisar el estado de las tuberías PVC, de la tubería de rebose, apoyo y de las uniones. En caso que se requiera realizar el cambio o reparación de la misma.

Cada dos meses:

- Evacuar los sedimentos que se depositan en el fondo de la unidad, verificando que las arenas depositadas llenen un 50% la capacidad del espacio del desarenador, por ello, emplear una vara con una marca en los 48cm, introducir esta vara en el desarenador, observar si los sedimentos superan esta marca, y proceder con la limpieza.

Trimestralmente:

- Lavar cada unidad de manera alternada y emplear el siguiente procedimiento:
    1. Cortar el flujo de agua hacia el desarenador para ello cerrar la válvula de compuerta de control de llegada al desarenador del agua captada.
    2. Cerrar la válvula de compuerta de control a la salida del desarenador.
    3. Desprender el material adherido en el fondo y en las paredes del tanque de entrada y salida, con un cepillo plástico.

4. Abrir la válvula de compuerta de limpieza para evacuar el agua y sedimentos (lodos).
5. Remover los sedimentos del fondo del desarenador hacia el drenaje, sacarlos con baldes, carretillas. Luego con un cepillo plástico, limpiar las paredes y fondo del tanque para eliminar todo el material adherido.
6. Lavar con agua paredes y piso hasta dejar completamente limpia las superficies.
7. Al terminar la limpieza, cerrar la válvula de limpieza y abrir la válvula de compuerta de control de ingreso para llenar la unidad.
8. Cuando la unidad esté llena, abrir la válvula de compuerta de control de salida de la unidad.

Semestralmente:

- Se debe realizar la desinfección del desarenador, por lo tanto, se emplea el procedimiento de lavado para cada unidad. Al momento de lavar las paredes y piso, se emplea una solución de 9 cucharas de hipoclorito de calcio al 30% en un balde de 15L de agua, con un trapo se limpia toda la superficie.
- Se debe limpiar completamente la unidad con una corriente de agua, para remover los residuos del hipoclorito.

Anualmente:

- El operador debe revisar el estado de las estructuras de hormigón, para detectar deterioros en la estructura.
- Debe realizar la reparación o reemplazo de válvulas.
- Pintar los elementos metálicos empleando pintura anticorrosiva, se puede emplear Sikagard®-62.

Mantenimiento correctivo

- De acuerdo a las inspecciones realizadas en las estructuras de hormigón, en caso que se encuentren fisuras se debe ejecutar las reparaciones. Emplear el siguiente procedimiento:
  1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de acero, de tal manera que se remuevan las partículas desprendidas del enlucido.
  2. Emplear una corriente de agua para que la superficie quede completamente limpia.
  3. Colocar el líquido endurecedor de material flexible para rellenar las fisuras, se puede emplear el líquido SikaTop77, para ello se forma una mezcla de cemento, arena fina y lavada, agua diluida con SikaTop77, hasta obtener una consistencia cremosa.
  4. Colocar sobre la superficie.

- En caso, que se presenten desprendimientos de hormigón en el enlucido, se puede recubrir empleando una mezcla mortero.
- Para pintar las estructuras de hormigón, seguir el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% de la solución. No emplear detergentes.
    2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica (pintura cóndor) o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).

Observaciones:

- La frecuencia de las actividades de mantenimiento, está en función del clima y de las características del agua, por lo tanto, depende del criterio del operador, realizarlas con mayor frecuencia. Se debe realizar pruebas físico - químicas del agua que se capta al menos una vez al año para verificar que no haya cambios importantes en la naturaleza del agua que se capta.

3.2.5 Formatos para registro de actividades y estado de los elementos de las captaciones

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
CAPTACIÓN GUACANGUILLAS 1						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
EMBALSE	LIMPIEZA DEL EMBALSE (RETIRAR RAMAS/ANIMALES/BASURA)					
MALLA POLIETILENO	LIMPIEZA DE LA MALLA DE POLIETILENO					
DIQUE/AZUD	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TUBERIA 90 mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
VÁLVULA	MANIOBRAR LA VÁLVULA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA					
CÁMARA DE VÁLVULA	LIMPIEZA DE LA CÁMARA DE VÁLVULA					
CERRAMIENTO	REVISIÓN DEL ESTADO DEL CERRAMIENTO					
CANDADOS	ENGRASAR LOS CANDADOS					
CAPTACIÓN	LIMPIEZA DE LA CAPTACIÓN					
	DESINFECCIÓN DE LA CAPTACIÓN					
	DESBROCE AREA CIRCUNDANTE A LA CAPTACIÓN					
TAPA METÁLICA	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TAPA					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
CAPTACIÓN CASPISHITANA 2						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
EMBALSE	LIMPIEZA DEL EMBALSE (RETIRAR RAMAS/ANIMALES/BASURA)					
MALLA POLIETILENO	LIMPIEZA DE LA MALLA DE POLIETILENO					
DIQUE/AZUD	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TUBERIA 110 mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
VÁLVULA	MANIOBRAR LA VÁLVULA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA					
CÁMARA DE VÁLVULA	LIMPIEZA DE LA CÁMARA DE VÁLVULA					
CERRAMIENTO	REVISIÓN DEL ESTADO DEL CERRAMIENTO					
CANDADOS	ENGRASAR LOS CANDADOS					
	LIMPIEZA DE LA CAPTACIÓN					
	DESINFECCIÓN DE LA CAPTACIÓN					
	DESBROCE AREA CIRCUNDANTE A LA CAPTACIÓN					
TAPA METÁLICA	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TAPA					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
TANQUE CAPTACIÓN CASPISHITANA 2						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
INTERIOR TANQUE CASPISHITANA 2	REVISIÓN DE LAS PAREDES DE HORMIGÓN					
	REMOCIÓN DE SEDIMENTOS					
	LIMPIEZA DEL TANQUE CASPISHITANA 2					
	DESINFECCIÓN DEL TANQUE CASPISHITANA 2					
	DESBROCE AREA CIRCUNDANTE AL TANQUE CASPISHITANA 2					
MALLA POLIETILENO TANQUE	LIMPIEZA DE LA MALLA DE POLIETILENO					
TUBERÍA FILTRANTE 110 mm	LIMPIEZA DE LA TUBERÍA FILTRANTE					
CERRAMIENTO TANQUE CASP. 2	REVISIÓN DEL ESTADO DEL CERRAMIENTO					
CANDADO	ENGRASAR EL CANDADO					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
CAPTACIÓN CASPISHITANA 3						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
EMBALSE	LIMPIEZA DEL EMBALSE (RETIRAR RAMAS/ANIMALES/BASURA)					
MALLA POLIETILENO	LIMPIEZA DE LA MALLA DE POLIETILENO					
DIQUE/AZUD	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TUBERIA 110 mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
VÁLVULA	MANIOBRAR LA VÁLVULA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA					
CÁMARA DE VÁLVULA	LIMPIEZA DE LA CÁMARA DE VÁLVULA					
CERRAMIENTO	REVISIÓN DEL ESTADO DEL CERRAMIENTO					
CANDADOS	ENGRASAR LOS CANDADOS					
	LIMPIEZA DE LA CAPTACIÓN					
	DESINFECCIÓN DE LA CAPTACIÓN					
	DESBROCE AREA CIRCUNDANTE A LA CAPTACIÓN					
TAPA METÁLICA	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TAPA					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
TANQUE DE UNIÓN CAPTACIÓN GUACANGUILLAS 1 Y CASPISHITANA 3						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
PAREDES INTERIORES DEL TANQUE DE UNIÓN	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS PAREDES					
	LIMPIEZA DEL INTERIOR					
	DESINFECCIÓN DEL INTERIOR					
PAREDES EXTERIORES DEL TANQUE DE UNIÓN	LIMPIEZA DE LAS PAREDES EXTERIORES					
	DESBROCE AREA CIRCUNDANTE					
TUBERIA REBOSE	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIA CONDUCCIÓN GUACANGULLAS 1	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERÍA CONDUCCIÓN CASPISHITANA 3	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERÍA DE LIMPIEZA	REVISIÓN DEL ESTADO					
VÁLVULA DE LIMPIEZA	MANIOBRAR LA VÁLVULA DE LIMPIEZA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA DE LIMPIEZA					
VÁLVULA DE LLEGADA DE GUACANGUILLAS 1	MANIOBRAR LA VÁLVULA DE LLEGADA DE GUACANG. 1					
	ENGRASAR LA VÁLVULA DE LLEGADA DE GUACANG. 1					
VÁLVULA DE SALIDA A CONDUCCIÓN	MANIOBRAR LA VÁLVULA DE SALIDA A CONDUCCIÓN					
	ENGRASAR LA VÁLVULA DE SALIDA A CONDUCCIÓN					
CAMARAS DE VÁLVULAS	LIMPIEZA DE CAMARAS DE VÁLVULAS					
CANDADOS	ENGRASAR CANDADOS					
TAPAS METÁLICAS	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS TAPAS					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
DESARENADORES						
SELECCIONAR DESARENADOR:		DERECHO	IZQUIERDO			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
TANQUE DE ENTRADA	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TANQUE RECTANGULAR	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TANQUE DE SALIDA	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TUBERÍA FILTRANTE 160mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA DE REBOSE 200mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
VÁLVULA A LA ENTRADA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
VÁLVULA A LA SALIDA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
VÁLVULA DE DESAGUE	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
CERRAMIENTO	REVISIÓN DEL ESTADO DEL CERRAMIENTO					
CANDADOS	ENGRASAR LOS CANDADOS					
DESARENADORES	LIMPIEZA DEL TANQUE DE ENTRADA					
	LIMPIEZA DEL TANQUE DE SALIDA					
	LIMPIEZA DEL DESARENADOR					
	EVACUACION DEL LOS SEDIMENTOS (LODOS)					
	DESINFECCIÓN DEL DESARENADOR					
	DESBROCE ÁREA CIRCUNDANTE					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES;						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDAD QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL ENCARGADO:			FIRMA:			
FECHA:						

4. CONDUCCIÓN

4.1 Operación de la línea de conducción

Operación normal

- Revisar que la entrada del agua a la tubería de cada captación se encuentre libre de residuos o materiales que impidan el paso del agua hacia la conducción y que las válvulas de compuerta de control ubicadas en todo el tramo de la conducción y en los tanques rompe presión estén abiertas para que el agua pueda llegar hacia la PTAP.
- Abrir la válvula de purga de sedimentos y después de retirar los sedimentos, cerrar esta válvula.
- Las válvulas de aire son automáticas, por lo que no se requiere operación.
- Verificar que las válvulas de aire y purga a lo largo de la conducción queden cerradas para que el agua llegue a la PTAP.

Operación de emergencia

- Se ejecuta esta operación, cuando exista la presencia de deslizamiento de tierra o fugas en las tuberías y averías en las válvulas en la línea de conducción, una vez localizado el tramo afectado, se debe cerrar la válvula de compuerta de control a la salida del tanque rompe presión aguas arriba que se encuentre más próximo a este y abrir la válvula de limpieza de este tanque hasta que se haya reemplazado el tramo de conducción donde se presentaba fuga o rotura o se haya reparado la válvula.

Observaciones

- Las válvulas de la conducción deben abrirse y cerrarse lentamente por un tiempo de 7 a 10 segundos para evitar que se forme el golpe de ariete.

4.1.1 Tanque rompe presión

Operación normal

- Abrir la válvula de compuerta de control en la entrada al tanque rompe presión para el ingreso del efluente.
- Verificar que la válvula de limpieza del tanque rompe presión esté cerrada.
- Abrir la válvula de compuerta en la salida del tanque rompe presión.

Operación de emergencia

- Se realiza la parada de un tanque rompe presión, cuando existan roturas de la línea de conducción en el tramo siguiente o cuando sucedan desastres naturales o fallas graves imprevistas en la línea de conducción, el personal encargado deberá realizar una inspección y ejecutar el mantenimiento correctivo requerido para que el sistema vuelva a las condiciones normales de operación.

Observaciones

- Las válvulas de la conducción deben abrirse y cerrarse lentamente por un tiempo de 7 a 10 segundos para evitar que se forme el golpe de ariete.

4.2 Mantenimiento de la conducción

4.2.1 Herramientas, materiales y equipo de protección para los operadores

El operador debe emplear las siguientes herramientas para la ejecución de las actividades de mantenimiento:

- Pala
- Pico
- Cepillo
- Llave maestra para abrir las válvulas
- Machete
- Cemento, agregados
- Brocha
- Balde plástico capacidad de 15Lt

El operador deberá emplear los siguientes materiales, de acuerdo a la actividad que se requiere:

- Engrasante
- Tuberías PVC
- Accesorios de repuesto: Codos, válvulas, uniones
- Cemento, agregados
- Pintura anticorrosiva
- Sellador, bloqueador de humedad para las estructuras de hormigón
- Hipoclorito de calcio al 30% o fosfato trisódico al 5 % para limpiar o desinfectar.

El equipo de seguridad para el operador consiste en:

- Ropa de trabajo
- Botas de caucho
- Guantes de hule
- Mascarilla
- Gafas de protección
- Poncho impermeable
- Celular

4.2.2 Línea de conducción

Mantenimiento preventivo

Cada 2 semanas:

- Realizar un recorrido por la línea de conducción para inspeccionar el estado de la misma, así como registrar las partes dañadas.
- Revisar si se han acumulado sedimentos en las partes bajas de las tuberías y abrir lentamente las válvulas de purga para que salgan, una vez que hayan salido se debe cerrar la válvula, se debe demorar de 7 a 10 segundos para cerrarla.
- Revisar el buen funcionamiento de las válvulas de purga y de aire, en caso de encontrarse en mal estado repararlas o cambiarlas.

Mensualmente:

- Realizar un recorrido de la línea de conducción, verificando el estado general de las mismas, y de los accesorios e informar sobre situaciones tales como construcciones, inconvenientes, derivaciones clandestinas, y registrarlas en las hojas de registro.
- Engrasar las válvulas y comprobar su funcionamiento.
- Limpiar las cámaras que protegen las válvulas de aire y purga.

Trimestralmente:

- Verificar el estado de los accesorios: válvulas de aire y purga, y presencia de corrosión.
- Realizar la limpieza y desbroce de maleza a lo largo de la línea de conducción.
- Realizar una limpieza externa e interna de la cámara de válvulas de purga/limpieza y de aire.
- Limpiar externamente las estructuras y sus alrededores, retirando las plantas, piedras y material ajeno a la cámara.

Anualmente:

- Pintar los elementos metálicos de la línea de conducción con pintura anticorrosiva.
- Revisar el estado de la señalización y pintar con pintura anticorrosiva.
- Revisar el estado de los candados y engrasarlos o cambiarlos si están dañados.

Mantenimiento correctivo:

- De acuerdo a la inspección realizada se debe realizar las reparaciones de la tubería, de acuerdo a los siguientes procedimientos:

1. Sistema de reparación sin corte de tubería:
    1. Se debe verificar que el daño que existe sobre la tubería sea mínimo y que esté claramente identificado. Por lo que, para su reparación se requiere una abrazadera mecánica, la elección de la misma está en función de la dimensión de la rotura de la tal forma que el daño quede dentro de la pieza, del diámetro exterior y la presión nominal de la tubería.
    2. Se debe analizar si la fuga de agua es menor, en este caso se podría instalar la abrazadera sin necesidad de suspender el servicio o realizando un cierre parcial en el tramo. Este tipo de pieza generalmente son de acero inoxidable o están cubiertas con pintura anticorrosiva, y están previstas de una junta interior de tal forma que garantiza una estanqueidad al apretar los pernos.
    3. Para la instalación de la pieza, se debe ejecutar una limpieza de la superficie de sobre la tubería, es decir debe estar libre de residuos tales como piedras, tierra o elementos que alteren el funcionamiento de la abrazadera.
    4. Una vez colocada la abrazadera debemos comprobar que la reparación se realizó de la manera correcta, observando que no haya pérdidas de agua
2. Sistema de reparación con corte de tubería:
    1. Se emplea en caso que se deba sustituir un tramo de la tubería PVC, por lo tanto, para la reparación se utiliza el mismo tipo de material de la tubería existente, la dimensión de esta tubería está en función de la longitud del daño existente. Se puede realizar la reparación empleando piezas como por ejemplo Manguito doble copa de PVC o acoplamientos multidiámetro.

- Para realizar la reparación, el operador debe cerrar la válvula de compuerta de control de salida del tanque rompe presión en el tramo anterior,

Observaciones:

- Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema, a continuación, se muestran los formatos para el registro de elementos y actividades realizadas.

4.2.3 Tanque rompe presión

Mantenimiento preventivo

Mensualmente:

- Realiza una inspección del estado de los tanques rompe presión.
- Maniobrar las válvulas para evitar que se produzcan obstrucciones o atascamientos, girar ¼ de vuelta a la izquierda y ¼ de vuelta a la derecha.
- Engrasar las válvulas,
- Limpiar las cámaras que protegen las válvulas en los tanques rompe presión.

Trimestralmente:

- Realizar la limpieza total de la estructura de hormigón de los tanques rompe presión, para eliminar la presencia de musgos, se debe proceder a lavar empleando la solución de fosfato trisódico al 5 % (agente de limpieza). Para el lavado de estas estructuras no se debe emplear detergente. Como existen siete tanques rompe presión a lo largo de la conducción, se iniciará con el tanque que esté más arriba, luego continuar con el procedimiento de limpieza y desinfección con el siguiente tanque hasta llegar al último tanque que es el que se encuentra más cerca de la PTAP.

  Al realizar la limpieza total, se debe ejecutar la desinfección interna de los tanques rompe presión, por lo que se emplea el siguiente procedimiento:

  1. Cerrar la válvula de compuerta de control a la entrada y salida del tanque rompe presión.
  2. Abrir la válvula de limpieza para el desfogue del agua.
  3. Realizar la limpieza interna de la cámara de las válvulas y accesorios con un cepillo de plástico.
  4. Para desinfectar se utiliza 6 cucharas de hipoclorito de calcio al 30% disuelto en 10L de agua, con esta mezcla limpiar las paredes internas y piso con un trapo.
  5. Abrir la válvula de compuerta de control a la entrada del tanque rompe presión.
  6. Cerrar la válvula de limpieza, cuando todo el efluente con los residuos del desinfectante, hayan sido evacuados.
  7. Abrir la válvula de compuerta de control a la salida del tanque rompe presión hacia el siguiente tramo de la conducción.
- Limpiar la parte externa de las estructuras y sus alrededores retirando maleza, piedras y otros materiales extraños.
- Engrasar pernos, tuercas y bisagras de la tapa sanitaria.

Anualmente:

- Pintar las paredes externas de los tanques rompe presión.
- Revisar el estado de los elementos metálicos y la señalización, si se observa desgaste debe pintar con pintura anticorrosiva.

Mantenimiento correctivo

- Realizar las reparaciones de las estructuras de hormigón, en caso que se presenten fisuras o grietas, se puede seguir el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de acero, de tal manera que se remuevan las partículas desprendidas del enlucido.
    2. Emplear una corriente de agua para que la superficie quede completamente limpia.
    3. Colocar el líquido endurecedor de material flexible para rellenar las fisuras, se puede emplear el líquido SikaTop77, para ello se forma una mezcla de cemento, arena fina y lavada, agua diluida con SikaTop77, hasta obtener una consistencia cremosa.
    4. Colocar sobre la superficie.
- En caso, que se presenten desprendimientos de hormigón en el enlucido, se puede recubrir empleando una mezcla de mortero.
- Para pintar las estructuras de hormigón, se recomienda el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% de la solución. No emplear detergentes.
    2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica o de látex (pintura cóndor) o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).
- Cuando se observe corrosión en las estructuras metálicas, válvulas y demás accesorios, se debe emplear la pintura anticorrosiva.

    1. Lijar las partes donde se presente óxido.
    2. Limpiar la superficie.
    3. Aplicar 1 capa de la pintura anticorrosiva sobre la superficie preparada, para esto se puede emplear brocha o rodillo.
    4. Una vez seca la primera capa se coloca una segunda capa de pintura anticorrosiva.
    5. Dejar secar la pintura.

- De la inspección realizada, reemplazar los elementos que se encuentren en estado defectuoso, Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema

Observaciones:

- Se recomienda emplear geófonos de bolsillo, para detectar la presencia de fugas en tuberías enterradas,
- Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema, a continuación, se muestran los formatos para el registro de elementos y actividades realizadas.

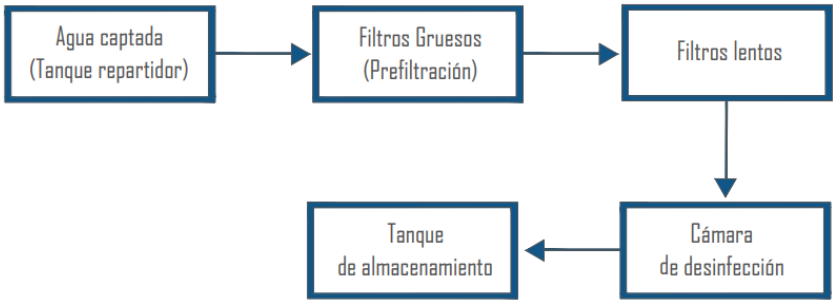
4.2.4 Formatos para registro de actividades y estado de los elementos de la conducción.

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
CONDUCCIÓN						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
TUBERÍA	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
VÁLVULAS	MANIOBRAR VÁLVULAS					
	ENGRASAR VÁLVULAS					
CÁMARAS DE LAS VÁLVULAS	LIMPIEZA DE LAS CÁMARAS DE LAS VÁLVULAS					
CANDADOS	ENGRASAR LOS CANDADOS					
ARÉA DE LA TUBERÍA	LIMPIEZA DEL ÁREA CIRCUNDANTE					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDAD QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL ENCARGADO:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
TANQUES ROMPE PRESIÓN						
SELECCIONE EL TANQUE ROMPE PRESIÓN (TRP): 1 2 3 4 5 6 7						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
PAREDES INTERIORES DEL TRP	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS PAREDES					
	LIMPIEZA DEL INTERIOR DEL TRP					
	DESINFECCIÓN DEL INTERIOR DEL TRP					
PAREDES EXTERIORES DEL TRP	LIMPIEZA DE LAS PAREDES EXTERIORES					
TUBERIA DE LIMPIEZA	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIA DE LA ENTRADA AL TRP	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DENTRO DEL TRP	REVISIÓN DEL ESTADO					
VÁLVULA DE LIMPIEZA	MANIOBRAR LA VÁLVULA DE LIMPIEZA DEL TRP					
	ENGRASAR LA VÁLVULA DE LIMPIEZA DEL TRP					
VÁLVULA AL INGRESO	MANIOBRAR LA VÁLVULA AL INGRESO DEL TRP					
	ENGRASAR LA VÁLVULA AL INGRESO DEL TRP					
VÁLVULA A LA SALIDA	MANIOBRAR LA VÁLVULA A LA SALIDA DEL TRP					
	ENGRASAR LA VÁLVULA A LA SALIDA DEL TRP					
CAMARAS DE VÁLVULAS	LIMPIEZA DE LAS CAMARAS DE VÁLVULAS					
CANDADOS	ENGRASADO					
SEÑALIZACIÓN	REVISIÓN ESTADO DE LA SEÑALIZACIÓN					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

5. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

La planta de tratamiento de agua potable del sistema de agua de Pucaraloma sigue el siguiente proceso:



5.1 Operación de la planta de tratamiento de agua potable

5.1.1 Tanque repartidor

Operación normal

- Abrir las válvulas y revisar las válvulas de compuerta de control con el siguiente orden:
  1. Verificar que la válvula del bypass se encuentre cerrada.
  2. Verificar que la válvula de compuerta de limpieza esté cerrada.
  3. Abrir la válvula de compuerta de control que permite el ingreso del agua al tanque.
  4. Abrir la válvula de compuerta de control en la salida del tanque repartidor hacia los filtros.
- Registrar el caudal de agua que ingresa al tanque repartidor.

Operación de emergencia

- En caso de emergencia por daños graves imprevistos en el tanque repartidor o que los filtros gruesos no puedan operar o se encuentren en reparación se deben abrir o cerrar las válvulas de compuerta con el siguiente orden:
  1. Cerrar lentamente la válvula de compuerta de control al ingreso del tanque repartidor, la cual está ubicada en el piso de la parte externa del tanque, debe demorarse de 7 a 10 segundos.
  2. Abrir la válvula de compuerta de control del bypass que deriva el caudal que ingresa a la PTAP hacia los filtros lentos.
  3. Se debe tomar una muestra del agua tratada y realizar los análisis físico químicos y microbiológicos para comprobar que el agua cumple con los requisitos de la normativa vigente, para la fecha es la "INEN 1108. AGUA POTABLE. REQUISITOS" para que el agua pueda derivarse a la red de distribución, se deberá notificar a la población en caso de que el agua no sea apta para consumo.

5.1.2 Filtros gruesos

Operación normal

- El personal encargado debe realizar el llenado de los filtros de manera ascendente hasta cubrir totalmente el medio filtrante, de tal manera se remueva el aire atrapado entre las partículas del lecho filtrante, por ello se emplea el siguiente procedimiento:
  1. Cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de salida de los filtros gruesos.
  2. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada de los filtros gruesos.
  3. Cuando los filtros gruesos se llenen, se debe proceder abrir la válvula de compuerta de limpieza para desechar el agua filtrada al inicio, ya que esta no presenta características adecuadas para el proceso de filtración lenta.
  4. Cerrar la válvula de compuerta de desagüe, cuando se observe que el agua filtrada esté clara.
- Controlar y ajustar el caudal de funcionamiento de los filtros gruesos, mediante la inspección organoléptica del agua de entrada y la apertura o cierre parcial de las válvulas de compuerta de control, verificado que el nivel de la capa sobrenadante y el borde del filtro sea una distancia igual a 20cm.

Operación de emergencia

- En caso que los dos filtros gruesos se encuentren en reparación, por lo que se debe proceder con lo siguiente:
  1. Cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de llegada al filtro grueso y la válvula de compuerta de control de salida.
  2. Se realiza las debidas reparaciones de las estructuras.
  3. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada al filtro grueso.
  4. Esperar que los filtros gruesos se llenen, y abrir la válvula de compuerta de control de salida del tanque hacia los filtros finos.
- El personal encargado deberá realizar el análisis químico necesario para cuantificar la presencia de turbiedad, después de fuertes precipitaciones y si observa que ha incrementado el color del agua captada, de tal manera si el valor obtenido del análisis es mayor a 50NTU, el operador deberá comunicar a la población beneficiada que el valor de la turbiedad del agua tratada superará el valor permitido en la norma INEN 1108.

5.1.3 Filtros lentos

Operación normal

- El personal encargado debe realizar el llenado de los filtros de manera ascendente hasta cubrir totalmente el medio filtrante, de tal manera se remueva el aire atrapado entre las partículas del lecho filtrante. El operador debe realizar el llenado de un filtro a la vez, para ello se emplea el siguiente procedimiento:

  1. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada y cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de salida. El agua ingresa por la parte inferior hasta ocupar el 60% de la capacidad del filtro, y el 40% se llena de manera descendente, la misma baja a través de las capas de arena, y es recogida en el fondo por una tubería perforada que permite que el agua circule hacia al tanque de salida.
  2. La operación de llenado de un segundo filtro, se realiza de manera ascendente con el agua del otro filtro en funcionamiento, ya que los dos filtros están conectados mediante una tubería PVC, que se conectan hacia el tanque de llegada del filtro. Por lo tanto, el operador debe:
     1. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada.
     2. Esperar que el filtro se llene.
     3. Al estar los dos filtros llenos, se debe realizar una inspección organoléptica del agua filtrada.
     4. El operador debe abrir la válvula de compuerta de limpieza para desechar el agua filtrada al inicio ya que esta no presenta características adecuadas para el proceso de desinfección.
  3. Se procede nuevamente a llenar un filtro lento. Por lo tanto, al tener los dos filtros nuevamente llenos, se produce en la superficie de arena la capa biológica, que durante los dos primeros meses de funcionamiento no puede eliminar los microorganismos que tiene el agua, debido a que la capa aún se encuentra en etapa de formación.
  4. Cuando se haya cumplido con el tiempo de maduración de la película biológica aproximadamente dos meses dependiendo de las características (contenido orgánico) del agua, el operador debe abrir las válvulas de control del tanque de la salida del caudal filtrado hacia la cámara de desinfección.
  5. La decisión del operador de lavar un filtro se basa tanto en la pérdida de carga como del incremento en la turbiedad del efluente, que afectando el funcionamiento de los filtros lentos.

3. El operador debe realizar un control de la calidad del agua filtrada, realizando una inspección de la turbiedad, y observando el color que la misma presenta.

Operación de emergencia

- Es necesaria para efectuar reparaciones o suspender el ingreso del agua pre filtrada debido al deterioro de la calidad de la misma, por ello se debe cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de llegada y la válvula de compuerta de control de salida. Esta actividad se ejecuta bajo las siguientes circunstancias:
  1. Cuando la interrupción se deba a problemas en el ingreso, es necesario tratar de seguir filtrando con velocidades bajas, por lo tanto, el operador debe regular la válvula de compuerta de control de entrada, para dar tiempo a que se solucione el problema o enviar el efluente al desagüe.
  2. Cuando se observe que ingrese agua con alto contenido de turbiedad, de acuerdo al análisis químico que se realiza en los filtros gruesos.
  3. Cuando el problema es habitual, el operador debe considerar las unidades de pretratamiento necesarias, de tal forma que llegue al filtro lento una turbiedad menor a 50 NTU, en caso que el problema se prolongue el operador deberá agregar coagulantes mientras dure la emergencia.

  Al solucionar estas emergencias y el operador observe que el agua presente una remoción de la turbiedad y color, se debe cerrar la válvula de compuerta de limpieza y abrir la válvula de compuerta de control del tanque de salida de los filtros lentos hacia la cámara de desinfección.

5.1.4 Caseta de desinfección

Operación normal

- El personal encargado debe realizar el siguiente procedimiento:
  1. Abrir la válvula de compuerta de control de llegada del agua filtrada hacia la cámara de desinfección.
  2. Abrir la válvula reguladora del cilindro de cloro gas, de tal manera que, al pasar a la cámara de desinfección, entre en contacto con el agua filtrada.
  3. Para ingresar a la caseta de desinfección, el operador debe usar la protección adecuada que consta de: gafas contra las salpicaduras o caretas de cara completa, guantes de hule resistentes a productos químicos, overoles y botas de caucho. Además, la administración debe proporcionar un equipo de respiración para proteger los pulmones contra los vapores del cloro.

4. El operador debe verificar la disponibilidad del desinfectante y de ser necesario conectar otro cilindro de cloro gas. El cloro gaseoso no debe estar expuesto directamente a la luz del sol u otras fuentes de calor, por lo tanto, se debe guardar en ambientes secos.
5. El cambio del cilindro de cloro gas, según las normas industriales, se debe realizar con dos operadores, uno para cambiar el cilindro y otro operador para observar que no se produzcan fugas o accidentes.
6. Verificar que el extremo final de la tubería flexible esté colocado dentro del tanque de ingreso a la cámara de desinfección.
7. Medir el caudal que ingresa a la cámara de desinfección para realizar la dosificación mediante el clorímetro del cilindro.
8. Abrir la válvula de compuerta de control de salida del agua tratada hacia los tanques de almacenamiento.

- Controlar diariamente el cloro libre residual, se puede realizar mediante dos métodos:
    1. Reactivo de ortotolidina:
        1. Limpiar con agua la celda del comparador de cloro tres veces y luego llenar con la muestra de agua hasta la señal respectiva.
        2. Agregar el reactivo de la celda según las indicaciones del fabricante. El reactivo más utilizado es la ortotolidina.
        3. Colocar la tapa y agitar la celda durante cuatro segundos para mezclar el reactivo.
        4. Si observa un color amarillo en el líquido de la celda, se debe a la presencia de cloro residual.
        5. Se mantiene el comparador frente a la luz solar. La concentración de cloro residual se determina comparando los colores de la escala patrón y la celda. El valor de cloro libre está indicado en mg/L.
        6. Si se observa un valor de cloro libre igual a 0.2mg/L, es adecuado para servicio diario, en caso que sea mayor igual a 0.5mg/L se suministra solo en caso de emergencia.
    2. Prueba yodométrica (DPD) según INEN 977 (Agua Potable Determinación de cloro residual Método del DPD)
        1. Se emplea sulfato de hierro II y amonio.
        2. El operador debe realizar esta prueba inmediatamente después del muestro, por lo que se debe evitar la luz y la agitación excesiva de la muestra.

3. Preparar la solución tampón de fosfato, para ello se disuelve 24g de fosfato monoácido de sodio y 46gr de fosfato de ácido de potasio, en 100cm^3 de agua destilada con 800mg de sal sódica.
4. Preparar la solución indicadora de N,N –Dietil, fenilendiamina, DPD, disolver 1.5g de sulfato de p-amonio-N: dietilanilina en agua destilada, en 8cm^3 de ácido sulfúrico y 200mg de etilendiamino tetraacetico hidratado. Diluir esta mezcla en un litro de agua.
5. Colocar en el matraz de 5cm^3 la solución tampón y 5cm^3 de solución indicadora de DPD y mezclar.
6. Añadir la muestra de agua de 100cm^3 y mezclar.
7. Titular la muestra con la solución de sulfato de hierro y amonio, hasta que el color rojo que se haya formado desaparezca.
8. Para 100 cm^3 de muestra y 1 cm^3 de solución valorada de sulfato de hierro II y amonio, equivale a 1mg/L de cloro residual

Operación de emergencia

- Es necesario, cuando existe daños en el sistema de cloración, por lo tanto, el operador debe cerrar la válvula reguladora del cilindro de cloro gas, para evitar fugas y reparar el daño del sistema. Estos daños son predecibles en las uniones de las tuberías de cobre o flexible.

5.1.5 Tanques de almacenamiento

Operación normal

- El operador debe abrir o cerrar las válvulas de compuerta de control con el siguiente orden:
  1. Verificar que la válvula de compuerta de limpieza esté cerrada.
  2. Abrir las válvulas de compuerta de control a la salida de la cámara de desinfección y esperar a que el tanque se llene hasta un 80% de su capacidad.
  3. Abrir la válvula de compuerta de control en la salida de cada tanque hacia la red de distribución.
- Controlar que el cloro libre residual en cada tanque se encuentre en los límites permitidos por la normativa vigente, para la fecha es la "INEN 1108. AGUA POTABLE. REQUISITOS", la cual establece un rango de 0.3 hasta 1.5 mg/l.

Operación de emergencia:

- Si en las inspecciones se evidencia contaminación en el interior del tanque se debe seguir el siguiente procedimiento.
    1. Notificar a la población para que no consuma el agua hasta que se limpie el tanque.
    2. Cerrar la válvula de compuerta de control a la salida el tanque contaminado.
    3. Cerrar la válvula de compuerta de control a la entrada del tanque contaminado, demórese de 7 a 10 segundos en realizar esta actividad.
    4. Abrir la válvula de compuerta de limpieza y dejar que el agua desfogue por la tubería de limpieza.
    5. Una vez que el tanque esté vacío realizar la limpieza interna y/o retirar el contaminante que haya ingresado al tanque.
    6. Abrir la válvula de compuerta de control a la entrada del tanque.
    7. Dejar que el agua que ingresa se lleve cualquier residuo de la limpieza, para esto dejar correr el agua al menos 2 min.
    8. Una vez que el tanque esté limpio, cerrar la válvula de compuerta de limpieza.
    9. Esperar a que el tanque se llene aproximadamente al 80 % de su capacidad y abrir la válvula de compuerta de control a la salida del tanque.
    10. Notificar a la población que el agua ya se puede consumir.

5.2 Mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable

5.2.1 Herramientas y equipo de protección para los operadores

El operador deberá emplear las siguientes herramientas para la ejecución de las actividades de mantenimiento:

1. Tubería flexible
2. Pala
3. Escoba
4. Rastrillo
5. Varillas de acero
6. Cepillos de cerdas plásticas y de acero
7. Balde plástico capacidad de 10L, 15L, 20L.
8. Llave maestra para abrir las válvulas
9. Brocha
10. Fundas plásticas

El operador deberá emplear los siguientes materiales, de acuerdo a la actividad que se requiere:

1. Engrasante
2. Tuberías PVC
3. Accesorios de repuesto: Codos, válvulas, uniones
4. Cinta teflón
5. Cemento, agregados
6. Pintura anticorrosiva
7. Sellador, bloqueador de humedad para las estructuras de hormigón
8. Hipoclorito de calcio al 30% o fosfato trisódico al 5% para limpiar o desinfectar.
9. Amoniaco

El equipo de seguridad para el operador consiste en:

1. Ropa de trabajo
2. Botas de caucho
3. Guantes de hule
4. Mascarilla
5. Gafas de protección

5.2.2 Tanque repartidor

Mantenimiento preventivo:

Diariamente:

- Realizar una inspección organoléptica del interior del tanque para:
  1. Remover cualquier material flotante que haya sido arrastrado para evitar obstrucciones en las tuberías.
  2. Si se observa que le agua llega con un exceso de color y turbiedad generalmente en tiempos de lluvia, deberá cerrar parcialmente la válvula de compuerta de control al ingreso del tanque para no sobrepasar la capacidad de los filtros y deberá revisar el estado de las captaciones. De acuerdo a los análisis físicos realizados, el agua de la captación Caspishitana 3 presenta mayor color y turbiedad por lo que el operador deberá revisar principalmente esta fuente y desviarla hasta que las características del agua mejoren en caso de que sea el origen del problema.

Cada 2 semanas:

- Limpiar el interior del tanque repartidor empleando el siguiente procedimiento:
  1. Cerrar la válvula de compuerta de control de la salida del tanque rompe presión con cota más baja de todos, es decir el más cercano a la PTAP.
  2. Abrir la válvula de limpieza de este tanque rompe presión para que el agua desfogue hacia la quebrada, mientras se realiza la limpieza del tanque repartidor.
  3. Cerrar la válvula de compuerta de control en la entrada del tanque repartidor.
  4. Cerrar la válvula de compuerta de control en la salida del tanque repartidor.
  5. Abrir la válvula de compuerta de limpieza para vaciar el tanque repartidor.
  6. Ingresar al tanque repartidor con los elementos de limpieza que van a utilizarse, si se observan manchas no use detergente ya que puede manchar más las paredes.
  7. Remover la tierra o residuos que se encuentran en el interior.
  8. Limpiar las paredes y el fondo con cepillo, puede emplear fosfato trisódico al 5% si el encuentra manchas o presencia de moho.
  9. Cerrar la válvula de limpieza del tanque rompe presión.
  10. Abrir la válvula de compuerta de control a la salida del tanque rompe presión.
  11. Abrir la válvula de compuerta de control al ingreso y dejar correr el agua hasta que se evacuen los residuos de limpieza que hayan quedado en las paredes.

12. Cerrar la válvula de compuerta de limpieza del tanque repartidor.
13. Abrir la válvula de compuerta de control en la salida del tanque hacia los filtros.

Mensualmente:

- Realizar una revisión general del estado de la estructura de hormigón.
- Revisar el estado de las tuberías.
- Revisar el estado de las válvulas de compuerta, para esto se debe girar ¼ de vuelta hacia la izquierda y derecha, si están endurecidas se debe engrasarlas aplicando unas gotas de aceite.
- Inspección del pozo de desfogue.

Trimestralmente:

- Revisar el estado de las tapas y bisagras para comprobar que se cierre adecuadamente el tanque.
- Revisar el estado de los candados y lubricar con unas gotas de aceite.
- Realizar el desbroce del área circundante al tanque y al pozo de desfogue.
- Desinfectar con cloro el interior del tanque empleando el siguiente procedimiento:
    1. Preparar la solución para desinfectar las paredes, disolver seis (6) cucharas grandes de hipoclorito de calcio al 30-35% en un balde con 10 litros de agua.
    2. Cerrar la válvula de compuerta de control de la salida del tanque rompe presión con cota más baja de todos, es decir el más cercano a la PTAP.
    3. Abrir la válvula de limpieza de este tanque rompe presión para que el agua desfogue hacia la quebrada, mientras se realiza la limpieza del tanque repartidor.
    4. Cerrar la válvula de compuerta de control en la entrada del tanque repartidor.
    5. Cerrar la válvula de compuerta de control en la salida del tanque repartidor.
    6. Abrir la válvula de compuerta de limpieza del tanque repartidor.
    7. Cepillar y limpiar las paredes y el fondo del tanque con la solución de cloro y un cepillo plástico de cerdas gruesas, el operador debe protegerse usando guantes.
    8. Cerrar la válvula de limpieza del tanque rompe presión.
    9. Abrir la válvula de compuerta de control a la salida del tanque rompe presión.

10. Abrir la válvula de compuerta de control en la entrada y dejar correr el agua al menos 2 minutos para eliminar residuos de la desinfección y dejar que el agua salga por la tubería de limpieza hacia el pozo de desfogue.
11. Cerrar la válvula de compuerta de limpieza del tanque repartidor.
12. Abrir la válvula de compuerta de control en la salida, hacia los filtros.

- Realizar la revisión y limpieza del pozo de desfogue.

Semestralmente:

1. Revisar el estado de las paredes externas del tanque, si presenta grietas o deterioro en la pintura.
2. Revisar el estado de los componentes metálicos como tapas y vertedero.
3. Revisar el estado de las válvulas y tuberías y registrar el estado en el que se encuentre en las hojas de registro del elemento.

Mantenimiento correctivo:

1. Realizar una revisión general del estado de la estructura de hormigón. Para realizar las reparaciones de fisuras para las estructuras de hormigón se sigue el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas duras, de tal manera que se remuevan las partículas desprendidas del enlucido.
    2. Emplear una corriente de agua para que la superficie quede completamente limpia.
    3. Colocar el líquido endurecedor de material flexible para rellenar las fisuras, se puede emplear el líquido SikaTop77, para ello se forma una mezcla de cemento, arena fina y lavada, agua diluida con SikaTop77, hasta obtener una consistencia cremosa.
    4. Colocar sobre la superficie.
2. Según las inspecciones realizar las reparaciones de la tubería de PVC si existen fugas.
3. Revisar el estado de las válvulas de compuerta y repararlas o cambiarlas en caso de que no funcionen adecuadamente.
4. Pintar la superficie de las paredes externas de la estructura de hormigón.
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% si se evidencian manchas o moho. No emplear detergentes ya que puede manchar más la superficie.
    2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica o de látex (pintura cóndor) o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).

5. Pintar los elementos metálicos que se encuentran desgastados o en los que hay presencia de corrosión con pintura anticorrosiva, se puede emplear Sikagard®-62.
    1. Lijar las partes donde se presente óxido.
    2. Limpiar la superficie.
    3. Aplicar 1 capa de la pintura anticorrosiva sobre la superficie preparada, para esto se puede emplear brocha o rodillo.
    4. Una vez seca la primera capa se coloca una segunda capa de pintura anticorrosiva.
    5. Dejar secar la pintura.

Observaciones:

- Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema, a continuación, se muestran los formatos para el registro de elementos y actividades realizadas.

5.2.3 Filtros gruesos

Mantenimiento preventivo:

Diariamente:

- Revisar que los filtros no operen después de que hayan alcanzado su pérdida de carga máxima, es decir, cuando la capa de lodo aumenta de espesor.
- Remover cualquier material flotante que se encuentre en los filtros, utilizando guantes de caucho, ganchos y fundas plásticas.

Semanalmente:

- Realizar la limpieza de la vegetación del área circundante a los filtros empleando machete, guantes.

Mensualmente:

- Verificar que las válvulas funcionen de la manera adecuada, que no existe problemas de apertura o cierra de las mismas.
- Revisión de las tuberías de PVC
- Revisión del estado general de las estructuras de hormigón, presencia de fisuras o grietas.
- El lavado rápido de los filtros gruesos, se realiza de manera alternada, consiste en el raspado de la superficie del lecho filtrante, por ello, se ejecuta el siguiente procedimiento:
    1. Remover cualquier material flotante

2. Cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de llegada y salida de un filtro grueso, y abrir la válvula de desagüe.
3. Drenar la capa sobrenadante hasta que el nivel de agua quede por debajo de la superficie de grava aproximadamente 20cm.
4. Retirar o raspar una capa de 1 a 3 cm de arena o grava, y rastrillar el lecho para esponjar la superficie.
5. Limpiar las paredes del filtro empleando cepillo de cerdas plásticas.
6. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada para el llenado del filtro en forma ascendente.
7. Cuando el agua presente mejores características físicas en relación al agua captada, se debe cerrar la válvula de compuerta de desagüe.
8. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de salida de los filtros gruesos hacia los filtros lentos.

- Revisar las válvulas, se debe asegurar de girar las válvulas para que no se endurezcan, girar ¼ de vuelta hacia la izquierda y derecha, aplicar unas gotas de aceite para lubricarlas.
- Revisar las tapas metálicas y los candados, de la misma forma aplicar aceita para lubricarles.

Trimestralmente:

- Si el espesor del lecho filtrante es menor a 50cm, se realiza la reconstrucción del lecho de grava de la siguiente manera:
  1. Remover cualquier material flotante
  2. Cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de llegada y salida de un filtro lento, y abrir la válvula de desagüe.
  3. Drenar la capa sobrenadante hasta que el nivel de agua quede por debajo de la superficie de arena aproximadamente 20cm.
  4. Remover la capa de material filtrante que está más colmatada, de tal manera que quede una capa de un espesor mínimo de grava, para ello el operador debe utilizar un par de botas de hule, las cuales deben limpiarse antes y después de concluida esta actividad
  5. Colocar las 3 capas de grava de aproximadamente de 30cm de espesor, con distintos diámetros. Las dimensiones de los diámetros van disminuyendo a medida que se conforma el lecho filtrante, para ello se emplea palas, carretillas, guantes de hule, Se recomienda que esta actividad la realicen dos o tres personas. La grava removida sin lavar se coloca sobre el lecho nuevo. Esto se realiza para asegurar la maduración del lecho recién construido.

6. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada para el llenado del filtro grueso en forma ascendente, y cuando el agua esté clara cerrar la válvula de compuerta de limpieza y se abre la válvula de compuerta de control del tanque de salida de los filtros gruesos hacia los filtros lentos.

Semestralmente:

- Limpieza completa de las unidades filtrantes y desinfección: Esto consiste en drenar el agua que se encuentra en el filtro grueso, por lo tanto, se procede a:
  1. Cerrar las válvulas de compuerta de control del tanque de llegada y salida.
  2. Abrir la válvula de compuerta de desagüe. Una vez que el agua se encuentre en un nivel mínimo, se procede a retirar la grava para su lavado empleando guantes, palas y carretillas.
  3. Lavar las estructuras de hormigón empleando fosfato trisódico en un 5% de la solución con agua para eliminar las manchas y moho, por tal motivo, se emplea guantes de hule, escobillas, cepillos de cerdas gruesas de plástico. En este momento el operador debe realizar la desinfección, que consiste en:
     1. Emplear guantes de hule para preparar la solución desinfectante, que está compuesta de 9 cucharas grandes de hipoclorito de calcio al 30% en un balde con una capacidad de 15Lt.
     2. Utilizar un trapo para limpiar las paredes internas del tanque circular y de los tanques de llegada y salida del agua filtrada.
- Emplear una corriente mediante una tubería flexible para lavar el tanque durante 4min, de tal manera que los residuos del producto usado sean removidos.
- Ejecutar el procedimiento de reconstrucción del lecho filtrante.
- Se debe recalcar que el proceso de lavado de filtros debe realizarse de manera alternada.

Mantenimiento correctivo:

- Según las inspecciones realizadas en el mantenimiento preventivo, en caso que se verifiquen la presencia de fisuras o desgaste en las estructuras de hormigón, se deben reparar, por lo que se recomienda el siguiente procedimiento:

1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de acero, de tal manera que se remuevan las partículas desprendidas del enlucido.
2. Emplear una corriente de agua para que la superficie quede completamente limpia.
3. Colocar el líquido endurecedor de material flexible para rellenar las fisuras, se puede emplear el líquido SikaTop77, para ello se forma una mezcla de cemento, arena fina y lavada, agua diluida con SikaTop77, hasta obtener una consistencia cremosa.
4. Colocar sobre la superficie.

- En caso, que se presenten desprendimientos de hormigón en el enlucido, se puede recubrir empleando una mezcla de mortero.
- Para pintar las estructuras de hormigón, se puede emplear el siguiente procedimiento:
  1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% de la solución. No emplear detergentes.
  2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica (pintura cóndor) o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).
- Para pintar las estructuras metálicas y válvulas se debe emplear pintura anticorrosiva.
- Según las inspecciones realizar las reparaciones de la tubería de PVC, empleando el método de reparación adecuado al daño.
- El personal encargado deberá solicitar una inspección técnica sobre el estado de las estructuras de hormigón.

Observaciones:

- Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema, a continuación, se muestran los formatos para el registro de elementos y actividades realizadas.

5.2.4 Filtros lentos

Mantenimiento preventivo:

Diariamente:

- Revisar que los filtros no operen después de que hayan alcanzado su pérdida de carga máxima, es decir, cuando la capa de lodo aumente su espesor.
- Remover cualquier material flotante que se encuentre en los filtros, utilizando guantes de caucho, ganchos y fundas plásticas.

- Evaluación de los lodos acumulados, esta actividad depende de la calidad de agua, es decir según la inspección visual realizada por el operador.

Semanalmente:

- Realizar la limpieza de la vegetación del área circundante a los filtros empleando machete, guantes.

Mensualmente:

- Realizar el lavado rápido de los filtros consiste en el raspado de la superficie del lecho filtrante, por ello, se ejecuta el siguiente procedimiento:
  1. Remover cualquier material flotante
  2. Cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de llegada y salida de un filtro lento, y abrir la válvula de desagüe.
  3. Drenar la capa sobrenadante hasta que el nivel de agua quede por debajo de la superficie de arena aproximadamente 20cm
  4. Retirar o raspar una capa de 1 a 3 cm de arena, y rastrillar el lecho para esponjar la superficie. Este procedimiento se puede realizar hasta tener un espesor mínimo entre 0.50 y 0.70m del lecho filtrante, si se obtiene un espesor menor se debe realizar la reconstrucción del lecho filtrante.

     La arena que resulta del raspado de los filtros, se debe lavar empleando el siguiente procedimiento:
     1. El lavado de arena consiste en colocar la arena removida dentro la estructura de lavado.
     2. Mediante la corriente de agua, se procede a lavar la arena, de tal manera que los residuos en suspensión sean removidos.
  5. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada para el llenado del filtro en forma ascendente, y cuando el agua esté clara cerrar la válvula de compuerta de limpieza y se abre la válvula de compuerta de control del tanque de salida de los filtros lentos hacia la cámara de desinfección.
- Revisar las válvulas, se debe asegurar de girar las válvulas para que no se endurezcan, girar ¼ de vuelta hacia la izquierda y derecha, aplicar unas gotas de aceite para lubricarlas.
- Revisar las tapas metálicas y los candados, de la misma forma aplicar aceite para lubricarles.
- Revisar el estado de las tuberías de PVC.
- Realizar una revisión del estado general de las tapas metálicas, estructuras de hormigón, presencia de fisuras o grietas.

Trimestralmente:

- Si el espesor del lecho filtrante es menor a 50cm, se realiza la reconstrucción del lecho de arena de la siguiente manera:
  1. Remover cualquier material flotante
  2. Cerrar la válvula de compuerta de control del tanque de llegada y salida de un filtro lento, y abrir la válvula de desagüe.
  3. Drenar la capa sobrenadante hasta que el nivel de agua quede por debajo de la superficie de arena aproximadamente 20cm.
  4. Remover la capa de material filtrante que está más colmatada, de tal manera que quede una capa de un espesor mínimo de grava o arena, para ello el operador debe utilizar un par de botas de hule, las cuales deben limpiarse antes y después de concluida esta actividad
  5. Colocar las 3 capas de arena de aproximadamente 30cm. La arena removida sin lavar se coloca sobre la arena nueva. Esto se realiza para asegurar la maduración del lecho recién construido.
  6. Abrir la válvula de compuerta de control del tanque de llegada para el llenado del filtro en forma ascendente, y cuando el agua esté clara cerrar la válvula de compuerta de limpieza y se abre la válvula de compuerta de control del tanque de salida de los filtros lentos hacia la cámara de desinfección.

Semestralmente:

- Realizar la limpieza completa de las unidades filtrantes y desinfección: Esto consiste en drenar el agua que se encuentra en el filtro lento, por lo tanto, se procede a:
  1. Cerrar las válvulas de compuerta de control del tanque de llegada y salida.
  2. Abrir la válvula de compuerta de desagüe. Una vez que el agua se encuentre en un nivel mínimo, se procede a retirar la grava o arena para su lavado empleando guantes, palas y carretillas.
  3. Lavar las estructuras de hormigón empleando fosfato trisódico en un 5% de la solución con agua para eliminar las manchas y moho, por tal motivo, se emplea guantes de hule, escobillas, cepillos de cerdas gruesas de plástico. La desinfección se realiza con una solución de 9 cucharas grandes de hipoclorito de calcio al 30% en un balde con una capacidad de 15Lt, con un trapo se limpia las paredes internas del tanque circular y de los tanques de llegada y salida del agua filtrada.
  4. Emplear una corriente mediante una tubería flexible para lavar el tanque alrededor de 4min, de tal manera que los residuos del producto usado sean removidos.
  5. Ejecutar el procedimiento de reconstrucción del lecho filtrante, se debe recalcar que el proceso de lavado de filtros debe realizarse de manera alternada.

Mantenimiento correctivo:

- Según las inspecciones realizadas, en caso que se verifiquen la presencia de fisuras o desgaste en las estructuras de hormigón, se deben reparar, por lo que se recomienda el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de acero, de tal manera que se remuevan las partículas desprendidas del enlucido.
    2. Emplear una corriente de agua para que la superficie quede completamente limpia.
    3. Colocar el líquido endurecedor de material flexible para rellenar las fisuras, se puede emplear el líquido SikaTop77, para ello se forma una mezcla de cemento, arena fina y lavada, agua diluida con SikaTop77, hasta obtener una consistencia cremosa.
    4. Colocar sobre la superficie.
- En caso, que se presenten desprendimientos de hormigón en el enlucido, se puede recubrir empleando una mezcla de mortero.
- Para pintar las estructuras de hormigón, se puede emplear el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% de la solución. No emplear detergentes.
    2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica (pintura cóndor) o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).
- Para pintar las estructuras metálicas y válvulas se debe emplear pintura anticorrosiva.
- Según las inspecciones realizar las reparaciones de la tubería de PVC, empleando el método de reparación adecuado al daño.
- El personal encargado, deberá solicitar una inspección técnica sobre el estado de las estructuras de hormigón.

Observaciones:

- Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema.

5.2.5 Caseta de desinfección

Mantenimiento preventivo:

Diariamente:

- Revisar que no existan fugas a lo largo de la tubería que conecta el cloro gas a la cámara de desinfección.
- El personal encargado debe asegurarse de que la conexión entre la tubería flexible y el cilindro de cloro gas esté correctamente conectada y no presente fugas.
- Revisar que la caseta de desinfección tenga la seguridad respectiva, es decir que la puerta esté cerrada con candado, de tal manera que personas no autorizadas no tengan acceso.
- Revisar los cilindros y marcar tanto los llenos como los vacíos, para evitar que los cilindros se caigan, además se deben asegurar todos con una cadena ubicada a 2/3 de altura de la base del cilindro.
- Mantener cubierta la cámara de desinfección y revisar que no ingresen agentes contaminantes.
- Realizar la limpieza interna empleando una escoba la caseta donde se encuentran los cilindros y el área circundante.

Semanalmente:

- Limpiar el área circundante y eliminar cualquier tipo de suciedad o contaminación de la caseta de desinfección.

Mensualmente:

- Limpiar las válvulas de compuerta de control.
- Aplicar aceite vaselina en las partes metálicas que muestren principios de corrosión.
- Revisar el sistema de inyección: la tubería de cobre, tubería flexible, cilindro de cloro gas, y reemplazar los elementos del sistema de cloración que se encontraron defectuosos.
- Verificar la presencia de cloro gas, mediante el empleo de amoniaco que, al entrar en contacto con el cloro, se forma un humo blanquecino en exceso en la base, lo que indica que existen fugas, por lo tanto, se debe utilizar un frasco de polietileno con amoniaco con tapa en punta, se aplasta este frasco sobre la válvula del cilindro para verificar la fuga.
- Revisar el estado del equipo de protección personal, en especial de la mascarilla, gafas y los guantes, y cambiar los accesorios del equipo de protección del operador, que se encuentre en mal estado.
- Revisar el contenido del cilindro de cloro gas, a su vez contar con un cilindro de cloro gas disponible.

- Revisar las válvulas, se debe asegurar de girar las válvulas para que no se endurezcan, girar ¼ de vuelta hacia la izquierda y derecha, aplicar unas gotas de aceite para lubricarlas.
- Limpieza de la cámara de desinfección empleando una escoba, cepillo, agua, con solución de fosfato trisódico para remover todas las impurezas de las paredes internas de la cámara.

Trimestralmente:

- Inspección de las estructuras de hormigón y elementos metálicos.
- Revisión del estado interno de la caseta de desinfección y de la cámara de desinfección.

Semestralmente:

- El operador debe realizar la desinfección total de la caseta y cámara de desinfección.
- Para la desinfección debe emplear una solución de 6 cucharas grandes en un balde de 10L.
    1. Cerrar la válvula de compuerta de control de entrada del agua filtrada hacia la cámara de desinfección.
    2. Cerrar la válvula del cilindro de cloro gas.
    3. Esperar que la cámara de desinfección drene toda el agua tratada y cerrar la válvula de compuerta de salida del agua tratada hacia los tanques de almacenamiento.
    4. Con un trapo y la solución preparada debe limpiar las paredes de la estructura de la cámara de desinfección.
    5. Con una corriente de agua, limpiar las paredes, de tal manera que se remueve los residuos del desinfectante.
    6. Abrir la válvula de compuerta de control de salida de agua filtrada hacia la cámara de desinfección.
    7. Abrir la válvula del cilindro de cloro gas.
    8. Esperar que la cámara de desinfección se llene, hasta que el agua y cloro gas tenga un tiempo de contacto mínimo de 30min.
    9. Abrir la válvula de compuerta de control de salida de agua tratada hacia los tanques de almacenamiento.

Anualmente:

- Realizar el desmontaje y limpieza integral del sistema de cloración, verificando las partes defectuosas.

Mantenimiento correctivo:

- El operador debe realizar las reparaciones de fisuras para las estructuras de hormigón, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de acero, de tal manera que se remuevan las partículas desprendidas del enlucido.
    2. Emplear una corriente de agua para que la superficie quede completamente limpia.
    3. Colocar el líquido endurecedor de material flexible para rellenar las fisuras, se puede emplear el líquido SikaTop77, para ello se forma una mezcla de cemento, arena fina y lavada, agua diluida con SikaTop77, hasta obtener una consistencia cremosa.
    4. Colocar sobre la superficie.
- En caso, que se presenten desprendimientos de hormigón en el enlucido, se puede recubrir empleando una mezcla de mortero.
- Se debe pintar las estructuras de hormigón, en caso que presenten desgaste, se puede seguir el siguiente procedimiento:
    1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% de la solución. No emplear detergentes.
    2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica o de látex (pintura cóndor) o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).
- Pintar las estructuras metálicas empleando la pintura anticorrosiva.
- Pintar el techo de la caseta de desinfección.

Seguridad del operador:

- Las reservas de cloro gas deben colocarse en lugares seguros donde no tengan acceso personas no autorizadas.
- Los cilindros de cloro, llenos y vacíos, deben estar almacenados por separado, asegurados individualmente por medio de correas de seguridad para impedir su caída.
- El equipo de dosificación de cloro gaseoso debe tener válvulas de cierre (válvulas auxiliares del cilindro de cloro), por medio de las cuales se pueden cerrar las líneas de conexión al cambiarse los cilindros.
- El cloro gaseoso no debe estar expuesto directamente a la luz del sol u otras fuentes de calor y se debe guardar en ambientes secos.

- Cuando se realiza alguna actividad donde pueda haber fugas de cloro gas debe hacerse al aire libre, protegido de la intemperie. En la caseta de desinfección se debe colocar un sistema de ventilación o un ventilador.

Observaciones:

- Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema.

5.2.6 Tanques de almacenamiento

Mantenimiento preventivo:

Diariamente:

- Realizar una inspección del interior de cada tanque de almacenamiento y mantener una reserva del 80% de la capacidad en cada uno, en caso que se observe deberá retirar cualquier contaminante externo que haya ingresado a los tanques. Al terminar la inspección se debe verificar que las tapas queden bien cerradas para que no ingresen contaminantes.
- Revisar la rejilla de ventilación circular en las tuberías de ventilación y retirar cualquier insecto o basura que haya quedado retenida.

Mensualmente:

- Realizar una revisión general del estado de las paredes de los tanques.
- Revisar el estado de la tubería de entrada, salida, limpieza, rebose y ventilación de cada tanque.
- Revisar que el cerco de protección del tanque externo a la PTAP se encuentre en buen estado.
- Revisar el estado de las tapas y los candados, si se requiere se debe lubricarlos con unas gotas de aceite.
- Revisar el estado de las válvulas de compuerta, para esto se debe girar ¼ de vuelta hacia la izquierda y derecha, si están endurecidas se debe engrasarlas aplicando unas gotas de aceite.
- Limpiar el interior de la cámara de válvulas de cada tanque, empleando un trapo húmedo.
- Limpiar las tapas de hormigón de los tanques y revisar el estado de la rejilla de ventilación.
- Limpiar y realizar el desbroce del área circundante a los tanques.

Semestralmente:

- Realizar la limpieza y desinfección del tanque con el siguiente procedimiento:
    1. Programar de antemano la actividad y avisar a los usuarios que se suspenderá el servicio mientras se limpia el tanque, esta actividad se debe realizar por turnos con los dos tanques que están dentro de la PTAP.
    2. Si se va a desinfectar el tanque de almacenamiento se debe preparar la solución de cloro. Disolver cuatro (4) cucharas grandes con hipoclorito de calcio al 30-35% a un recipiente de 20 litros de capacidad,
       Si se va a realizar la limpieza se puede emplear fosfato trisódico al 5% para evitar manchas y moho.
    3. Cerrar la válvula de compuerta de control a la salida del tanque a lavar y/o desinfectar.
    4. Abrir la válvula de compuerta de limpieza.
    5. Abrir el candado y levantar la tapa de inspección para ver cuando el tanque ya esté vacío.
    6. Para ingresar al tanque el operador debe utilizar botas de hule limpias, guates, protector para el rostro, ropa para trabajo, trapo limpio, escobilla y cepillos limpios, balde, tubería flexible (manguera) y la solución de cloro.
    7. Fregar las paredes y el piso del tanque con el cepillo y frotar la solución con un trapo limpio, puede ayudarse de una tubería flexible (manguera) a presión o de un balde para la limpieza.
    8. Abrir la válvula de compuerta de control que permite el ingreso del agua hacia el tanque.
    9. Una vez que el tanque esté limpio, deje correr el agua al menos 5 minutos para que arrastre los residuos de la limpieza y cierre la válvula de compuerta de limpieza.
    10. Deje llenar el tanque hasta una capacidad el 80 % de su capacidad y abra la válvula de compuerta de control de salida del tanque.

.

Anualmente:

- Revisar el estado de las tapas de hormigón de los tanques.
- Revisar el estado de las tapas metálicas.

Mantenimiento correctivo:

- El operador debe realizar una revisión general del estado de la estructura de hormigón, si se encuentran desprendimientos en la superficie, se debe repararlo.

Para realizar las reparaciones de fisuras para las estructuras de hormigón se sigue el siguiente procedimiento:

1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas duras, de tal manera que se remuevan las partículas desprendidas de la superficie.
2. Emplear una corriente de agua para que la superficie quede completamente limpia.
3. Colocar el líquido endurecedor de material flexible para rellenar las fisuras, se puede emplear el líquido SikaTop77, para ello se forma una mezcla de cemento, arena fina y lavada, agua diluida con SikaTop77, hasta obtener una consistencia cremosa.
4. Colocar sobre la superficie.

- Según las inspecciones realizar las reparaciones de la tubería de PVC, en caso que si existen fugas.
- Revisar el estado de las válvulas de compuerta y repararlas o cambiarlas en caso de que no funcionen adecuadamente.
- Pintar la pared exterior visible del tanque semienterrado y las tapas de hormigón de cada tanque:
  1. Limpiar la superficie de hormigón, empleando un cepillo de cerdas plásticas con fosfato trisódico en un 5% si se evidencian manchas o moho. No emplear detergentes ya que puede manchar más la superficie.
  2. Sobre la estructura se coloca un bloqueador de humedad, un sellador de la estructura y la pintura anticorrosiva, se recomienda utilizar la pintura acrílica o de látex (pintura cóndor) o pintura con grado alimenticio como Unipox (DURASHIELD).
- Pintar los elementos metálicos que se encuentran desgastados o en los que hay presencia de corrosión con pintura anticorrosiva, se puede emplear Sikagard®-62.

  1. Lijar las partes donde se presente óxido.
  2. Limpiar la superficie.
  3. Aplicar 1 capa de la pintura anticorrosiva sobre la superficie preparada, para esto se puede emplear brocha o rodillo.
  4. Una vez seca la primera capa se coloca una segunda capa de pintura anticorrosiva.
  5. Dejar secar la pintura.

Observaciones:

- Todas las actividades realizadas de mantenimiento, se registrarán en las hojas de registro del sistema, a continuación, se muestran los formatos para el registro de elementos y actividades realizadas.

5.2.7 Formatos para el registro de actividades y estado de los elementos de la planta de tratamiento de agua potable

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
TANQUE REPARTIDOR						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
INTERIOR DEL TANQUE REPARTIDOR	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS PAREDES					
	LIMPIEZA DEL INTERIOR					
	DESINFECCIÓN DEL INTERIOR					
POZO DE DEFOGUE	LIMPIEZA					
VERTEDERO	REVISIÓN DEL ESTADO					
PAREDES EXTERIORES DEL TANQUE ROMPE PRESIÓN	LIMPIEZA DE LAS PAREDES EXTERIORES					
TUBERIA DE REBOSE	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIAS DE LIMPIEZA	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIA DE SALIDA A LOS FILTROS	REVISIÓN DEL ESTADO					
VÁLVULA BYPASS	MANIOBRAR LA VÁLVULA BYPASS					
	ENGRASAR LA VÁLVULA BYPASS					
VÁLVULA DE LIMPIEZA	MANIOBRAR LA VÁLVULA DE LIMPIEZA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA DE LIMPIEZA					
VÁLVULA AL INGRESO	MANIOBRAR LA VÁLVULA AL INGRESO					
	ENGRASAR LA VÁLVULA AL INGRESO					
VÁLVULA A LA SALIDA	MANIOBRAR LA VÁLVULA DE SALIDA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA DE SALIDA					
TAPAS METÁLICAS	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS TAPAS					
CAMARAS DE VÁLVULAS	LIMPIEZA DE CAMARAS DE VÁLVULAS					
CANDADO	ENGRASAR LOS CANDADOS					
	DEBROCE DEL AREA CIRCUNDANTE AL TANQUE R.					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
FILTROS GRUESOS						
SELECCIONAR FILTRO:		DERECHO	IZQUIERDO			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
TANQUE DE ENTRADA	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TANQUE CIRCULAR	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TANQUE DE SALIDA	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TUBERÍA DE ENTRADA 110mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA FILTRANTE 160mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA DE REBOSE 200mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA DE SALIDA 110mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
VÁLVULA A LA ENTRADA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
VÁLVULA A LA SALIDA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
VÁLVULA DE DESAGUE	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
TAPAS METÁLICAS	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS TAPAS					
CANDADOS	ENGRASAR LOS CANDADOS					
FILTROS GRUESOS	LIMPIEZA DEL TANQUE DE ENTRADA					
	LIMPIEZA DEL TANQUE DE SALIDA					
	RASPADO DE LA SUPERFICIE DEL LECHO FILTRANTE					
	LIMPIEZA INTERNA DEL FILTRO					
	DESINFECCIÓN DEL FILTRO					
ANÁLISIS DE LA TURBIEDAD: VALOR DETERMINADO:						
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDAD QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL ENCARGADO:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
FILTROS LENTOS						
SELECCIONAR FILTRO:	DERECHO	IZQUIERDO				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
TANQUE DE ENTRADA	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TANQUE CIRCULAR	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TANQUE DE SALIDA	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
TUBERÍA DE ENTRADA 110mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA FILTRANTE 160mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA DE REBOSE 200mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA DE SALIDA 110mm	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
VÁLVULA A LA ENTRADA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
VÁLVULA A LA SALIDA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
VÁLVULA DE DESAGUE	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
TAPAS METÁLICAS	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS TAPAS					
CANDADOS	REVISIÓN Y ENGRASAR LOS CANDADOS					
FILTROS LENTOS	LIMPIEZA DEL TANQUE DE ENTRADA					
	LIMPIEZA DEL TANQUE DE SALIDA					
	RASPADO DE LA SUPERFICIE DEL LECHO FILTRANTE					
	LIMPIEZA INTERNA DEL FILTRO					
	DESINFECCIÓN DEL FILTRO					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA U OBSERVACIONES:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDAD QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL ENCARGADO:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
CASETA DE DESINFECCIÓN						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
TUBERÍA DE ENTRADA 110mm	REVISIÓN DEL ESTADO DEL HORMIGÓN					
CILINDRO DE CLORO GAS	REVISIÓN DEL ESTADO DEL CILINDRO					
TUBERÍA DE COBRE DEL CILINDRO	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
TUBERÍA FLEXIBLE	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA TUBERÍA					
UNION	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA UNIÓN					
CLORÍMETRO	REVISIÓN DEL ESTADO DEL CLORÍMETRO					
VERTEDERO	REVISIÓN DEL ESTADO DE LA PLACA METÁLICA					
CÁMARA DE DESINFECCIÓN	ESTADO DEL HORMIGÓN					
CUBIERTA DE LA CÁMARA	ESTADO DE LA CUBIERTA DE ZINC					
VÁLVULA A LA ENTRADA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
VÁLVULA A LA SALIDA	MANIOBRAR VÁLVULA					
	ENGRASAR VÁLVULA					
TAPAS METÁLICAS	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS TAPAS					
CANDADOS	REVISIÓN Y ENGRASAR LOS CANDADOS					
CASETA DE DESINFECCIÓN	LIMPIEZA INTERNA DE LA CASETA					
	LIMPIEZA DE LA CÁMARA DE DESINFECCIÓN					
	DESINFECCIÓN DEL FILTRO					
	LIMPIEZA DEL ÁREA CIRCUNDANTE					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDAD QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL ENCARGADO:			FIRMA:			
FECHA:						

REGISTRO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE PUCARALOMA						
TANQUE DE ALMACENAMIENTO						
SELECCIONE EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO: 1 2 3						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO: MARQUE CON UNA X DONDE CORRESPONDA:						
ELEMENTO	ACTIVIDAD	SE REALIZA	NO SE REALIZA	ESTADO DEL ELEMENTO		
				BUENO	REGULAR	MALO
PAREDES INTERNAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS PAREDES					
	LIMPIEZA DEL INTERIOR DEL TANQUE					
	DESINFECCIÓN DEL INTERIOR DEL TANQUE					
	DESBROCE DEL AREA CIRCUNDANTE					
REJILLA DE VENTILACIÓN	LIMPIEZA					
TAPA DE HORMIGÓN DEL TANQUE	LIMPIEZA EXTERNA					
TAPAS METÁLICAS	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIAS DE VENTILACIÓN	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERÍA DE REBOSE	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIA DE ENTRADA	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIA DE SALIDA	REVISIÓN DEL ESTADO					
TUBERIA DE LIMPIEZA	REVISIÓN DEL ESTADO					
VÁLVULA A LA ENTRADA	MANIOBRAR LA VÁLVULA A LA ENTRADA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA A LA ENTRADA					
VÁLVULA A LA SALIDA	MANIOBRAR LA VÁLVULA A LA SALIDA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA A LA SALIDA					
VÁLVULA DE LIMPIEZA	MANIOBRAR LA VÁLVULA DE LIMPIEZA					
	ENGRASAR LA VÁLVULA DE LIPIEZA					
TAPAS METÁLICAS	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS TAPAS					
CÁMARAS DE VÁVULAS	LIMPIEZA DE CAMARAS DE VÁLVULAS					
CERRAMIENTO	REVISIÓN DEL ESTADO					
CANDADOS	ENGRASAR LOS CANDADOS					
OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
OBSERVACIONES:						
MANTENIMIENTO CORRECTIVO: ESPECIFIQUE LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA						
ACTIVIDADES QUE REALIZA:						
NOMBRE DEL PERSONAL RESPONSABLE:			FIRMA:			
FECHA:						

6. FORMATO DE REPORTE DE DAÑOS PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

REPORTE DE REPARACION DE DAÑOS EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE PUCARALOMA	
UBICACIÓN DE DAÑOS	
TIPO DE DAÑO:	
CARACTERISTICAS DEL DAÑO:	
POSIBLE CAUSA DEL DAÑO:	
TIPO DE TRABAJO DE REPARACIÓN:	
MATERIALES EMPLEADOS:	
PERSONAL QUE REALIZA LA ACTIVIDAD:	
TIEMPO EMPLEADO:	
OBSERVACIONES:	
NOMBRE DEL PERSONAL ENCARGADO:	
FIRMA DEL PERSONAL ENCARGADO:	
FECHA:	

7. BIBLIOGRAFÍA

Agüero, R. (2004). PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAPTACIONES Y RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO. Lima.

Avina, C. I. (2012). Módulo 5. Operación y Mantenimiennto de sistemas de agua potable. Ecuador.

Cepero Rubio, A., Duran Pous, A., Pinto Aguado, F., Casas Beltran, F., Gandía Artigues, J., Agudo Fernández, L.-A., & Pérez Navarro , M. (s.f.). Mantenimiento de redes de agua a presión. Parte I: Reparaciones.

CEPIS. (2004). Operación y Mantenimiento para Líneas de Conducción e Impulsión de Sistemas de Abastecimientos de Agua Rural. Lima: Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

F-ODM. (2011). Manual de administración, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y saneamiento. Guatemala.

Ministerio de Desarrollo Económico, & Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. (1999). OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA. Cali: Sena publicaciones.

OPS/CEPIS. (2001). Manual del Inspector: COMO REALIZAR INSPECCIONES SANITARIAS EN PEQUEÑOS SISTEMAS DE AGUA. Honduras: OPS/CEPIS.

OPS/CEPIS. (2002). Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Lima.

USAID. (2016). MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD . Tegucigalpa: RILMAC Impresores, S. de R.L de C.V.