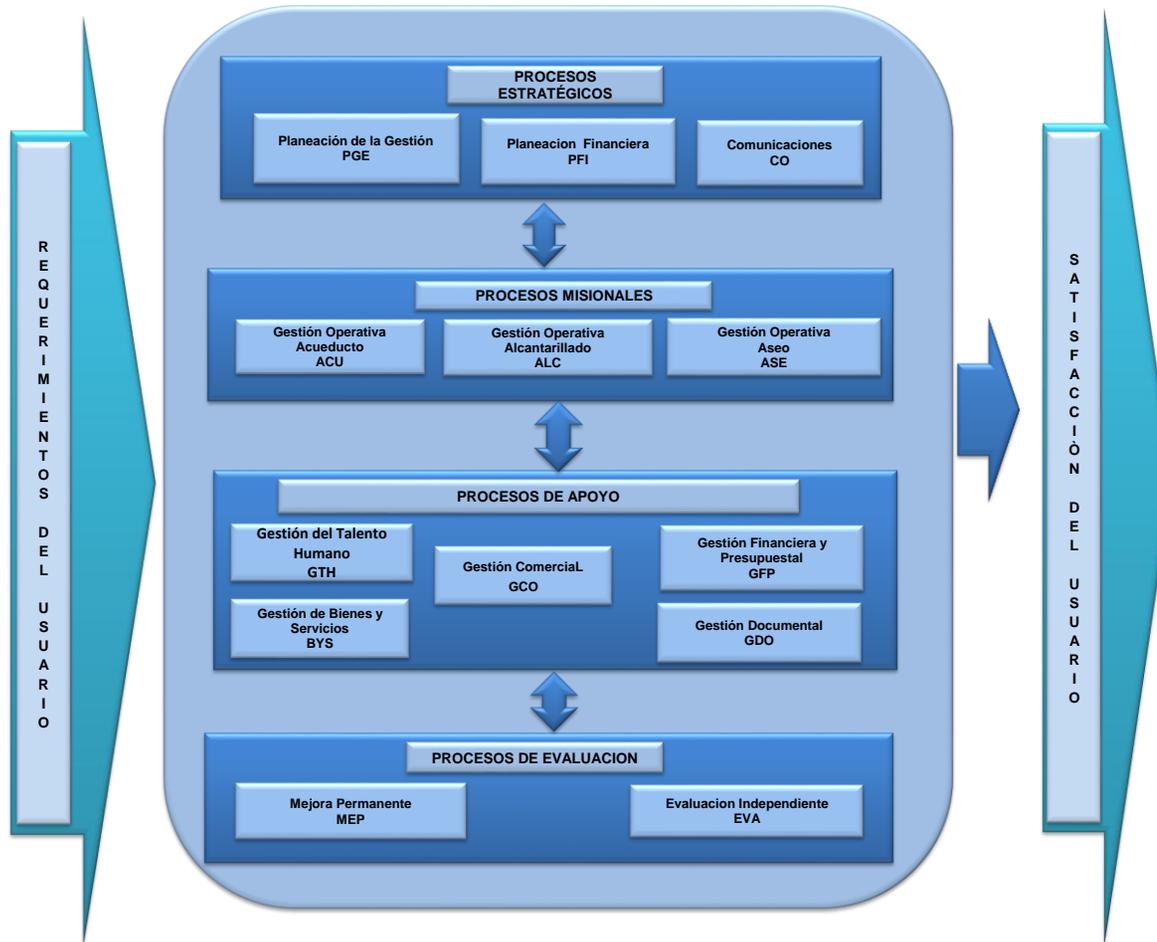


MAPA DE PROCESOS

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G.



EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA ANTIOQUIA

PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

TIPO DE PROCESO	PROCESO		PROCEDIMIENTOS	
	CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE
ESTRATÉGICOS	PGE	PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN	PGE-PR-01	FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO
			PGE-PR-02	PLAN DE ACCION
			PGE-PR-03	ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO
	PFI	PLANEACIÓN FINANCIERA	PFI-PR-01	ELABORACIÓN DEL PLAN FINANCIERO
			PFI-PR-02	ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO
			PFI-PR-03	ELABORACIÓN DEL PAC
			PFI-PR-04	MANEJO DE VIGENCIAS FUTURAS
CO	COMUNICACIONES	CO-PR-01	COMUNICACIONES	

MISIONALES	ACU	GESTIÓN OPERATIVA ACUEDUCTO	ACU-PR-01	POTABILIZACIÓN DE AGUA
			ACU-PR-02	MANTENIMIENTO DE REDES DE ACUEDUCTO
	ALC	GESTIÓN OPERATIVA ALCANTARILLADO	ALC-PR-01	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
			ALCL-PR-02	MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES.
	ASE	GESTIÓN OPERATIVA ASEO	ASE-PR-01	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS.
			ASE-PR-02	BARRIDO Y LIMPIEZA DE VÍAS Y ÁREAS PÚBLICAS.
			ASE-PR-03	DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS.
	GCO	GESTIÓN COMERCIAL	GCO-PR-01	ATENCION DE PETICIONES QUEJAS Y RECLAMOS
			GCO-PR-02	SOLICITUD DE SERVICIOS DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASEO
			GCO-PR-03	MATRÍCULAS Y RECONECCIÓN
			GCO-PR-04	SUSPENSIÓN DEL SERVICIO POR MORA O PETICIÓN DEL USUARIO
			GCO-PR-05	ACTUALIZACIÓN DE DATOS DEL SUSCRIPTOR Y DEL INMUEBLE

APOYO	GTH	GESTIÓN DE TALENTO HUMANO	GTH-PR-01	SELECCIÓN Y VINCULACIÓN DE PERSONAL
			GTH-PR-02	INDUCCIÓN Y REINDUCCIÓN
			GTH-PR-03	FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN
			GTH-PR-04	NOVEDADES DE NOMINA (Vacaciones, permisos, licencias, incapacidades, desvinculación, cambio de turnos)
			GTH-PR-05	LIQUIDACIÓN DE NÓMINA Y PRESTACIONES SOCIALES (hasta archivo plano de nomina y provisión prestaciones sociales, pago seguridad social y pago de liquidación)
			GTH-PR-06	BIENESTAR SOCIAL
			GTH-PR-07	SALUD OCUPACIONAL
			GTH-PR-08	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO
			GTH-PR-09	PROCESO DISCIPLINARIO
	GFP	GESTIÓN FINANCIERA Y PRESUPUESTAL	GFP-PR-01	FACTURACION
			GFP-PR-02	RECAUDOS (MANEJO DE TAQUILLA)
			GFP-PR-03	COBRO DE CARTERA (PERSUASIVO, COACTIVO, BOLETIN DE DEUDORES MOROSOS, ACUERDO DE PAGOS)
			GFP-PR-04	PAGOS DE TESORERIA
			GFP-PR-05	EFFECTUAR CIERRES CONTABLES (UNIR REALIZAR PROCESOS CONTABLES Y EFFECTUAR CIERRES CONTABLES)
			GFP-PR-06	REALIZAR CONCILIACIONES
			GFP-PR-07	GENERAR INFORMES Y ESTADOS FINANCIEROS (PPTAL CGR, Control Interno contable, CGA, SUI y Estados financieros comparativos)
			GFP-PR-08	CONTROL INTERNO CONTABLE
			GFP-PR-09	MANEJO DE EXCEDENTES DE TESORERÍA

BYS	GESTIÓN DE BIENES Y SERVICIOS	BYS-PR-01	MANUAL CONTRATACIÓN
		BYS-PR-02	MANEJO DEL ALMACEN
		BYS-PR-03	ADMINISTRACION DE BIENES MUEBLES E INMUEBLES (políticas de depreciación, Adiciones y mejoras, Mantenimiento preventivo y correctivo, gestion de seguros y garantías e inventarios físicos)
GDO	GESTIÓN DOCUMENTAL	GDO-PR-01	MANEJO DE LA UNIDAD DE CORRESPONDENCIA
		GDO-PR-02	ORGANIZACIÓN DE LOS ARCHIVOS DE GESTIÓN Y CENTRAL
		GDO-G-01	GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DEL MECI
		GDO-G-02	GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS

EVALUACIÓN	EVA	EVALUACIÓN INDEPENDIENTE	EVA-PR-01	AUDITORÍAS INTERNAS
			EVA-PR-02	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL INTERNO
MEJORA PERMANENTE	MEP	MEJORA PERMANENTE	MEP-PR-01	CONTROL DE ACCIONES CORRECTIVAS, PREVENTIVAS Y DE MEJORA
			MEP-PR-02	CONTROL DE SERVICIOS NO CONFORME
			MEP-PR-03	SEGUIMIENTO Y MEJORA DE LA GESTIÓN
			MEP-PR-04	PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO DE BINES DE LOS CLIENTES
			MEP-PR-05	PROCEDIMIENTO PARA LA PRESERVACIÓN DEL PRODUCTO
			MEP-PR-06	PROCEDIMIENTO PARA CALIBRACIÓN Y METROLOGÍA
			MEP-PR-07	REVISIÓN POR LA GERENCIA
			MEP-PR-08	MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE
			MEP-PR-09	ATENCIÓN DE PETICIONES, QUEJAS Y RECLAMOS

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

PROCESOS ESTRATÉGICOS

PROCESOS

PGE - PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN

PFI – PLANEACION FINANCIERA

PCO – PROCESO COMUNICACIONES

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



**MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS
PROCESOS ESTRATEGICOS
PGE – PROCESO PLANEACION DE LA GESTION**

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

Proceso:	PGE – PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN		Responsables:
Tipo de Proceso:	PROCESO ESTRATÉGICO		Gerente, Asesor de Control Interno
Objetivo: Asegurar que se establece, documenta, implementa, mantiene y mejora continuamente la eficiencia, eficacia y efectividad del Sistema de Control Interno (SCI) de forma tal que garantice el cumplimiento de la misión y objetivos estratégicos, así como las disposiciones legales y reglamentarias aplicables a las empresas prestadores de servicios públicos domiciliarios.		Alcance: Este proceso comprende <u>desde</u> la formulación del direccionamiento estratégico de la Administración <u>hasta</u> la elaboración de planes de mejoramiento institucional y la rendición de cuentas a la comunidad y demás partes interesadas.	
Requisitos ISO 9001 y NTCGP 1000: 4.1, 4.2.2, 5, 7.3, 8.2.1, 8.2.3, 8.4, 8.5		Elementos del MECI: 1.1.1, 1.1.3, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 3.1.2, 3.3.1	
Proveedores	Entradas	1. ACTIVIDADES	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> • Entes de control, regulación y legislación • Comunidad y partes interesadas • Procesos del SCI • Entes externos 	<ul style="list-style-type: none"> • Normatividad aplicable • Plan Estratégico • Percepción de los funcionarios • Planes estratégicos externos • Presupuesto de Ingresos y Egresos anteriores 	<p style="text-align: center;">P</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los requisitos legales y reglamentarios 2. Determinar las necesidades y expectativas de la comunidad y partes interesadas 3. Evaluar el clima organizacional 4. Definir el Direccionamiento Estratégico 5. Diseñar el Modelo de Operación por Procesos 6. Establecer la Estructura Organizacional y Planta de Cargos 7. Planificar la gestión ética y de calidad 8. Definir y comunicar las Responsabilidades y Autoridades 9. Asegurar la disponibilidad de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Normograma • Diagnóstico de Clima Organizacional • Componentes del Direccionamiento Estratégico • Mapa de Procesos • Estructura Organizacional • Planta de Cargos • Políticas, Objetivos, Planes, Compromisos Éticos • Responsabilidades y Autoridades • Plan de acción
			Clientes
			<ul style="list-style-type: none"> • Gestión Documental • Procesos del SCI • Entes de control y regulación

<ul style="list-style-type: none"> Entes externos Procesos del SCI Entes de control y regulación 	<ul style="list-style-type: none"> Mapa de Procesos Políticas, Objetivos, Planes, Compromisos Éticos Responsabilidades y Autoridades Misión y visión Planes estratégicos externos Planes Estratégicos Planta de cargos Estructura organizacional Informes de gestión Informes de entes de control y regulación 	H	10. Asegurar la documentación del SCI 11. Ejecutar y hacer seguimiento a los planes estratégicos 12. Asegurar la toma de conciencia del personal frente a las disposiciones del SCI ; MECI, Gestión Ética y Sistema de Desarrollo Administrativo 13. Efectuar la revisión por la dirección 14. Elaborar el plan de mejoramiento institucional 15. Efectuar la rendición de cuentas	<ul style="list-style-type: none"> Manual del SCI; incluye indicadores y mapa de riesgos Registros de los planes estratégicos Actas Comité de Control Interno Acta de la revisión por la Gerencia y sus anexos Plan de mejoramiento institucional Informe de rendición de cuentas 	<ul style="list-style-type: none"> Procesos del SCI Entes de control y regulación Ente certificador Comunidad y partes interesadas Entes externos
<ul style="list-style-type: none"> Entes de control y regulación Evaluación Independiente Mejoramiento de la Gestión Gestión y Desarrollo Humano 	<ul style="list-style-type: none"> Informes de gestión Indicadores calculados Informes de auditorías Mapa de Riesgos Planes de mejoramiento 	V	<p>Controles Preventivos:</p> 16. Actualización de la documentación y los requisitos legales y reglamentarios aplicables, indicadores y mapa de riesgos. 17. Propender por la articulación entre dependencias para la planificación y la prestación del servicio 18. Ajustar la estructura y planta de cargos 19. Efectuar el redireccionamiento estratégico <p>Controles Correctivos:</p> 20. Ajustar los planes de trabajo <p>Análisis de Datos:</p> 21. Analizar los informes de gestión 22. Analizar los indicadores de gestión 23. Analizar los resultados de auditorías 24. Analizar los riesgos de mayor probabilidad de ocurrencia 25. Evaluar los planes de mejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> Informes de gestión evaluados Indicadores analizados Hallazgos evaluados Riesgos controlados y actualizados Planes de mejoramiento evaluados 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la Gestión Evaluación Independiente Entes de control y regulación Comunicaciones
	<ul style="list-style-type: none"> Informes de gestión evaluados Indicadores analizados Hallazgos evaluados Riesgos controlados y actualizados Planes de mejoramiento evaluados 	A	26. Tomar acciones para el mejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> Correcciones Acciones Correctivas Acciones Preventivas Acciones de Mejora Plan de mejoramiento 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la Gestión Evaluación Independiente Entes de control y regulación Comunicaciones

Recursos	Documentos Internos	Documentos Externos
<p>Físicos: Oficinas dotadas, Hardware y Software Comercial, Aplicativos Administrativos, Financiera, Oficina de Reuniones, Equipos Audiovisuales, Fílmicos y Fotográficos, Transporte.</p> <p>Humanos: Gerente, Representante de la Gerencia, Grupo primario, Personal de Apoyo</p> <p>Ambiente de Trabajo: Temperatura ambiente, Iluminación adecuada, Fuera de ruido.</p>	<p>Procedimientos: PGE-PR-01 Formulación del Plan Estratégico PGE-PR-02 Formulación, seguimiento y evaluación del Plan de Acción. PGE-PR-03 Administración del Riesgo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ver listado Maestro de Documentos Externos • Ver Normograma

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS **PROCESOS ESTRATEGICOS** PGE – PROCESO PLANEACION DE LA GESTION

PROCEDIMIENTOS

PROCESO		PROCEDIMIENTOS	
CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE
PGE	PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN	PGE-PR-01	FORMULACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO
		PGE-PR-02	FORMULACION, SEGUIMIENTO Y EVALUACION DEL PLAN DE ACCION
		PGE-PR-03	ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

**EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA
E.S.P.G**



PGE: PROCESO DE PLANEACION DE LA GESTION

**PGE-PR-01: FORMULACIÓN DEL PLAN
ESTRATÉGICO**

GRANADA, 05 DE DICIEMBRE DE 2012

TABLA DE CONTENIDO

1.	CONTROL DE CAMBIOS	10
2.	AUTORIZACIÓN	10
3.	OBJETIVO.....	11
4.	ALCANCE	11
5.	NORMATIVIDAD.....	11
6.	TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	12
7.	RESPONSABLE.....	14
8.	POLÍTICAS DE OPERACIÓN	14
9.	CONTENIDO.....	15
9.1	IDENTIFICACIÓN NECESIDADES Y EXPECTATIVAS.....	15
9.2	PROCESO.....	17
10.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	20
11.	REGISTROS.....	20
12.	ANEXOS.....	21

1. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
2	05/12/2013	Detallado para Formulación del Plan Estratégico 2012-2015

2. AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboro: ERASMO ARTURO HERRERA LOPERA	ASESOR MECI
Reviso: DUBIAN FREDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ MECI	PRESIDENTE COMITÉ MECI

3. OBJETIVO

Establecer los lineamientos estratégicos de la empresa, con la formulación de políticas institucionales, planes, programas y proyectos con el fin de dar cumplimiento a las competencias institucionales de acuerdo con los estatutos, la Constitución, la ley y los reglamentos.

4. ALCANCE

Aplica el presente documento desde el momento en que se elabora el Plan Estratégico, su seguimiento y evaluación hasta la expedición del Acuerdo que los adopta, también tiene en cuenta los ajustes y actualizaciones del plan.

5. NORMATIVIDAD

Norma (número y fecha)	Descripción
Constitución Política de Colombia	Artículos 367 al 375
Ley 142 de 1994	Por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
Ley 388 de 1997	Por la cual se modifica la Ley 9a. de 1989, y la Ley 3a. de 1991 y se dictan otras disposiciones.
Ley 872 de 2.003	Por la cual se crea el sistema de gestión de la calidad en la Rama Ejecutiva del Poder Público y en otras entidades prestadoras de servicios.
Decreto 302 de 2000	Gobierno Nacional, por el cual reglamenta la Ley 142 de 1994 en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Resolución Numero .SSPD 20094000015085 del 11 de junio de 2009	Por la cual se unifica en un solo acto administrativo la normatividad expedida en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico para el cargue de la información al SUI.
	Documento Compilatorio de las Disposiciones Regulatorias de Carácter General de la CRA, (Anexo del Decreto 2696 de 2004)
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000

6. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

ACUERDOS, COMPROMISOS O VALORES ÉTICOS: Estándar de conducta de la Entidad Pública. Establece las declaraciones explícitas que en relación con las conductas de los Servidores Públicos, son acordados en forma participativa para la consecución de los propósitos de la Entidad, manteniendo la coherencia de la gestión con los principios consagrados en la Constitución, la Ley y la finalidad Social del Estado.

CÓDIGO DE BUEN GOBIERNO: Es un instrumento para alinear a todo el Equipo Directivo dentro de un estilo de dirección unificado. Se refiere a la manera en que las entidades son dirigidas, mejorando su funcionamiento interna y externamente, en la búsqueda de eficiencia, integridad y transparencia, para responder adecuadamente a sus grupos de interés, asegurando un comportamiento ético organizacional integral.

CÓDIGO DE ÉTICA: Documento de referencia para gestionar la ética en el día a día de la entidad. Está conformado por los Principios, Valores y Directrices que, en coherencia con el Código de Buen Gobierno, todo empleado de la entidad debe observar en el ejercicio de su función.

ESTRATEGIAS: Las estrategias son las acciones que se trazan para alcanzar los objetivos. La estrategia se puede resumir o muestra: el cómo hacerlo, con quién hacerlo y cuándo hacerlo.

ÉTICA: Conjunto de principios, valores y normas del fuero interno que guían las conductas de las personas en su interacción social.

META: Es la cuantificación de los objetivos y productos establecidos por los programas y proyectos del Plan estratégico.

MISIÓN: la misión de una entidad es su finalidad específica, que le distingue de otras de su tipo. Parte de establecer con claridad qué competencias y funciones le ha entregado la Ley y el Ordenamiento Territorial vigente

OBJETIVO: el objetivo describe los resultados que se quieren alcanzar en el transcurso de un período específico, con base en un juicio sobre las condiciones y recursos existentes para su obtención.

Un objetivo para que esté bien formulado debe contener los siguientes elementos:

- Variable o atributo (acción)
- Umbral (punto de llegada)
- Unidad de medida
- Horizonte (Tiempo en que se cumple el objetivo)

PLAN DE ACCIÓN: Instrumento gerencial de programación y control de la ejecución anual de los proyectos y actividades que deben llevar a cabo las dependencias para dar cumplimiento a las estrategias y proyectos establecidos en el Plan de Desarrollo o Plan Estratégico.

PLAN DE DESARROLLO: Documento que establece los propósitos y objetivos de largo plazo, metas y prioridades a mediano plazo y las estrategias y líneas generales de política que orientan las actividades para cada periodo de gobierno.

PLAN ESTRATÉGICO: El plan estratégico es un documento formal en el que se plasma, por parte de los responsables de una compañía (directivos, gerentes, empresarios...) cual será la estrategia de la misma durante un período de tiempo, generalmente de 3 á 5 años

PRESUPUESTO: Estructura conceptual e instrumental para la identificación, estimación y justificación de los recursos humanos y financieros necesarios para el desarrollo de una actividad.

PROYECTO: es un propósito planificado consistente en un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas, con el fin de alcanzar un objetivo específico y concreto dentro de los límites de un presupuesto y un tiempo determinados; su formulación está orientada a la ejecución. El proyecto tiene como objetivo fundamental modificar una situación específica mediante la adecuada utilización, racionalización y consecución de los recursos; es así como, un proyecto debe ser flexible y dinámico

USUARIO: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio público de aseo, bien sea como propietario del inmueble en dónde este se presta o como receptor directo del servicio

VALORES: Formas de ser y de actuar de las personas que son altamente deseables como atributos o cualidades nuestras y de los demás, por cuanto posibilitan la construcción de una convivencia gratificante en el marco de la dignidad humana.

VISIÓN: la visión se constituye en la descripción del futuro deseado y viable de ser alcanzado en el mediano o largo plazo y se basa en principios, ideales y valores compartidos por todos.

7. RESPONSABLE

Son responsables de velar por la ejecución de este procedimiento el Gerente y el .Asesor de Control Interno

8. POLÍTICAS DE OPERACIÓN

- a. El Plan Estratégico debe ser parte de todo proceso de inducción y/o Reinducción de los empleados y particulares que realicen o vayan a realizar funciones a nombre de la Empresa.
- b. El Plan Estratégico debe servir de base para asegurar el cumplimiento de la gestión de los procesos de la Empresa, así como, todos los documentos aquí referenciados.

- c. Es responsabilidad de todos los empleados y particulares que ejercen funciones a nombre de de la Empresa de Servicios Públicos de Granada ESPG, cumplir con las disposiciones establecidas en este documento.

9. CONTENIDO

9.1 IDENTIFICACIÓN NECESIDADES Y EXPECTATIVAS

1. IDENTIFICACIÓN NECESIDADES Y EXPECTATIVAS		
PRODUCTOS	CLIENTES	NECESIDADES Y EXPECTATIVAS
Código de ética, acuerdos y compromisos éticos	Todos los procesos	Motivar la actuación ética Ajustado a la realidad de la empresa Genere estímulos o reconocimientos al personal destacado en la cultura ética
Código de buen gobierno	Todos los procesos Comunidad	Establecer un estilo de dirección adecuado a las necesidades de la empresa. Definir políticas de dirección de la alta dirección frente a la administración.
Plataforma estratégica, plan de acción y evaluación del plan	Todos los procesos	Brindar orientación a los procesos para la gestión Identifique el objeto social de la empresa Definir claramente las metas institucionales Incentivar el mejoramiento continuo y de la calidad de los procesos Contribuya al alcance de las metas de la organización
Presupuesto y Plan anualizado de caja (PAC)	Todos los procesos	Que incluya las necesidades de los diferentes procesos para la vigencia Que sean comunicados los rubros asignados

	Junta Directiva	<p>Responda a las necesidades de la empresa</p> <p>Coherente con el plan estratégico de la empresa</p> <p>Ajustado a la normatividad vigente</p> <p>Que se presente oportunamente</p> <p>Avalado por el Gerente</p>
Asignación de responsabilidades y comunicación	Todos los procesos	<p>Claras</p> <p>Correspondan al cargo o funciones que desempeña dentro de la empresa</p> <p>Que la comunicación sea oportuna</p>
Acciones de mejora	Todos los procesos	<p>Contribuyan al desarrollo del proceso</p> <p>Optimice la operatividad del proceso</p>
Plan de mejoramiento institucional	Todos los procesos	<p>Que sirva de referente para el plan de mejoramiento del proceso</p> <p>Formulado de manera clara</p> <p>Comunicado oportunamente</p>
	Entes de control	<p>Que se cumpla</p> <p>Que se haga seguimiento</p> <p>Que se reporten oportunamente los resultados</p>
	Control interno	<p>Que contribuya al fortalecimiento del Sistema de Control Interno</p> <p>Evaluable</p> <p>Claro y completo</p> <p>Comunicado oportunamente</p>
Normograma	Todos los procesos	<p>Actualizado</p> <p>De fácil acceso</p> <p>Completo</p>
Plan de mejoramiento del proceso de Direccionamiento	Proceso de Mejoramiento continuo	<p>Evaluable</p> <p>Claro</p> <p>Completo</p> <p>Comunicado oportunamente</p>
Análisis e informe de los Indicadores	Proceso de Mejoramiento continuo	<p>Entregado oportunamente</p> <p>Elaborados en la plantilla definida para tal actividad</p> <p>Revisados periódicamente</p>

1. IDENTIFICACIÓN NECESIDADES Y EXPECTATIVAS		
PRODUCTOS	CLIENTES	NECESIDADES Y EXPECTATIVAS
Gestión de Riesgos e informes	Proceso de Mejoramiento continuo	Claros Oportunos para evitar situaciones que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos
Informe de Gestión Rendición de cuentas	Junta Directiva y comunidad, ciudadanía y entes de control	Claro Que contenga la información relevante sobre gestión de la empresa durante el último año. Con el resultado de la medición de indicadores
		Ajustada a los requisitos legales De acuerdo a los lineamientos dados por los entes Con datos reales y verificables
Solicitud de Bienes y Servicios	Proceso de Gestión de Bienes y Servicios	Justificadas Que estén contempladas en el Plan de Compras
Solicitudes de personal, bienestar, capacitación, y créditos e incentivos	Proceso de Gestión del Talento Humano	Acompañada de una debida justificación Formal Acorde con las funciones de su cargo Acorde con los planes, programas y políticas de la empresa

9.2 PROCESO

No.	ACTIVIDADES ESENCIALES	RESPONSABLE	REGISTROS	PUNTOS DE CONTROL
1	GESTIÓN ÉTICA			
1.1	Hacer cada dos años el diagnóstico ético para determinar cuál es la situación ética de la empresa e identificar las percepciones de los empleados	Gerente		Cada dos años se debe verificar el diagnóstico ético de la empresa
1.2	Formular los compromisos éticos que se adquieren frente al comportamiento ético y determinar los valores que enmarcan las actuaciones de los funcionarios	Gerente	Código de ética	
1.3	Construcción y adopción de las políticas éticas por	Gerente	Código de bueno	

No.	ACTIVIDADES ESENCIALES	RESPONSABLE	REGISTROS	PUNTOS DE CONTROL
	parte de la dirección de la empresa.		Gobierno	
1.4	Aplicar estrategias comunicativas para interiorizar y evaluar la gestión ética para incorporar los compromisos y valores éticos a la cultura organizacional e incentivar el cumplimiento de los valores institucionales.	Gerente		
1.5	Elaboración del plan de mejoramiento de la Gestión ética.	Gerente	Plan de mejoramiento de la Gestión ética	
2.	DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO			
2.1	Identificar y analizar los requisitos del cliente y la normatividad que rigen a la Empresa de Servicios Públicos de Granada ESPG realizando las modificaciones a los procesos de la organización de manera que se mantengan ajustados a la normatividad vigente y a los requerimientos del cliente.	Gerente y líderes de los procesos	Normograma	
2.2	Revisar o rediseñar la plataforma estratégica (misión, visión, objetivos institucionales) de manera que dé respuesta a los cambios del entorno y a las necesidades de la organización.	Gerente y líderes de los procesos	Misión, visión, objetivos modificados	
2.3	Diseñar la estructura organizacional de manera que sea compatible con el modelo de operación por procesos.	Gerente	Estructura organizacional Modelo de operación por procesos	
2.4	Asignación de responsabilidades y autoridades a los funcionarios	Gerente	Matriz de responsabilidad y autoridad	
2.5	Adopción y divulgación del direccionamiento estratégico dentro de la organización y a las partes interesadas.	Gerente	No aplica	
3.	PLANEACIÓN INSTITUCIONAL			

No.	ACTIVIDADES ESENCIALES	RESPONSABLE	REGISTROS	PUNTOS DE CONTROL
3.1	Realizar análisis del contexto nacional, departamental y municipal identificando oportunidades y amenazas	Gerente	Análisis de contexto externo	
3.2	Realizar análisis del contexto interno de la empresa identificando fortalezas y debilidades	Gerente	Análisis de contexto interno	
3.3	Identificar factores críticos internos y externos aplicando la metodología establecida en el instructivo de elaboración del plan de estratégico.	Gerente	Calificación de factores críticos internos y externos	
3.4	Formulación de las estrategias globales y funcionales de acuerdo a las matrices interna-externa, de estrategia global y matriz DOFA.	Gerente	Matriz global Matriz interna-externa Matriz DOFA	
3.5	Formulación de planes y proyectos	Gerente	Planes y proyectos	
3.6	Elaboración de planes de acción	Gerente	Planes de acción	Para cada vigencia se debe elaborar el respectivo plan de acción.
3.7	Seguimiento y evaluación del plan Estratégico Corporativo	Gerente	Informe de evaluación del Plan de desarrollo	Evaluaciones periódicas sobre el avance en la ejecución del plan
3.8	Reformulación del plan de Estratégico Corporativo	Gerente	Ajuste del Plan Estratégico Corporativo	
4.	COMUNICACIÓN			
4.1	Identificar partes interesadas y clientes	Gerente		
4.2	Identificar necesidades de comunicación interna y asignar responsabilidades	Gerente y líderes del proceso	Matriz de comunicación interna y externa	
4.3	Identificar necesidades de comunicación de las partes interesadas y asignar responsabilidades	Gerente y líderes del proceso	Matriz de comunicación e	

No.	ACTIVIDADES ESENCIALES	RESPONSABLE	REGISTROS	PUNTOS DE CONTROL
			información por proceso	
4.4	Elaborar plan de comunicaciones	Gerente	Plan de comunicaciones	
4.5	Realizar la Rendición de cuentas vinculándose en la rendición a la de la Alcaldía Municipal	Gerente		
4.6	Definir el uso de los medios de comunicación	Gerente	Plan de Medios	
4.7	Evaluar la eficacia de la comunicación	Gerente		
5.	REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN			
5.1	Preparar la revisión por la dirección: a través del correo interno deberán enviar la información solicitada por el representante de la dirección para preparar la información que se analizará.	Gerente	Correo electrónico	
5.2	Revisar cada informe para verificar el cumplimiento de los requisitos de la norma.	Gerente	Acta de revisión por la dirección	
5.3	En el Gerente hacer el seguimiento a las acciones y decisiones de la revisión por la dirección haciendo los ajustes pertinentes y verificando la eficacia de las acciones	Gerente	Actas de Gerente	

10. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Norma Técnica de Calidad para la Gestión Pública. NTCGP1000:2009
Modelo Estándar de control interno MECI

11. REGISTROS

PGE Caracterización del Proceso Planeación de la Gestión
PGE-PR-01-FR-01 Formato Matriz de Programas y Proyectos
Documento técnico de soporte.
Actas de reuniones
Acuerdo mediante el cual se adopta el Plan Estratégico.

12. ANEXOS

PGE-PR-01-Anexo 1 Plan Estratégico 2012-2015

PGE-PR-01-Anexo 2 Código del Buen Gobierno

PGE-PR-01-Anexo 3 Resolución de Adopción de Valores

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



PGE- PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN

PGE-PR-02 FORMULACIÓN SEGUIMIENTO Y EVALUACION DEL
PLAN DE ACCIÓN

12/08/2013

TABLA DE CONTENIDO

1	CONTROL DE CAMBIOS	24
2	AUTORIZACIÓN	24
3	OBJETIVO:	25

4	ALCANCE:	25	
5	TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURAS	25	
5	NORMATIVIDAD	27	
6	RESPONSABLES	28	
7	POLÍTICAS DE OPERACIÓN	28	
8	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO		30
8.1	FORMULACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN		30
8.2	SEGUIMIENTO AL PLAN DE ACCIÓN	31	
9	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	31	
10	REGISTROS	31	
11	ANEXOS	31	

1 CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
1	15/07/2013	ELABORACIÓN

2 AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboro: ERASMO ARTURO HERRERA LOPERA	ASESOR MECI
Reviso: DUBIAN FREDDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ MECI	PRESIDENTE COMITÉ MECI

Verifique en el listado maestro de documentos que esta es la versión vigente antes de utilizar el documento

3 OBJETIVO:

Elaborar una herramienta metodológica, para facilitar la adecuada formulación, seguimiento y evaluación del Plan de Acción, acorde con lo establecido en el Plan Estratégico.

4 ALCANCE:

Este documento aplica para la Formulación, Seguimiento y evaluación del Plan de Acción

5 TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURAS

ACTIVIDAD: Es la acción más importante que genera el resultado previsto.

ACCIÓN CORRECTIVA: Conjunto de acciones tomadas para eliminar la(s) causa(s) de una no conformidad detectada u otra situación indeseable.

CARACTERIZACIÓN DE CADA PROCESO: Documentos que tienen como finalidad describir cada proceso, estableciendo entre otros, el objetivo, alcance, responsable, normatividad aplicable y los indicadores necesarios para garantizar su control

ESTRATEGIA: Puede definirse como la mejor forma de alcanzar el logro de los objetivos. Se refiere al conjunto de acciones planificadas anticipadamente, cuyo objetivo es alinear los recursos y potencialidades de una empresa para el logro de sus metas y objetivos de expansión y crecimiento empresarial

INDICADOR: Expresión cuantitativa o cualitativa, que permite establecer el estado del resultado a evaluar en un momento determinado. Para el Plan de acción se aplicará la expresión cuantitativa.

META: Magnitud o nivel específico de los resultados que se prevé alcanzar

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS: Se denomina objetivos estratégicos a las metas y estrategias planteadas por una organización para reforzar, a largo plazo, la posición de la organización en un mercado específico, es decir, son los resultados que la empresa espera alcanzar en un tiempo mayor a un año, realizando acciones que le permitan cumplir con su misión, inspirados en la visión.

Los objetivos se podrán definir como los resultados específicos que pretende alcanzar una organización por medio del cumplimiento de su misión básica. Los objetivos son esenciales para el éxito de la organización porque establecen un curso, ayudan a la evaluación, revelan prioridades, permiten la coordinación y sientan las bases para planificar, organizar, motivar y controlar con eficiencia. Las estrategias son un medio para alcanzar los objetivos a largo plazo.

Características: Los objetivos deben ser posibles de alcanzar; prácticos, realistas y comunicados con claridad para garantizar el éxito, ya que ayudan a las partes que están interesadas en su logro a comprender su papel dentro del futuro de la organización, estableciendo las prioridades de esta. Además, en gran parte representan el sentido y fin de la misma, sientan una base para una toma de decisiones consistente por parte de gerentes con valores y actitudes dispares, diseñar puestos y organizar las actividades que se realizaran en la empresa. En resumen, los objetivos deben poseer las siguientes características:

- Alcanzables.
- Comprensibles.
- Deben ser cuantificados o expresados en cifras.
- Están ubicados en un horizonte temporal.
- Deben derivarse de las estrategias de la institución.
- No deben ser abstractos.
- Deben tener la capacidad de transformarse en tareas específicas.
- Deben posibilitar la concentración de recursos y esfuerzo.
- Deben ser múltiples.

PLANEACIÓN: Proceso mediante el cual se establece objetivos y se escoge el medio más adecuado para el logro de los mismos antes de emprender la acción.

PLAN ESTRATÉGICO: Instrumento rector de la planificación de la entidad toda vez que toma en cuenta la visión, la misión, objetivos estratégicos, metas y los recursos necesarios que conviertan los lineamientos estratégicos, en acciones concretas para la gestión.

PLAN DE ACCIÓN: Es un instrumento que articula estratégicamente las acciones de la entidad a su misión y objetivos sectoriales, de acuerdo con las prioridades fijadas en el plan de Estratégico, permitiendo la identificación sistemática de

los objetivos institucionales, metas, indicadores, actividades y recursos específicos que las dependencias y entidades tienen como compromiso adelantar y ejecutar para el logro de los objetivos del sector en una vigencia determinada.

5 NORMATIVIDAD

Norma (número y fecha)	Descripción
Constitución Política de Colombia	Establece en el título XII, capítulo segundo, la conformación del Plan Nacional de Desarrollo.
La Ley 87 del 29 de noviembre de 1993	En el artículo 4 literal a), determina que toda entidad debe establecer objetivos y metas tanto generales como específicas, así como la formulación de los planes operativos que sean necesarios.
La Ley 152 del 15 de junio de 1994	Establece en el párrafo segundo del artículo 29 que todos los organismos de la administración pública Nacional deben elaborar, con base en los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo y de las funciones que le señale la ley, un Plan Indicativo Cuatrienal, con planes de acción anuales que se constituirá en la base para la posterior evaluación de resultados.
Ley 142 del 11 de Julio de 1994	Artículo 52. Concepto de control de gestión y resultados PARÁGRAFO. Las Empresas de Servicios Públicos deberán tener un plan de gestión y resultados de corto, mediano y largo plazo que sirva de base para el control que se ejerce sobre ellas. Este plan deberá evaluarse y actualizarse anualmente teniendo como base esencial lo definido por las comisiones de regulación de acuerdo con el inciso anterior.
Ley 689 del 28 de agosto de 2001	Por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994.
Decreto 1826 del 3 de Agosto de 1994.	Reglamentario de la Ley 87 de 1993 determina como una de las funciones del Comité de Coordinación del Sistema de Control Interno, en el literal b, estudiar y revisar la evaluación del cumplimiento de las metas y objetivos los organismos o entidad, dentro de los planes y políticas sectoriales y recomendar los correctivos necesarios. Así mismo en literal f, establece la obligación de revisar el estado de ejecución de los objetivos, políticas, planes, metas y funciones que corresponden a cada una de las dependencias del organismo o entidad
Decreto 2145 de Noviembre de 1999	Expresa que: "La planeación es concebida como una herramienta gerencial que articula y orienta las acciones de la Entidad, para el logro de los objetivos estratégicos en cumplimiento de su misión particular y los fines del Estado en general, es el principal referente de la gestión y marco de las actividades del control interno puesto que a través de ella se definen y articulan las estrategias, objetivos y metas.

6 RESPONSABLES

JUNTA DIRECTIVA: Tiene la responsabilidad de establecer las políticas y objetivos a alcanzar en el cuatrienio y dar los lineamientos y orientaciones para la definición de los planes de acción anuales.

GERENTE: Identificar las acciones, proyectos y metas a alcanzar y calcular sus correspondientes costos.

TODOS LOS NIVELES Y PROCESOS DE LA ENTIDAD: Deben participar en la definición de los planes indicativos y de acción, definición y establecimiento de mecanismos de control, seguimiento y evaluación y ejecución de los mismos, de acuerdo con los compromisos adquiridos.

7 POLÍTICAS DE OPERACIÓN

- La formulación del Plan de Acción se debe realizar, atendiendo las principales funciones de cada proceso, “el hacer del proceso”, para contribuir en forma directa o indirecta al cumplimiento de la misión, objetivos estratégicos, estrategias y metas establecidas en el Plan Estratégico

La elaboración del plan de acción debe ceñirse a los principios generales que orientan el proceso de planeación. Entre otros, se deben tener en cuenta los siguientes:

COORDINACIÓN: En la elaboración del Plan de Acción las diferentes dependencias de la Empresa, bajo la orientación del Gerente, deben definir y coordinar las acciones y actividades que requieren colaboración de otros procesos.

CONTINUIDAD: El Plan de Acción debe garantizar el desarrollo de los programas, proyectos y metas con los cuales se pretenden alcanzar los objetivos del Plan Estratégico.

EFICIENCIA: El Plan de Acción debe permitir el cumplimiento de los objetivos estratégicos y actividades relacionadas con las estrategias al menor costo posible, optimizando el uso de los recursos financieros, físicos y humanos. Los productos que se programen deben lograrse dentro de la vigencia.

Los Resultados esperados e indicadores deben estar acorde con las actividades propuestas Se debe evitar formular actividades y metas que dependan de otras entidades

COHERENCIA: Las actividades aprobadas en el Plan de Acción, deben guardar coherencia con los objetivos del Plan Estratégico vigente.

PLANIFICACIÓN: El Plan de Acción debe permitir la concordancia entre el presupuesto de la Entidad y el Plan Estratégico.

- Con base en el plan estratégico de la empresa, cada dependencia y la Gerencia deberá preparar anualmente en el mes de enero el plan de acción y lo someterá a la aprobación del Gerente de la empresa por medio resolución.
- Cada dependencia elaborará un programa de trabajo el cual debe contener: acciones, metas, actividades, responsables, cronograma de actividades y flujo de pagos por actividades.
- Se debe desagregar los planes, programas y proyectos de conformidad con las prioridades.
- Establecer fechas y mecanismos adecuados para evaluar, actualizar y revisar el plan de acción
- El organismo administrativo debe elaborar con base en los lineamientos del Plan de desarrollo y de las funciones que le señale la ley, un plan indicativo cuatrianual con planes de acción anuales que se constituirán para la posterior evaluación de resultados.
- La empresa deberá preparar y evaluar los programas que vayan a ser ejecutados, en el desarrollo de los lineamientos del plan y para su cumplimiento.

8 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

8.1 FORMULACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN

N°	ACTIVIDAD (Descripción)	RESPONSABLE	REGISTROS	PUNTOS DE CONTROL
1	<p>Revisión del Plan Estratégico y elaboración del Plan de Acción</p> <p>Revisión del Plan Estratégico Del Plan Estratégico se extraen las líneas de acción, para los cuales se definen los diferentes objetivos, estrategias y proyectos a desarrollar por la empresa cada año.</p> <p>Elaboración del Plan de Acción consigne en el formato PGE-PR-02-FR-01 Formato del Plan de Acción y evaluación, las actividades y metas a ejecutar en la vigencia fiscal teniendo en cuenta.</p> <p>Descripción de Actividades Se describen cada una de la actividades que se van a llevar a cabo en cada una de los proyectos para lograr los fines esperados</p> <p>Definición de metas Se definen las metas a ejecutar en la respectiva vigencia fiscal. Las metas, deben ser precisas y medibles, de tal forma que sobre ellas puedan formularse indicadores que verifiquen su cumplimiento</p> <p>Formulación de Indicadores: Formular los indicadores que van a permitir evaluar el cumplimiento de las actividades a desarrollar, el monitoreo y seguimiento, acorde con los productos establecidos, señalando para cada uno: Clase o Tipo de Indicador: Nombre del Indicador: Fórmula del Indicador:</p> <p>Asignación de responsables Se asignan los responsable a desarrollar cada uno de las estrategias, proyectos y actividades propias de cada una de las líneas de acción dentro del tiempo establecido</p> <p>Inversión Aproximada Se describen el monte de los recursos económicos que serán destinados para la ejecución de los proyectos en cada año.</p>	Gerente	PGE-PR-02-FR-01 Formato del Plan de Acción y evaluación	Al inicio de cada vigencia fiscal se debe tener formulado el plan de Acción, la respectiva asignación de responsables para cada una de las estrategias.
2	<p>Socializa el plan de acción ante el Comité de Control Interno. Se socializa el plan de acción ante la Junta Directiva y se realizan las</p>	Gerente		

	correcciones que resulten necesarias.			
3	Aprobación del Plan de Acción Se aprueba el plan de Acción y se socializa con los funcionarios	Gerente	Acta de Aprobación del plan de acción por el comité	
4	Fin del procedimiento			

8.2 SEGUIMIENTO AL PLAN DE ACCIÓN

N°	ACTIVIDAD (Descripción)	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
1	Seguimiento al Plan de Acción Cada semestre el funcionario responsable de cada proceso mediante un informe, describe el cumplimiento o avance de la actividad programada y se indica la evidencia que sustenta dicho cumplimiento y lo consigna en el formato PGE-PR-02-FR-01 Formato del Plan de Acción y evaluación.	Gerente, Asesor de Control Interno, Coordinador, Auxiliar Administrativo	PGE-PR-02-FR-01 Formato del Plan de Acción y evaluación.	Informe de Seguimiento al Plan de Acción
2	Verificación Revisa el avance semestral o anual solicitando a los funcionarios responsable del producto planeado, los soportes que sustentan el avance reportado y compara cada uno de éstos con la información registrada en el informe de Seguimiento al plan de Acción En caso incumplimiento de las actividades propuestas en el Plan de Acción, se notificará al responsable del proceso para que implemente una acción correctiva.	Gerente		soportes que sustentan el avance reportado
5	Fin del procedimiento			

9 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Plan Estratégico para respectiva vigencia fiscal
- Caracterización de cada Proceso
- Manual de Funciones

10 REGISTROS

- PGE-PR-02-FR-01 Formato de Plan de Acción y Evaluación
- Informes de Seguimiento al plan de Acción

11 ANEXOS

No Aplica

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



PGE: PROCESO DE PLANEACION DE LA GESTION

PGE-PR-03 ADMINISTRACION DE RIESGOS

GRANADA, 11 DE NOVIEMBRE DE 2013

TABLA DE CONTENIDO

1	CONTROL DE CAMBIOS.....	34
2	AUTORIZACIÓN.....	34
3	OBJETIVO	35
4	ALCANCE.....	35
5	NORMATIVIDAD	36
6	RESPONSABLES.....	36
7	DEFINICIONES.....	37
8	POLÍTICAS DE OPERACIÓN.....	42
9	CONTENIDO.....	46
10	REGISTROS	50
11	ANEXOS	50

1 CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
1	11/11/2013	Detallado para el procedimiento de Administración de Riesgos

2 AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboro: ERASMO ARTURO HERRERA LOPERA	ASESOR MECI
Reviso: DUBIAN FREDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ MECI	PRESIDENTE COMITÉ MECI

3 OBJETIVO

Definir los mecanismos para la gestión del riesgo en los procesos desarrollados en la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G con el fin de evitar, minimizar o asumir los factores que puedan llegar a afectar al usuario o el cumplimiento de los objetivos institucionales.

Apoyar el cumplimiento de los objetivos de la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G dado que la Administración de riesgos es:

- Un elemento estratégico para el control de la gestión organizacional
- Fomenta los principios de una cultura de autocontrol en la Institución
- Comparte los principios de Buen Gobierno
- Identifica las amenazas potenciales que ponen en peligro el logro de los Objetivos Misionales de la Empresa
- Apoya el monitoreo y seguimiento de los riesgos identificados
- Permite una visión compartida de los riesgos en la Alta Dirección de la Empresa y los compromete en su administración a través de un trabajo en equipo
- Mantener la buena imagen y las buenas relaciones de la Empresa con sus grupos de interés.

4 ALCANCE

El Manual para la Administración del Riesgo incluye las actividades de Análisis de contextos, identificación, valoración y la definición de políticas de administración del riesgo, en la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G

5 NORMATIVIDAD

NORMA (NÚMERO Y FECHA)	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de Colombia de 1991 , Artículos 113 a 121, 173, 174, 178, 189, 200, 202, 208, 216, 235, 237, 241, 249, 256, 265, 266, 268, 277, 282, 298, 305, 311, 315, 354.	Constitución Política de la República de Colombia.
Ley 87 de 1993	Por la cual se establecen las normas para el ejercicio del Control Interno en las entidades del Estado y se dictan otras disposiciones.
Ley 489 de 1998 Numerales 9 al 18	Por la cual se dictan Normas sobre la Organización y Funcionamiento de las Entidades Nacionales, se expiden las disposiciones, principios y reglas generales para el ejercicio de las atribuciones previstas en los numerales 15 y 16 del artículo 189 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones
Decreto 2145 de 1999	Por el cual se dictan normas sobre el Sistema Nacional de Control Interno de las Entidades y Organismos de la Administración Pública del Orden Nacional y Territorial y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1537 de 2001	Por la cual se reglamenta parcialmente la Ley 87 de 1993, en cuanto a elementos técnicos y administrativos que fortalezcan el Sistema de Control Interno de las Entidades y organizaciones del Estado.
Decreto 1599 de 2005.	por el cual se adopta el Modelo Estándar de Control Interno para el Estado Colombiano
Resolución 048 del 4 de febrero de 2004	Contaduría General de la Nación:, por la cual se dictan disposiciones relacionadas con el Control Interno Contable.
Directiva presidencial 09 de 1999	lineamientos para la implementación de la política de lucha contra la corrupción
Guía Administración del Riesgo	Departamento Administrativo de la función Pública.
Norma Técnica Colombiana NTC 5254	Gestión del Riesgo dentro del proceso de auditoría interna del ICONTEC. Guía para el uso de la norma

6 RESPONSABLES

Participan todos los funcionarios de la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G, el Asesor de Control Interno y el Gerente.

7 DEFINICIONES¹

ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS: Una rama de administración que aborda las consecuencias del riesgo. Consta de dos etapas: El diagnóstico o valoración, mediante Identificación, Análisis y determinación del Nivel, y el manejo o la administración propiamente dicha, en que se elabora, ejecuta y hace seguimiento al plan de manejo que contiene las Técnicas de Administración del Riesgo propuestas por el grupo de trabajo, evaluadas y aceptadas por la alta dirección.

ANÁLISIS DE RIESGOS: Busca establecer la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y el impacto de sus consecuencias, calificándolos y evaluándolos con el fin de obtener la información para establecer el nivel de riesgo y las acciones a implementar.

ASUMIR EL RIESGO: Luego de que el riesgo ha sido reducido o transferido puede quedar un riesgo residual que se mantiene, en este caso el Gerente o líder del proceso simplemente acepta la pérdida residual probable y elabora planes de contingencia para su manejo.

CALIFICACIÓN DEL RIESGO: Es la estimación de la probabilidad de ocurrencia y el impacto que puede causar la materialización del riesgo.

CONTROL: Es toda acción que tiende a minimizar los riesgos, significa analizar el desempeño de las operaciones, evidenciando posibles desviaciones frente al resultado esperado para la adopción de medidas preventivas. Los controles proporcionan un modelo operacional de seguridad razonable en el logro de los objetivos.

CONTROL PREVENTIVO: Control que actúa para eliminar las causas del riesgo y prevenir su ocurrencia o materialización

CONTROL CORRECTIVO: Control que permite el restablecimiento de la actividad después de ser detectado un evento no deseable; también permiten la modificación de las acciones que propiciaron su ocurrencia.

¹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE LA FUNCIÓN PÚBLICA. Cartilla Guía Administración del Riesgo. Bogotá. 2001. p. 20-21

CONTROL DE PROTECCIÓN: Control que actúa para disminuir o minimizar los efectos o consecuencias de los riesgos.

DISPERSAR Y ATOMIZAR EL RIESGO: Se logra mediante la distribución o localización del riesgo en diversos lugares. Es así como por ejemplo, la información de gran importancia se puede duplicar y almacenar en un lugar distante y de ubicación segura, en vez de dejarla concentrada en un solo lugar.

EVALUACIÓN EL RIESGO: Comparación entre los resultados de la calificación con los criterios establecidos para establecer el grado de exposición de la Empresa al riesgo, de esta forma distinguir entre los riesgos aceptables, tolerables, moderados, importantes o inaceptables y fijar las prioridades de las acciones para su tratamiento.

EVITAR EL RIESGO: Es siempre la primera alternativa a considerar. Se logra cuando al interior de los procesos se genera cambios sustanciales por mejoramiento, rediseño o eliminación, resultado de unos adecuados controles y acciones emprendidas.

FACTORES DE RIESGO: Manifestaciones o características medibles u observables de un proceso que indican la presencia de Riesgo o tienden a aumentar la exposición, pueden ser internos o externos a la Empresa.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS: Establecer la estructura del riesgo; fuentes o factores, internos o externos, generadores de riesgos; puede hacerse a cualquier nivel: total Empresa, por áreas, por procesos, incluso, bajo el viejo paradigma por funciones; desde el nivel estratégico hasta el más operativo.

IMPACTO: se refiere a la magnitud de los efectos o consecuencias que puede ocasionar a la organización la materialización del riesgo.

INDICADOR: es la valoración de una o más variables que informa sobre una situación y soporta la toma de decisiones, es un criterio de medición y de evaluación cuantitativa o cualitativa.

MAPA DE RIESGOS: herramienta metodológica que permite hacer un inventario de los riesgos ordenada y sistemáticamente, definiendo las acciones a realizar para ser controlados

PLAN DE MANEJO DE RIESGOS: Plan de acción propuesto por el grupo de trabajo, cuya evaluación de beneficio costo resulta positiva y es aprobado por la gerencia.

PLAN DE MEJORAMIENTO: Plan de manejo que contiene las técnicas de administración del riesgo orientadas a prevenir, evitar, reducir, dispersar, transferir o asumir riesgos.

PROBABILIDAD: representa el número de veces que el riesgo se ha presentado en un determinado lapso de tiempo es una medida (expresada como porcentaje, razón o número) para estimar la posibilidad de que ocurra un incidente o evento. Contando con registros, puede estimarse a partir de su Frecuencia histórica mediante modelos estadísticos de mayor o menor complejidad.

RETROALIMENTACIÓN: Información sistemática sobre los resultados alcanzados en la ejecución de un plan, que sirven para actualizar y mejorar la planeación futura.

RIESGO: posibilidad de ocurrencia de toda aquella situación que pueda entorpecer el normal desarrollo de las funciones de la Empresa y le impidan el logro de sus objetivos. En la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G el riesgo es considerado como la amenaza de algunos eventos, acciones o pérdidas de oportunidades que, si llegaran a ocurrir, podrían adversamente afectar cualquiera de los siguientes aspectos:

- Patrimonio Institucional de la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G
- Habilidad para lograr nuestros objetivos misionales
- Habilidad para implementar nuestras estrategias institucionales
- La forma y resultados de como operamos
- La imagen de la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G

Se considera como riesgo cualquier circunstancia, evento, amenaza, acto u omisión, que pueda en un momento dado impedir el logro de los Objetivos Misionales formulados por la Gerencia, o la exitosa implementación de las estrategias.

No está el concepto de riesgo expresamente limitado a acontecimientos negativos o eventos inesperados. Incluye también la ausencia o sub aprovechamiento de acontecimientos positivos u oportunidades.

TIPOS DE RIESGOS

Riesgos Estratégicos: Los riesgos estratégicos son riesgos causados por eventos o situaciones en su mayoría externas a la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G que tienen un impacto significativo sobre nuestras decisiones estratégicas y actividades. Las causas de estos riesgos incluyen factores como la situación económica nacional o internacional, devaluación, tasas de interés, situación de orden público, situación política, la regulación en general, las condiciones climatológicas.

Normalmente, no pueden ser predecidos o monitoreados a través de un procedimiento operacional sistemático. Son frecuentemente mejor identificados y monitoreados por los directivos como parte de su planeación estratégica y mecanismos de revisión. El manejo de los riesgos estratégicos es responsabilidad del equipo de dirección.

Entre los beneficios de la efectividad en el manejo de los riesgos estratégicos están el poder hacer mejores pronósticos y adoptar rápidamente los cambios requeridos para la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G , también significa que tenemos menos probabilidad de ser sorprendidos por algunos eventos externos que traen cambios significativos.

Riesgo Operacional: Los riesgos de procesos son inherentes en las actividades permanentes que desarrollamos en las diferentes áreas de la Empresa. Estos son riesgos asociados con factores del día a día en desempeño operacional de todos los empleados; los riesgos son causados normalmente por nuestra estructura organizacional, competencias del recurso humano y por la manera en que se desarrollan las actividades en la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G (riesgo operativo).

Riesgos de Control: Están directamente relacionados con inadecuados o inexistentes puntos de control y en otros casos, con puntos de controles obsoletos, inoperantes o poco efectivos.

Riesgos Financieros: Se relacionan con el manejo de los recursos de la Empresa que incluye, la ejecución presupuestal, la elaboración de los estados financieros, los pagos, manejos de excedentes de tesorería y el manejo sobre los bienes de la Empresa. De la eficiencia y transparencia en el manejo de los recursos, así como su interacción con las demás áreas dependerá en gran parte el éxito o fracaso de toda Empresa.

Riesgos de Cumplimiento: Se asocian con la capacidad de la Empresa para cumplir con los requisitos legales, contractuales, de ética pública y en general con su compromiso ante la comunidad.

Riesgos Tecnológicos: Se asocian con la capacidad de la Empresa para que la tecnología disponible satisfaga las necesidades actuales y futuras de la entidad y soporten el cumplimiento de la misión.

Riesgos Físicos: Son aquellos que están relacionados con los elementos físicos, equipos de trabajo, condiciones ambientales y de infraestructura, presentes en la ejecución diaria de las actividades de la organización.

RIESGO ABSOLUTO: el máximo riesgo sin los efectos mitigantes de la administración del riesgo.

RIESGO RESIDUAL: es el riesgo que queda cuando las técnicas de administración del riesgo han sido aplicadas.

VALORACIÓN DEL RIESGO: Es confrontar los resultados de la evaluación del riesgo con los controles establecidos en la Empresa, con el objetivo de establecer prioridades para su manejo y fijación de políticas

REDUCIR EL RIESGO: si el riesgo no puede ser evitado porque crea grandes dificultades operacionales, el siguiente paso es reducirlo al más bajo nivel posible. La reducción del riesgo es probablemente el método más sencillo y económico para superar las debilidades antes de aplicar medidas más costosas y difíciles. Se consigue mediante la optimización de los procedimientos y la implementación de controles.

SEGUIMIENTO: Recolección regular y sistemática sobre la ejecución del plan, que sirven para actualizar y mejorar la planeación futura.

TRANSFERIR EL RIESGO: Hace referencia a buscar respaldo y compartir con otra parte del riesgo como por ejemplo tomar pólizas de seguros, esta técnica es usada para eliminar el riesgo de un lugar y pasarlo a otro o de un grupo a otro. Así mismo, el riesgo puede ser minimizado compartiéndolo con otro grupo o dependencia.

8 POLÍTICAS DE OPERACIÓN

8.1. Políticas Generales

Como resultado de la gestión de los riesgos la Gerencia y el Asesor de Control Interno definen las políticas para la administración del riesgo, las cuales permiten estructurar criterios orientadores en la toma de decisiones respecto al tratamiento de los riesgos y sus efectos; fijan lineamientos sobre los conceptos de calificación de riesgos, prioridades en la gestión de los mismos en cuanto a su administración y asignación de recursos la ejecución de actividades y la toma de decisiones con el fin de evitar que se vuelvan a presentar los riesgos, reducir, compartir o transferir o asumir los riesgos. Las políticas formuladas hacen parte del direccionamiento estratégico de la Empresa.

- 1) La Gerencia se compromete a liderar y apoyar la Administración de Riesgos de acuerdo con estas políticas en todos los procesos, programas, proyectos, y/o dependencias de la entidad. Todas las acciones conducentes a ello, son acordes con la legislación vigente y la normatividad interna.
- 2) La Gerencia debe permanentemente asegurarse de que los riesgos de procesos son identificados y administrados oportuna y correctamente Los beneficios de un eficiente manejo de riesgos a nivel de procesos incluyen el mantenimiento de estándares de calidad superiores, eliminación de sorpresas indeseables, la rápida identificación de causas de problemas y estar preparada para eventuales emergencias.
- 3) La responsabilidad del manejo de los riesgos a nivel de los procesos misionales estará bajo la responsabilidad del Coordinador y el Asesor de Control Interno.
- 4) Cada año el Asesor de Control Interno, realizara un recorrido por cada una de las áreas de la Empresa, con el fin de identificar, valorar cuantitativa y cualitativamente los nuevos riesgos encontrados y alimentar el mapa de riesgos de la Empresa. Así mismo le comunicara a la Gerencia los hallazgos encontrados con el fin de desarrollar las estrategias a seguir con el fin de mitigar, reducir o compartir el riesgo.
- 5) Establecer y mantener metodologías para la medición y monitoreo de los riesgos, que sean de obligatorio conocimiento y difusión por parte de los dueños de procesos.

- 6) Los dueños de cada proceso, en el paso de identificación de riesgos deben asociar estos a los objetivos o estrategias corporativas, objetivos de procesos o proyectos.
- 7) Establecer, dar a conocer y mantener las estrategias de mitigación o tratamiento de los riesgos, como pilares fundamentales en la administración de los riesgos.
- 8) Crear y fomentar una cultura de administración de riesgos al interior de la Empresa, a través de planes de capacitación
- 9) Divulgar en toda la Entidad la visión, estrategias, políticas, responsabilidades y procedimientos de manera que todos los funcionarios se sientan involucrados y compartan su responsabilidad en el proceso de administración de riesgos
- 10) La Gerencia de la Empresa, debe vigilar el cumplimiento y entendimiento de las normas, políticas y procedimientos tendientes a minimizar el riesgo en cada una de las áreas expuestas en la Entidad.
- 11) Fomentar y mantener canales de comunicación que generen conciencia en toda la Empresa sobre la importancia y relevancia de la efectiva administración del riesgo en la Entidad.
- 12) Preferir entre dos controles el que, ofreciendo el mismo beneficio que el otro, incurra en un menor costo. Preferir entre dos controles el que, teniendo igual costo, preste un mayor beneficio. Preferir entre dos controles que tengan igual costo y beneficio, el que sea más fácil de implementar.
- 13) La Política General de Administración de Riesgos se debe preservar en el tiempo. Sin embargo, se debe realizar una revisión anual o ante cambios estructurales u operacionales, para asegurar que se ajuste a las necesidades de la Entidad, lo que haremos con el apoyo y conocimiento del Comité de Control Interno, quien integrará la Administración de Riesgos en el diseño de los procesos.
- 14) La Política se divulgará en toda la Entidad a través de los medios más efectivos, para asegurar su entendimiento y el compromiso con su aplicación.

8.2. Riesgos que se van a controlar:

El control se efectuará a todos los riesgos que queden consignados en el mapa de riesgos, una vez se haya realizado todas las etapas de identificación, análisis, valoración y evaluación de riesgos, se prestará mayor atención a aquellos de gran impacto y probabilidad de ocurrencia, con el fin de mantener al tanto el estado de dichos riesgos y prevenir situaciones que pondrían en peligro el logro de los objetivos, planes, proyectos y misión de la entidad.

8.3. Acciones a desarrollar:

El Comité de Control Interno liderará la actividad para el desarrollo de la identificación, análisis y valoración de los riesgos por cada uno de los procesos. De igual forma el Asesor de Control Interno hará seguimiento.

8.4. Monitoreo:

Todos los responsables de la Administración de Riesgos deben monitorear la efectividad de las medidas de respuesta diseñadas y aplicadas para tratarlos. Para todos los riesgos calificados como catastróficos, se deben diseñar planes de emergencia (si existe la posibilidad de daño a personas o a bienes) o de contingencia (si sólo hay Afectación del servicio) como medio de protección, para disminuir los efectos que acarree su ocurrencia.

Estos planes deben responder al siguiente orden de prioridad en la protección de los recursos:

En los planes de Emergencia: Las personas, La información, Los bienes, El medio ambiente, Los recursos financieros y La imagen institucional y en los planes de Contingencia, la imagen institucional, la Información y los recursos financieros.

Para el diseño de controles en los procesos, debe tenerse en cuenta los siguientes lineamientos:

8.5. Tratamiento de Los Riesgos

Para la administración de los riesgos se utilizan diferentes medidas de respuesta, que se aplican de acuerdo con la frecuencia y/o gravedad del riesgo evaluado, las características de cada medida, el análisis de costo-beneficio y los siguientes lineamientos:

1. **Aceptar:** sólo se asumen o aceptan los riesgos cuya frecuencia es calificada como baja y su gravedad leve.
2. **Reducir:** Los riesgos cuya frecuencia es media o alta deben ser reducidos a través del diseño de medidas de prevención para disminuir la probabilidad de su ocurrencia. Los riesgos cuya gravedad es moderada o catastrófica deben ser reducidos con el diseño de medidas de protección, las cuales contribuyan a disminuir la gravedad de los efectos que ellos pueden acarrear a la Entidad en caso de su materialización. Por ejemplo:
 - **Mejorar Procesos**
 - **Establecimiento Mínimo de Controles:** Esto implica tener el mínimo de controles necesarios para proveer al “cliente” (interno o externo) un producto o servicio que cubra sus necesidades. Donde sea realizable, establecer los controles en las manos del personal que ejecuta las actividades, bajo revisión. Sólo designar controles de procesos (tal como revisiones de desempeño) posteriormente a la ejecución de la actividad, es inefectivo o no efectivo en costo, frente a tener los controles ejecutándose cuando la actividad se está desarrollando.
 - **Programa de Entrenamiento y Educación:** Si se requiere, los programas podrían ser designados en una dirección donde los empleados pueda prontamente aprender con la mínima interrupción de su trabajo. Las opciones de entrenamiento incluyen:
 - Manuales de inducción
 - Presentaciones
 - Videos
 - Reuniones / entrevistas
 - Talleres
 - Suscripciones
 - Seminarios

3. **Compartir:** los riesgos se pueden compartir cuando sus efectos son moderados o catastróficos para la Entidad. Para ello se precisa transferirlos a otras organizaciones, las cuales responderán ante las pérdidas que estos ocasionen, en forma total o conjunta con la empresa.

La opción de compartir el riesgo a través de la compra de seguros, debe tomarse para todo riesgo calificado como catastrófico, siempre que se cuente con esta opción en el mercado. En los eventos en los cuales la gravedad del riesgo es moderada, se debe hacer un análisis del costo y del beneficio de esta opción, antes de tomar el seguro.

4. **Evitar o eliminar:** todo riesgo cuya frecuencia es alta y su gravedad catastrófica debe ser evitado. En este caso se debe eliminar la actividad que genera el riesgo cuando la Constitución y las normas lo permitan. De lo contrario, se deben tomar todas las medidas de tratamiento posibles para su manejo.

9 CONTENIDO

Nº	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
01	<p>ANÁLISIS DEL CONTEXTO ESTRATÉGICO</p> <p>La Gerencia, el Asesor de Control Interno y los líderes de los procesos, hacen al menos una vez al año una revisión e identificación de los factores internos y externos que puedan generar riesgos que afecten a los clientes y/o el cumplimiento de los objetivos institucionales.</p> <p>El análisis del contexto estratégico se realiza a partir del conocimiento de las situaciones del entorno de la Empresa, tanto de carácter social, económico, cultural, de orden público, político, legal, cambios tecnológicos, entre otros.</p> <p>También debe realizarse un análisis interno en la Empresa basado en los resultados de los componentes de ambiente de control del Modelo Estándar de Control Interno MECI 1000, la estructura organizacional, el modelo de procesos, el cumplimiento de los planes y proyectos, el sistema de información, los procesos y</p>	Gerente, Asesor de Control Interno y Responsables de los Procesos	Matriz DOFA, Matriz de Programas y Proyectos	

Nº	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
	<p>procedimientos y los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades organizacionales.</p> <p>Para la realización de este análisis se pueden utilizar herramientas o técnicas como entrevistas con expertos, reuniones con los directivos y personal de la institución, evaluaciones por medio de cuestionarios, indagación con personas ajenas a la Empresa, revisión de las condiciones económicas y tecnológicas del sector, aplicación de instrumentos administrativos como matrices de análisis interno externo, DOFA, de competitividad, entre otras.</p>			
02	<p>IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO</p> <p>Los líderes de los procesos, orientados por el Asesor de Control Interno, realizan la identificación de los riesgos en cada uno de los procesos organizacionales. Para ello utilizan el formato PGE-PR-03-FR-01 Mapa de Riesgos.</p> <p>La identificación de los riesgos debe responder el qué es, cómo se manifiesta y el porqué de las características y manifestaciones del riesgo. En todos los procesos se deben identificar los riesgos.</p> <p>A continuación se describen las columnas del mapa:</p> <p>Riesgo: escribir el evento. Puede utilizarse el anexo: Glosario de riesgos.</p> <p>Descripción: Redactar en forma concreta pero completa las características del riesgo</p> <p>Causas: Las causas de los riesgos son los medios, circunstancias y agentes que generan un riesgo, se pueden clasificar en cinco categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Personas 	Asesor de Control Interno	Mapa de Riesgos para cada vigencia	

N°	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL										
	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales - Instalaciones - Ambiente <p>Para la identificación de las causas de los riesgos se debe hacer uso de las herramientas de análisis de causas, identificando la causa o causas raíz de los riesgos.</p> <p>Posibles consecuencias o efectos: se refieren a los efectos ocasionados por el riesgo, incluye efectos de tipo económico, social, administrativo o de prestación de los servicios. Los efectos también se refieren a las personas o los bienes tanto muebles como inmuebles sobre los cuales se pueden producir daños físicos, fallecimientos, sanciones, pérdidas económicas, de información, de imagen, credibilidad, confianza, interrupción del servicio y daño ambiental, entre otros.</p> <p>La actualización de la identificación de los riesgos se realiza mínimo cada año, por los líderes de los procesos o cada vez que el seguimiento de los procesos identifique un nuevo riesgo o se presente un riesgo antes controlado.</p>													
03	<p>VALORACIÓN DE LOS RIESGOS Para su cálculo se tiene en cuenta tres niveles:</p> <p>Exposición: Hace referencia a la frecuencia con la que ocurre la situación de riesgo , estableciendo la siguiente valoración:</p> <table border="1" data-bbox="380 1211 1142 1370"> <thead> <tr> <th>EXPOSICIÓN</th> <th>VALORACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Raramente</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ocasionalmente (Pocas veces a la semana)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Frecuentemente (Pocas veces al día)</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Continuamente (Muchas veces al día)</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	EXPOSICIÓN	VALORACIÓN	Raramente	1	Ocasionalmente (Pocas veces a la semana)	3	Frecuentemente (Pocas veces al día)	6	Continuamente (Muchas veces al día)	10	Asesor de Control Interno	Mapa de Riesgos	
EXPOSICIÓN	VALORACIÓN													
Raramente	1													
Ocasionalmente (Pocas veces a la semana)	3													
Frecuentemente (Pocas veces al día)	6													
Continuamente (Muchas veces al día)	10													

Nº	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL										
04	<p>Probabilidad: Hace referencia a la probabilidad de que el Riesgo se materialice, estableciendo la siguiente clasificación y valoración:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROBABILIDAD</th> <th>VALORACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy Baja</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	PROBABILIDAD	VALORACIÓN	Muy Baja	1	Baja	3	Media	6	Alta	10	Asesor de Control Interno	Mapa de Riesgos	
PROBABILIDAD	VALORACIÓN													
Muy Baja	1													
Baja	3													
Media	6													
Alta	10													
05	<p>Consecuencias: Hace referencia a los diferentes niveles de gravedad de las lesiones derivadas del accidente en que puede materializarse el riesgo, estableciendo la siguiente clasificación y valoración</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CONSECUENCIAS</th> <th>VALORACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Accidente leve</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Accidente Grave</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Accidente Mortal</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Accidente catastrófico</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	CONSECUENCIAS	VALORACIÓN	Accidente leve	1	Accidente Grave	10	Accidente Mortal	35	Accidente catastrófico	100	Asesor de Control Interno	Mapa de Riesgos	
CONSECUENCIAS	VALORACIÓN													
Accidente leve	1													
Accidente Grave	10													
Accidente Mortal	35													
Accidente catastrófico	100													
06	<p>La estimación del riesgo se determina a partir de los factores expuestos:</p> <p>ESTIMACIÓN DEL RIESGO= CONSECUENCIAS * PROBABILIDAD</p> <p>El grado de peligrosidad se determina a partir de los factores expuestos:</p> <p>GRADO DE PELIGROSIDAD= CONSECUENCIA *PROBABILIDAD * EXPOSICIÓN</p> <p>Pudiendo adoptar en función del valor obtenido los siguientes criterios:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>GRADO DE PELIGROSIDAD</th> <th>TIPO DE ACTUACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GP<40</td> <td>Azul Situación poco peligrosa.</td> </tr> <tr> <td>40<GP<150</td> <td>Amarillo Actuación urgente.</td> </tr> <tr> <td>GP>150</td> <td>Rojo Corrección inmediata.</td> </tr> </tbody> </table>	GRADO DE PELIGROSIDAD	TIPO DE ACTUACIÓN	GP<40	Azul Situación poco peligrosa.	40<GP<150	Amarillo Actuación urgente.	GP>150	Rojo Corrección inmediata.	Asesor de Control Interno	Mapa de Riesgos			
GRADO DE PELIGROSIDAD	TIPO DE ACTUACIÓN													
GP<40	Azul Situación poco peligrosa.													
40<GP<150	Amarillo Actuación urgente.													
GP>150	Rojo Corrección inmediata.													

N°	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
07	ANÁLISIS ANUAL DE RIESGOS: Anualmente se hace un recorrido por cada una de las dependencias de la Empresa, es decir, la sede administrativa, la planta de tratamiento de agua potable y la planta de tratamiento de agua residual. Así mismo se revisa el Mapa de Riesgos Anticorrupción y se informa a la Gerencia los hallazgos encontrados.	Asesor de Control Interno	Informe sobre Administración del Riesgo	
08	ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE RIESGOS: Con base a los hallazgos identificados en el numeral 7 se procede a actualizar el Mapa de Riesgos para el año vigente.	Asesor de Control Interno	Borrador del Mapa de Riesgos	
09	DISEÑO DE ESTRATEGIAS: Una vez actualizado el Mapa de Riesgos se socializa con el Comité de Control Interno y se diseñan en forma conjunta las estrategias para minimizar, reducir, mitigar, transferir o asumir los Riesgo	Comité de Control Interno	Acta, Comunicación Oficial a la ARL,	

10 REGISTROS

PGE-PR-03-FR-01 MATRIZ DE RIESGOS.

11 ANEXOS

MATRIZ DE RIESGOS PARA LA VIGENCIA.

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

PROCESOS ESTRATÉGICOS

PROCESOS

PGE - PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN

PFI – PLANEACION FINANCIERA

CO – PROCESO COMUNICACIONES

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



**MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS
PROCESOS ESTRATEGICOS
PGE – PROCESO PLANEACION FINANCIERA**

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

Proceso:	PFI – PLANEACIÓN FINANCIERA		Responsables: Gerente, Contador
Tipo de Proceso:	PROCESO ESTRATÉGICO		
Objetivo: Asegurar la planificación de la gestión operativa y administrativa, así como la asignación de los recursos, para el desarrollo de los procesos adelantados en la Empresa		Alcance: Este proceso comprende desde la elaboración del plan financiero o presupuesto y la planificación administrativa y financiera hasta la evaluación de la gestión institucional y de resultados	
Requisitos ISO 9001 y NTCGP 1000: 6.1, 7.3, 8.4, 8.5			
Proveedores	Entradas	1. ACTIVIDADES	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> • Entes de control, regulación y legislación • PFI – Planeación Financiera • Procesos del MECÍ • PGE Planeación de la Gestión 	<ul style="list-style-type: none"> • Normatividad • Comportamiento histórico presupuestal • Información operativa • Información presupuestal 	<p>P</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los requisitos legales y reglamentarios 2. Elaborar el plan financiero o presupuesto 3. Realizar la proyección de ingresos y egresos 4. Identificar las necesidades financiación 5. Asegurar la disponibilidad de recursos 6. Elaborar el plan anual de compras 	<ul style="list-style-type: none"> • Normograma • Plan Financiero o Presupuesto • Proyección de ingresos y egresos • Presupuestos • Comunicado de fechas establecidas • Solicitud de presupuesto
<ul style="list-style-type: none"> • PGE Planeación de la Gestión - • Procesos del MECI • MG - Mejoramiento de la Gestión • MEP- Mejora Permanente • PFI – Planeación Financiera 	<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto aprobado (vigencias anteriores) • PQRS • Solicitudes de CDP y RDP, y ajustes presupuestales • Documentos de cuentas por pagar 	<p>H</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Formular y viabilizar programas y proyectos 8. Elaborar el Plan de Compras 9. Elaborar el proyecto de Presupuesto 10. Aprobación y socializar el Presupuesto 11. Ejecutar y hacer seguimiento al plan de acción anual. 12. Ajustar los programas y proyectos, si es necesario. 13. Evaluar la gestión institucional y de resultados 14. Atender las PQRS 15. Realizar el pago de obligaciones 16. Emitir los CDP y RDP, y ajustar el presupuesto, si es necesario 17. Constituir inversiones, en caso de liquidez. 18. Constituir deuda pública en caso de falta de liquidez 	<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto • Informe de seguimiento a los planes de acción • Informe de la evaluación institucional • PQRS atendidas • Títulos valores • Pagares y/o bonos de deuda • CDP, RDP y decretos de modificaciones del presupuesto • Comprobantes de egresos
			Cientes
			<ul style="list-style-type: none"> • GDO – Gestión Documental • Procesos del MIPG • Entes de control • PFI – Planeación Financiera • PGE Planeación de la Gestión • GFP Gestión Financiera y presupuestal • BYS Bienes y Servicios
			<ul style="list-style-type: none"> • Procesos del MIPG • Entes de control • PFI – Planeación Financiera • PGE Planeación de la Gestión - • CO - Comunicaciones • Comunidad y partes interesadas • MEP- Mejora Permanente • EVA - Evaluación Independiente

<ul style="list-style-type: none"> • PGE Planeación de la Gestión - • EVA - Evaluación Independiente • Entes de control • MEP- Mejora Permanente • GTH – Gestión del Talento Humano 	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de gestión • Indicadores calculados • Mapa de riesgos • Informes de auditoría • Planes de mejoramiento 	V	<p>Controles Preventivos:</p> <p>19. Actualización de la normatividad aplicable</p> <p>20. Ajustes al plan financiero o presupuesto según comportamiento anual</p> <p>21. Seguimiento presupuestal</p> <p>22. Verificar la ejecución de ingreso y egresos</p> <p>Controles Correctivos:</p> <p>23. Ajuste al plan de compras</p> <p>24. Ajuste al Presupuestos</p> <p>Análisis de Datos:</p> <p>25. Analizar informes de gestión</p> <p>26. Analizar los indicadores de gestión</p> <p>27. Analizar los informes de auditorías</p> <p>28. Analizar y actualizar los riesgos</p> <p>29. Analizar las PQRS</p> <p>30. Analizar los Planes de Mejoramiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Informes evaluados • Indicadores evaluados • Riesgos revisados • Hallazgos evaluados • Planes evaluados • PQRS evaluadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Entes de control • EVA - Evaluación Independiente • PGE Planeación de la Gestión - • MEP- Mejora Permanente • GTH – Gestión del Talento Humano
<ul style="list-style-type: none"> • MEP- Mejora Permanente • EVA – Evaluación Independiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Informes evaluados • Indicadores evaluados • Riesgos analizados y actualizados • Hallazgos evaluados • Planes evaluados • PQRS evaluadas 	A	<p>Tomar acciones para el mejoramiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Correcciones • Acciones Correctivas • Acciones Preventivas • Acciones de Mejora • Planes de Mejoramiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Entes de control • EVA - Evaluación Independiente • PGE Planeación de la Gestión • MEP – Mejora Permanente
Recursos		Documentos Internos		Documentos Externos	
<p>Físicos: Oficinas dotadas, Hardware y Software Comercial, Aplicativos Administrativos y Financieros.</p> <p>Humanos: Gerente, Contador, Auxiliar Administrativo, Apoyo en Control Interno</p> <p>Ambiente de Trabajo: Temperatura ambiente, Iluminación adecuada, Fuera de ruido.</p>		<p>Procedimientos:</p> <p>PFI-PR-01 Elaboración Plan Financiero</p> <p>PFI-PR-02 Elaboración del Presupuesto</p> <p>PFI-PR-03 Elaboración del Plan Anualizado de Caja</p> <p>PFI-PR-04 Manejo de Vigencias Futuras</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Ver Listado Maestro para el Control de Documentos Externos (GDO-FR-03). • Ver Normograma (GDO-FR-05). 	

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS **PROCESOS ESTRATEGICOS** PFI – PROCESO PLANEACION FINANCIERA

PROCEDIMIENTOS

PROCESO		PROCEDIMIENTOS	
CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE
PFI	PLANEACIÓN FINANCIERA	PFI-PR-01	ELABORACIÓN DEL PLAN FINANCIERO
		PFI-PR-02	ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO
		PFI-PR-03	ELABORACIÓN DEL PAC
		PFI-PR-04	MANEJO DE VIGENCIAS FUTURAS

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA ESPG



PFI: PROCESO PLANEACION FINANCIERA

PFI-PR-01: PROCEDIMIENTO ELABORACIÓN PLAN FINANCIERO

GRANADA, 20 DE NOVIEMBRE DE 2022

TABLA DE CONTENIDO

1.	CONTROL DE CAMBIOS.....	8
2.	AUTORIZACIÓN	8
3.	OBJETIVO.....	9
4.	ALCANCE.....	9
5.	INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA.....	9
6.	PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA	9
7.	NORMATIVIDAD	9
8.	TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA.....	10
9.	LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:	10
10.	LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN	10
11.	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	11
12.	REGISTROS	12

1. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
1	01/11/2011	Adopción
2	15/01/2013	Se reviso el anterior procedimiento de GFP-PR-05 Procedimiento Elaboración del plan financiero, con el fin de ajustarlo al mapa de procesos vigentes.
3	20/11/2022	Se modifíco forma de elaboración proyección ingresos y egresos, actualización de la ruta para la consulta de los informes.

2. AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboró: ROCIO GIRALDO CASTAÑO	CONTADORA
Reviso: DUBIAN FREDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ INSTITUCIONAL DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO	PRESIDENTE COMITÉ MECI

Verifique en el listado maestro de documentos que esta es la versión vigente antes de utilizar el documento

3. OBJETIVO

Proyectar los recursos financieros que pueden obtener en un periodo. Mediante este procedimiento se establece la viabilidad del plan de gestión.

4. ALCANCE

Inicia con la recolección de datos estadísticos de la empresa y termina con la proyección de los recursos que la entidad espera recaudar y gastar en un periodo.

5. INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA

- Histórico de ingresos.
- Histórico de egresos.
- Estadísticas de usuarios: conexiones nuevas, reconexiones, usuarios suspendidos, recaudo de cartera.

6. PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA

- Plan financiero proyectado.

7. NORMATIVIDAD

Norma (número y fecha)	Descripción
Decreto 111 de 1996	Del presupuesto anual de las entidades públicas.
Decreto 115 de 1996	Por el cual se establecen normas sobre la elaboración, conformación y ejecución de los presupuestos de las empresas industriales y comerciales del Estado y de las sociedades de economía mixta sujetas al régimen de aquéllas, dedicadas a actividades no financieras.

8. TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA

PLAN FINANCIERO: es un instrumento de planificación y gestión del sector público, de mediano plazo, que tiene como base las operaciones efectivas, cuyo cambio monetario y fiscal sean de la magnitud que amerite incluirlas en el plan para analizar la capacidad de inversión de la entidad.

PROYECCION DE INGRESOS: son los cálculos que permite proyectar los ingresos que la empresa va a generar en cierto periodo de tiempo, teniendo en cuenta las estadísticas y otras variables para definir el flujo de efectivo con que se contarán para atender las obligaciones por pagar.

PROYECCIÓN DE GASTOS: Son los cálculos que permiten proyectar las cuentas por pagar por parte de la empresa, y las fechas en que de acuerdo con los ingresos de efectivo éstas podrán ser canceladas.

COMFIS: Consejo Municipal de Política Fiscal.

9. LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:

Gerente

10. LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN

- El plan financiero lo elabora el Gerente y se presenta al COMFIS junto con el proyecto de presupuesto para el visto bueno.
- El plan financiero hace parte de los insumos necesarios para la elaboración del presupuesto se presenta a la Junta Directiva de la Empresa de Servicios Públicos juntos.
- El plan financiero debe elaborarse anualmente para ajustar el presupuesto.
- Los rubros que presenten variaciones significativas debe incluirse una explicación cualitativa de las razones que generaron dicha variación.

11. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
1	<p>Analizar Comportamiento: Se hace un análisis del comportamiento histórico, actual y las expectativas de cada uno de los conceptos de ingresos y gastos.</p>	Gerente		Determinación de variaciones significativas y sus causas.
2	<p>Proyección de Ingresos: Para la proyección de ingresos se realiza una ejecución de los ingresos obtenidos en el año, proyectados al 31 de diciembre y posteriormente se realiza una proyección de los ingresos para el año siguiente de acuerdo con los incrementos esperados.</p> <p>Para determinar la ejecución presupuestal de los ingresos se ingresa al Sistema AIRES de la siguiente forma:</p> <p>Ingresar a la plataforma de ARIES net y autenticarse/ luego Ir al Modulo Financiero / Ir a Tesoro (presupuesto y tesorería) seleccionar el presupuesto de la ESPG de la vigencia actual/ Ir al módulo Informes & Consultas/ ir a Informes/ ir a sinóptico de movimiento catálogo CCEPT/ seleccionar el informe <i>Ejecución presupuestal de ingresos por combinación de clasificadores</i>; diligenciar las fechas en las que se desea generar el informe.</p>	Gerente	Plan financiero	El plan financiero debe ser presentado antes del 15 de octubre de cada vigencia
3	<p>Proyección de Egresos: Para la proyección de egresos se realiza una revisión de los gastos realizado en el año, proyectados al 31 de diciembre y posteriormente se realiza una proyección de los gastos para el año de acuerdo con la variación del Índice de precios al consumidor (IPC) o los precios de mercado para los bienes o servicio.</p> <p>Para determinar la ejecución presupuestal de los gastos se ingresa al Sistema AIRES de la siguiente forma:</p> <p>Ingresar a la plataforma de ARIES net y autenticarse/ luego Ir al Modulo Financiero / Ir a Tesoro (presupuesto y tesorería) seleccionar el presupuesto de la ESPG de la vigencia actual/ Ir al módulo Informes & Consultas/ ir a Informes/ ir a sinóptico de movimiento catálogo CCEPT/</p>	Gerente	Formato plan financiero	

	seleccionar el informe <i>Ejecución presupuestal de egresos por combinación de clasificadores</i> ; diligenciar las fechas en las que se desea generar el informe			
4	Aprobación del Plan financiero: Presentación de plan financiero al COMFIS y a la Junta Directiva de la empresa.	Gerente	Formato plan financiero	Acta o resolución de aprobación del COMFIS.

12. REGISTROS

- Plan Financiero
- Datos históricos considerados en el plan financiero.

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA ESPG



PFI- PROCESO PLANEACION FINANCIERA

PFI-PR-02: PROCEDIMIENTO ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO

GRANADA, 20 DE NOVIEMBRE DE 2022

TABLA DE CONTENIDO

1. CONTROL DE CAMBIOS	15
2. AUTORIZACIÓN	15
3. OBJETIVO.....	16
4. ALCANCE	16
5. INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA.....	16
6. PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA	16
7. NORMATIVIDAD.....	16
8. TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA	16
9. LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:.....	17
10. LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN.....	18
11. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	18
12. REGISTRO	19

1. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
1	01/11/2011	Adopción
2	15/01/2013	Se reviso el anterior procedimiento de GFP-PR-06 Procedimiento Elaboración del Presupuesto, con el fin de ajustarlo al mapa de procesos vigentes
3	20/11/2022	Se actualiza la información para la consulta informes en el sistema de .

2. AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboró: ROCIO GIRALDO CASTAÑO	CONTADORA
Revisó: DUBIAN FREDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ INSTITUCIONAL DE GESTIÓN Y DESEMPEÑO	PRESIDENTE COMITÉ MECI

Verifique en el listado maestro de documentos que esta es la versión vigente antes de utilizar el documento

3. OBJETIVO

Establecer las directrices para la planificación financiera y administrativa de los programas y servicios ofrecidos por la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G.

4. ALCANCE

Inicia con la elaboración por el Gerente de presupuesto anual, su aprobación por el COMFIS y la Junta Directiva de la empresa, la elaboración de la resolución de liquidación por parte del Gerente y termina con el cargue de la información del presupuesto en el sistema.

5. INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA

- Plan Financiero Anual.

6. PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA

- Presupuesto público aprobado.

7. NORMATIVIDAD

Norma (número y fecha)	Descripción
Decreto 115 de 1996	Por el cual se establecen normas sobre la elaboración, conformación y ejecución de los presupuestos de las empresas industriales y comerciales del Estado y de las sociedades de economía mixta sujetas al régimen de aquéllas, dedicadas a actividades no financieras.
Decreto 111 de 1996	Estatuto orgánico de presupuestos
Constitución Política de Colombia	La programación, aprobación, modificación y ejecución del presupuesto.

8. TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA

COMFIS: Consejo Municipal de la Política Fiscal.

PLAN FINANCIERO: Identificación y proyección de los recursos necesarios para la ejecución del Plan de gestión y resultados de la entidad.

PRESUPUESTO PÚBLICO: es una herramienta de carácter financiero, económico y social., que permite planear, programar y proyectar los ingresos y gastos públicos en un periodo fiscal, a fin de lo programado o proyectado presupuestal sea lo más cercano a la ejecución (realidad).

PRESUPUESTO: Identificación de los ingresos y egresos que realiza la E.S.P del municipio de Granada en una vigencia fiscal.

DECRETO DE LIQUIDACIÓN PRESUPUESTAL: Acto administrativo por medio del cual se adopta para una entidad las rentas y apropiaciones de gastos para la vigencia fiscal siguiente.

EJECUCIÓN: Acción de desarrollar las actividades planeadas o pactadas con un funcionario o contratista, que contribuyen al logro de los objetivos de un programa o proyecto.

LINEAMIENTOS PRESUPUESTALES: Son los parámetros y límites que se deben tener en cuenta para la elaboración del proyecto de presupuesto y las fechas límite en las que se debe presentar cada uno de las etapas del proyecto de presupuesto.

MODIFICACIONES AL PRESUPUESTO: Son variaciones al presupuesto que pueden cambiar su valor total aumentándolo o disminuyéndolo, o generando cambios entre componentes.

PRINCIPIOS PRESUPUESTALES: estos principios tienen como finalidad lograr eficientemente los diferentes objetivos económicos y sociales de la entidad pública.

VIGENCIA FISCAL: el presupuesto público tiene una vigencia temporal que determina el tiempo durante el cual rige y tiene vigor la ley de presupuesto. El principio de anualidad establece la vigencia del presupuesto, fijándolo en un año: del 1 de enero al 31 de diciembre.

PAC, Plan Anual Mensualizado de Caja: Es el instrumento mediante el cual se establece el monto máximo mensual de fondos disponibles de la entidad y el monto máximo mensual de pagos, para determinar los compromisos que pueden ser cubiertos y las necesidades que quedarían insatisfechas.

9. LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:

Gerente y Junta Directiva.

10. LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN

- El presupuesto de la entidad deberá ser presentado por la entidad en los plazos establecidos por la ley, para que cumpla con las diferentes etapas de revisión y aprobación.
- El presupuesto será establecido en un periodo fiscal que inicia en 1 de enero al 31 de diciembre de cada año fiscal.
- La ejecución presupuestal de la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G, se ceñirá a las normas del Estatuto Orgánico del Presupuesto.
- Toda transferencia o gasto que se adopte por acuerdo sólo tendrá vigencia una vez incluidas en el presupuesto las partidas adicionales para atender las erogaciones respectivas

11. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

No	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
1	Determinación del presupuesto de Ingresos.	A partir del plan financiero determinar los ingresos que la empresa espera recaudar en el periodo fiscal del 01 de enero al 31 de diciembre del año presupuestado.	Gerente	Presupuesto de ingresos.	
2	Determinación del presupuesto de egresos.	Apartir del plan financiero determinar los egresos que la empresa espera en el periodo fiscal del 01 de enero al 31 de diciembre del año presupuestado.	Gerente	Presupuesto de egresos.	Verificar que el tipo de gastos este dentro de los permitidos para cada rubro.
3	Preparación del proyecto de presupuestos.	Con las proyecciones elaboradas en las actividades 1 y 2, preparar el proyecto de acuerdo para ser presentado para su aprobación. Se revisa que los gastos estén acordes con los ingresos proyectados Se consolida la información en el formato de anteproyecto presupuesto.	Gerente	Proyecto de presupuestos.	

4	Presentación al COMFIS	Presentar al COMFIS el proyecto elaborado para su respectiva revisión y aprobación.	Gerente	Resolución de aprobación.	
5	Presentación a la Junta Directiva.	Presentar a la Junta Directiva de la Empresa de Servicios Públicos de Granada el Proyecto de Acuerdo elaborado para su respectiva revisión y aprobación.	Gerente	Acta de aprobación.	
6	Elaboración de resolución de liquidación.	El Gerente, elabora la Resolución de liquidación, incorporando todas las modificaciones que se hayan presentado en la etapa de aprobación del presupuesto.	Gerente	Resolución de liquidación aprobada.	Debe ser elaborado antes de finalizar la vigencia.
7	Publicar y entregar copias del presupuesto	Se publica en la página Web de la empresa y se envía a los órganos de control.	Gerente Contador		En la fecha en que sean solicitados por los entes de control
	Ingresar el presupuesto aprobado al sistema ARIES	Una vez realizado el cierre financiero de la vigencia fiscal, se ingresa el presupuesto aprobado al sistema ARIES, de la siguiente forma: a) Creación de la nueva vigencia. Para la creación de la nueva vigencia se debe solicitar el soporte al proveedor del sistema Aries o de acuerdo con los instructivos elaborados. b) Ingreso del nuevo presupuesto. Se realiza en el sistema aries, de acuerdo con los instructivos elaborados por el proveedor del sistema Aries net.	Auxiliar Administrativo Gerente		La información debe estar en el sistema antes del 15 de enero

12. REGISTRO

- Proyecto acuerdo de presupuesto.
- Acta de aprobación del COMFIS
- Acuerdo de aprobación del presupuesto.
- Resolución de liquidación del presupuesto.

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA ESPG



PFI- PROCESO PLANEACION FINANCIERA

**PFI-PR-03: PROCEDIMIENTO ELABORACIÓN PLAN
ANUALIZADO DE CAJA PAC**

GRANADA, 15 DE ENERO DE 2013

TABLA DE CONTENIDO

1.	CONTROL DE CAMBIOS	22
2.	AUTORIZACIÓN	22
3.	OBJETIVO	23
4.	ALCANCE	23
5.	INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA	23
6.	PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA	23
7.	NORMATIVIDAD	23
8.	TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA	24
9.	LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:	24
10.	LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN	24
11.	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	25
12.	REGISTRO	25

1. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
1	01/11/2011	Adopción
2	15/01/2013	Se reviso el anterior procedimiento de GFP-PR-07 Procedimiento Elaboración Plan Anualizado de Caja PAC, con el fin de ajustarlo al mapa de procesos vigentes

2. AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboro: ROCÍO GIRALDO CASTAÑO	PRACTICANTE UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA MEDELLÍN.
Reviso: DUBIAN FREDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ MECI	PRESIDENTE COMITÉ MECI

ENERO DE 2013

Verifique en el listado maestro de documentos que esta es la versión vigente antes de utilizar el documento

3. OBJETIVO

Programar mensualmente los gastos de funcionamiento, inversión y de la deuda pública, con base en el presupuesto general de rentas y gastos y según las proyecciones de los ingresos, para atender adecuadamente todos los compromisos adquiridos por la Empresa de Servicios Públicos de Granada E.S.P.G, logrando un equilibrio entre los ingresos y gastos.

4. ALCANCE

Inicia con la verificación de la información presupuestal y culmina con la aprobación y la consolidación del Plan anual mensualizado de caja PAC.

5. INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA

- Estadísticas de ingresos y egresos de los últimos tres años.
- Estadísticas de variaciones demográficas de la población.
- Comportamiento del último año en aspectos como nuevas viviendas, migración de población.
- Resolución de la CRA donde fija las escalas tarifarias para el periodo a facturar.

6. PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA

- Plan anual mensualizado de caja

7. NORMATIVIDAD

Norma (número y fecha)	Descripción
Decreto 111 de 1996	Del presupuesto anual de las entidades públicas.
Decreto 115 de 1996	Por el cual se establecen normas sobre la elaboración, conformación y ejecución de los presupuestos de las empresas industriales y comerciales del Estado y de las sociedades de economía mixta sujetas al régimen de aquéllas, dedicadas a actividades no financieras.
Constitución Política de Colombia	La programación, aprobación, modificación y ejecución del presupuesto.

8. TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA

PROGRAMA ANUAL MENSUALIZADO DE CAJA P.A.C.: Es un instrumento mediante el cual se define el monto máximo mensual de fondos disponibles y el monto máximo mensual de pagos con el fin de cumplir sus compromisos.

El P.A.C. define el monto de recursos disponible destinado al pago de los compromisos que adquieren las distintas dependencias que conforman el presupuesto de la empresa.

Es un instrumento de manejo financiero y de ejecución presupuestal, cuya finalidad es alcanzar las metas del plan financiero y regular los pagos mensuales para garantizar el cumplimiento de las obligaciones que se asumen en la vigencia fiscal.

PROYECCION DE INGRESOS: son los cálculos que permite proyectar los ingresos que la empresa va a generar en cierto periodo de tiempo, teniendo en cuenta las estadísticas y otras variables para definir el flujo de efectivo con que se contarán para atender las obligaciones por pagar.

PROYECCIÓN DE GASTOS: Son los cálculos que permiten proyectar las cuentas por pagar por parte de la empresa, y las fechas en que de acuerdo a los ingresos de efectivo éstos podrán ser canceladas.

9. LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:

Gerente

10. LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN

- Las modificaciones que se hagan al Plan anual mensualizado de caja PAC, serán aprobadas por el Gerente de la Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Granada. Estas modificaciones deberán registrarse mediante resolución.
- El Plan anual mensualizado de caja PAC, tendrá como límite máximo el valor del presupuesto de este periodo.
- Ningún pago deberá ser efectuado si no se encuentra contemplado en el Plan anual mensualizado de caja PAC.

11. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Nº	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
1	Determinación de metas financieras.	El COMFIS, determina las metas financieras, es decir, los niveles de recaudo mensual para cada componente del PAC.	Gerente	Plan financiero.	
2	Programar los ingresos a efectuar mensualmente.	Elaborar la programación de los ingresos mensuales de la vigencia fiscal de acuerdo al comportamiento de los ingresos, validar dicha programación.	Gerente	Programación de ingresos.	Verificación de ingresos efectivos.
3	Programar los gastos a efectuar mensualmente.	Elaborar la programación de los gastos mensuales de la vigencia fiscal de acuerdo al comportamiento de los ingresos, validar dicha programación.	Gerente	Programación de egresos.	Verificar que los pagos efectuados estén dentro del presupuesto. Corroborar que todos los pagos realizados se encuentren contemplados en el PAC.
4	Elaboración del PAC	Elaboración del PAC basado en las proyecciones determinadas en las actividades 2 y 3.	Gerente	PAC	
5	Aprobación y consolidación.	Se aprueba el PAC por el Gerente y se presenta al COMFIS, para su revisión si es solicitado.	Gerente	Resoluciones de aprobación.	

12. REGISTRO

- Plan Financiero (Estadísticas de comportamiento de ingresos y egresos de los últimos tres años)
- Programación de ingresos y egresos

**EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA
ESPG**



PFI- PROCESO PLANEACION FINANCIERA

**PFI-PR-04: PROCEDIMIENTO MANEJO DE VIGENCIAS
FUTURAS**

GRANADA, 15 DE ENERO DE 2013

TABLA DE CONTENIDO

1.	CONTROL DE CAMBIOS.....	28
2.	AUTORIZACIÓN	28
3.	OBJETIVO.....	29
4.	ALCANCE.....	29
5.	INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA.....	29
6.	PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA	29
7.	NORMATIVIDAD	29
8.	TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA.....	30
9.	LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:.....	30
10.	LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN	30
11.	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	31
12.	REGISTROS	31

1. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
1	01/11/2011	Adopción
2	15/01/2013	Se reviso el anterior procedimiento de GFP-PR-08 Procedimiento Manejo de Vigencias Futuras, con el fin de ajustarlo al mapa de procesos vigentes

2. AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboro: ROCÍO GIRALDO CASTAÑO	PRACTICANTE UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA MEDELLÍN.
Reviso: DUBIAN FREDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ MECI	PRESIDENTE COMITÉ MECI

Verifique en el listado maestro de documentos que esta es la versión vigente antes de utilizar el documento

3. OBJETIVO

Establecer los parámetros para la planificación financiera y fiscal que consiste en la adquisición de obligaciones que afectan vigencias futuras.

4. ALCANCE

Inicia con la presentación del proyecto de inversión a financiar, y terminan con la aprobación por parte de la junta directiva de las vigencias futuras requeridas, sean ordinarias o excepcionales.

5. INSUMOS Y / O INFORMACION PRIMARIA

- Proyecto de inversión.

6. PRODUCTOS Y / O INFORMACION SECUNDARIA

- Certificado presupuestal que respalda la obligación adquirida en la vigencia futura.

7. NORMATIVIDAD

Norma (número y fecha)	Descripción
Decreto 115 de 1996	Por el cual se establecen normas sobre la elaboración, conformación y ejecución de los presupuestos de las empresas industriales y comerciales del Estado y de las sociedades de economía mixta sujetas al régimen de aquéllas, dedicadas a actividades no financieras.
Ley 819 de 2003	Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de presupuesto, responsabilidad y transparencia fiscal y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4730 de 2005	por el cual se reglamentan normas orgánicas del presupuesto
Decreto 111 de 1996 municipios	Estatuto orgánico de presupuestos

8. TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURA

VIGENCIA FISCAL: el presupuesto público tiene una vigencia temporal que determina el tiempo durante el cual rige y tiene vigor la ley de presupuesto. El principio de anualidad establece la vigencia del presupuesto, fijándolo en un año: del 1 de enero al 31 de diciembre de cada año.

VIGENCIA FUTURA: es una herramienta de planificación financiera y fiscal, que consisten en la asunción de obligaciones que afectaran el presupuesto de vigencias futuras. Son autorizaciones a quien ejecuta el presupuesto para tener en cuenta compromisos o proyectos plurianuales, que por su condición requieren ser ejecutados en varias vigencias fiscales.

VIGENCIA FUTURA ORDINARIA: su ejecución se inicia con la afectación del presupuesto de la vigencia actual y siempre debe estar sujeta a certificados de disponibilidad para ser concedidas, imputables al presupuesto de la vigencia en la cual se solicita la autorización.

VIGENCIA FUTURA EXCEPCIONALES: son aquellas cuyas obligaciones afectan presupuestos de vigencias futuras y no tiene apropiaciones en el presupuesto de la vigencia en la que se concede la autorización; por ende el certificado de disponibilidad debe hacerse sobre partidas presupuestales de la vigencia siguiente a la vigencia en la cual se solicita.

COMFIS: Consejo Municipal de la Política Fiscal.

CERTIFICADO DE DISPONIBILIDAD: El certificado de disponibilidad presupuestal es un documento de gestión financiera y presupuestal que permite dar certeza sobre la existencia de una apropiación disponible y libre de afectación para la asunción de un compromiso, de ello, deviene del valor que la ley le ha otorgado, al señalar que cualquier acto administrativo que comprometa apropiaciones presupuestales deberá contar con certificados de disponibilidad presupuestal previos y cualquier compromiso que se adquiriera.

9. LÍDER DEL PROCEDIMIENTO:

Gerente y Junta Directiva.

10. LINEAMIENTOS O POLÍTICAS DE OPERACIÓN

- Como mínimo las vigencias futuras ordinarias solicitadas debe contar con la apropiación del quince por ciento (15%) de la vigencia fiscal en las que estas sean autorizadas.

- Cada proyecto presentado debe definir con claridad el tipo de vigencia requerida, sea ordinaria o excepcional.
- La empresa de servicios públicos no podrá comprometer vigencias futuras en el último año del periodo.

11. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

No	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
1	Presentación del proyecto de inversión. El Gerente de la empresa presenta al COMFIS el proyecto de inversión que requiere el compromiso de recursos de otros periodos fiscales (vigencias futuras), para su respectiva evaluación y aprobación.	Gerente	Proyecto de inversión.	Verificar tipo de vigencia, ordinaria o excepcional y montos requeridos en cada una de las vigencias implicadas en el proyecto a ejecutar. Verificación de disponibilidad presupuestal en periodo actual si es una vigencia futura ordinaria.
2	Aprobación por parte del la Junta Directiva. La Junta Directiva de la empresa evalúa el proyecto de inversión. Esta puede aprobar o rechazar dicha propuesta, se debe elaborar un acta que soporte dicha decisión.	Gerente y Junta Directiva.		Confirmación de previa aprobación por parte del COMFIS.
3	Expedición de disponibilidades. Si el proyecto de inversión fue aprobado deben expedirse los certificados de disponibilidad pertinentes, sea de la vigencia actual o de otras vigencias.	Gerente	Documentos de aprobación de la vigencia por parte de la Junta Directiva y el COMFIS	

12. REGISTROS

- Proyecto de inversión.
- Documentos soporte de aprobación del proyecto por parte del COMFIS y de la Junta Directiva.

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

PROCESOS ESTRATÉGICOS

PROCESOS

PGE - PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN

PFI – PLANEACION FINANCIERA

CO – PROCESO COMUNICACIONES

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS
PROCESOS ESTRATEGICOS
CO – PROCESO DE COMUNICACIONES

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

Proceso:	CO – COMUNICACIONES			Responsables:
Tipo de Proceso:	PROCESO ESTRATÉGICO			Gerente, Asesor de Control Interno
Objetivo: Fortalecer la comunicación como eje transversal en la consolidación de la gestión de La Empresa de Servicios Públicos de Granada ESPG., garantizando la difusión de la información producida y recibida por los diversos organismos internos y externos, basándose en la veracidad, transparencia, suficiencia y oportunidad empleando medios y canales que aseguren el destino de los mensajes.				Alcance: Este proceso comprende desde la elaboración del diagnóstico situacional y definición de las políticas y estrategias de comunicación interna y externa hasta la evaluación de la eficacia de la gestión.
Requisitos ISO 9001 y NTCGP 1000: 5.2, 5.5.3, 7.2.3				
Proveedores	Entradas	1. ACTIVIDADES	Salidas	Clientes
<ul style="list-style-type: none"> • Procesos del MECI • PGE – Planeación de la Gestión • PFI - Planeación Financiera 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de Planeación de la Gestión • Necesidades de comunicación o eventos • Inventario de Mecanismos de Participación Ciudadana y Veedurías ciudadanas • Información presupuestal 	<p>P</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diagnosticar el estado de las comunicaciones 2. Fijar políticas de comunicaciones 3. Definir responsabilidades de comunicación 4. Describir los mecanismos de participación ciudadana y veedurías ciudadanas 5. Asegurar la disponibilidad de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico • Plan estratégico • Mecanismos de participación ciudadana • Veedurías ciudadanas • Solicitud de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos del MIPG • Entes de Información Primaria • Entes de control • PFI - Planeación Financiera
<ul style="list-style-type: none"> • Procesos del MECI • Entes de Información Primaria • PGE – Planeación de la Gestión • BYS – Gestión de bienes y servicios • GFP Gestión Financiera y Presupuestal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidades de comunicación o eventos • Mecanismos de participación ciudadana • Veedurías ciudadanas • Directrices de contratación • Registro presupuestal • Plan estratégico • Percepción de los funcionarios 	<p>H</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Recibir necesidades de comunicación 7. Asesorar, apoyar y producir material informativo y publicitario 8. Promocionar y promover los mecanismos de participación ciudadana y veedurías ciudadanas 9. Promover las responsabilidades de comunicación interna y externa 10. Contratar los recursos necesarios para la prestación del servicio 11. Ejecutar el plan estratégico Evaluar la eficacia de las comunicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de solicitudes • Material informativo y publicitario • Registros de comunicación organizacional e informativa • Contrato legalizado • Recursos disponibles • Registros del plan estratégico 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos del MIPG • Comunidad y partes interesadas • Entes de Información Primaria • Entes de control • PGE – Planeación de la Gestión • BYS – Gestión de bienes y servicios • PFI - Planeación Financiera • MEP Mejora Permanente

Proveedores	Entradas	2. ACTIVIDADES	Salidas	Clientes
<ul style="list-style-type: none"> • PGE – Planeación de la Gestión • EVA - Evaluación Independiente • Entes de control • MEP Mejora Permanente • GTH Gestión del Talento Humano 	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de gestión • Indicadores calculados • Mapa de riesgos • Informes de auditoría • Planes de mejoramiento 	<p>V</p> <p>Controles Preventivos:</p> <p>12. Verificación de la veracidad de la información y sus fuentes antes de emitirla</p> <p>13. Seguimiento a los mecanismos de participación ciudadana y veedurías ciudadanas</p> <p>14. Seguimiento a los planes de trabajo</p> <p>15. Actualización de las políticas de comunicación</p> <p>Controles Correctivos:</p> <p>16. Corregir o repetir el comunicado</p> <p>17. Ajustar los planes de trabajo</p> <p>18. No distribuir el producto o pieza publicitaria</p> <p>Análisis de Datos:</p> <p>16. Analizar los informes de gestión</p> <p>17. Analizar los indicadores de gestión</p> <p>18. Analizar los informes de auditorías</p> <p>19. Efectuar seguimiento a los planes de mejoramiento</p> <p>20. Analizar los riesgos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Informes evaluados • Indicadores evaluados • Riesgos revisados • Hallazgos evaluados • Planes evaluados • PQRS evaluadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Entes de control • Eva - Evaluación Independiente • PGE Planeación de la Gestión • MEP – Mejora Permanente • GTH- Gestión del Talento Humano
<ul style="list-style-type: none"> • MEPA – Mejora Permanente • EVA – Evaluación Independiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Informes evaluados • Indicadores evaluados • Riesgos analizados y actualizados • Hallazgos evaluados • Planes evaluados • PQRS evaluadas 	<p>A</p> <p>Tomar acciones para el mejoramiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Correcciones • Acciones Correctivas • Acciones Preventivas • Acciones de Mejora • Planes de Mejoramiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Entes de control • EVA - Evaluación Independiente • PGE Planeación de la gestión • MEP Mejora Permanente
Recursos		Documentos Internos		Documentos Externos
<p>Físicos: Oficinas dotadas de Hardware y Software Comercial.</p> <p>Humanos: Gerente, Asesor de Control Interno</p> <p>Ambiente de Trabajo: Temperatura ambiente, Iluminación adecuada, Fuera de ruido.</p>		<p>Procedimientos:</p> <p>CO-PR-01 Procedimiento de Comunicaciones</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Ver Listado Maestro para el Control de Documentos Externos. • Ver Normograma.

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS **PROCESOS ESTRATEGICOS** CO – PROCESO DE COMUNICACIONES

PROCEDIMIENTOS

PROCESO		PROCEDIMIENTOS	
CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE
CO	PROCESO DE COMUNICACIONES	CO-PR-01	COMUNICACIONES

EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE GRANADA E.S.P.G



CO PROCESO DE COMUNICACIONES

CO-PR-01 PROCEDIMIENTO DE COMUNICACIONES

GRANADA, 17 DE DICIEMBRE DE 2012

TABLA DE CONTENIDO

1.	CONTROL DE CAMBIOS	8
2.	AUTORIZACIÓN	8
3.	OBJETIVO	9
4.	ALCANCE	9
5.	RESPONSABLES	9
6.	TÉRMINOS Y DEFINICIONES	9
7.	POLÍTICAS DE OPERACIÓN	10
8.	CONTENIDO.....	10
9.	PUNTOS DE CONTROL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
10.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	11
11.	REGISTROS	11
12.	ANEXOS	11

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha DD/MM/AAAA	Descripción de la modificación
1	17/17/2012	Elaboración del Procedimiento

AUTORIZACIÓN

RESPONSABLES	CARGO
Elaboro: ERASMO ARTURO HERRERA LOPERA	ASESOR MECI
Reviso: DUBIAN FREDY GÓMEZ GIRALDO	GERENTE
Aprobó: COMITÉ MECI	PRESIDENTE COMITÉ MECI

OBJETIVO

Fortalecer las comunicaciones como eje transversal en la consolidación de la gestión de la Empresa de Servicios Públicos de Granada ESPG, garantizando la difusión de información producida y recibida por empresa, a nivel interno y externo, basándose en la veracidad, transparencia, suficiencia y oportunidad, y empleando medios y canales que garanticen el destino de los mensajes.

ALCANCE

Inicia en la identificación de la necesidad de comunicar información procedente de las diferentes fuentes y termina en la entrega del producto o la realización del evento según el caso.

RESPONSABLES

Gerente, y el Coordinador

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

COMUNICACIÓN INTERNA Y EXTERNA: En La Empresa de Servicios Públicos de Granada ESPG se consideran los siguientes:

- Asesoría personalizada para elaboración de boletines, manuales, plegables, afiches y otras piezas, informativas y publicitarias.
- Apoyo en la producción de eventos: protocolo, presentación y difusión.
- Boletines de Prensa
- Portal WEB
- Programas Radiales.
- Pauta Empresarial e Informativa.
- Asesoría personalizada para producción de productos informativos y publicitarios.
- Acompañamiento en la producción de eventos externos a cargo de la Empresa.

POLÍTICAS DE OPERACIÓN

Las piezas publicitarias sólo se realizarán o recibirán aprobación para producción final si se acogen a las normas empresariales sobre imagen corporativa y contenidos.

CONTENIDO

Nº	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	PUNTOS DE CONTROL
01	Identificación de la necesidad de comunicar información procedente de las diferentes fuentes. (15 días para eventos y 2 días para boletines) Asesoría personalizada para producción de boletines plegables, afiches y otras piezas informativas y publicitarias (soporte documental de la información a comunicar) Apoyo en la producción de eventos: soporte documental de la información del evento a realizar.	Gerente		
03	Elaborar material: El envía la información del cada producto informativo o publicitario para la elaboración, con base en la información suministrada por el interesado, una propuesta inicial la cual se socializa con el mismo para hacer los ajustes necesarios si es del caso o la aprobación del mismo.	Gerente, Coordinador		Revisión mínimo de dos personas para la emisión de boletines, piezas publicitarias, y todos los mensajes que salen del proceso de Comunicaciones.
04	Entregar Material: Una vez aprobado el material, se hace entrega al solicitante del producto (Arte final, libretos, textos, videos) con oficio o correo electrónico , para que este proceda a contratar la manufactura del mismo y su publicación. Se procede a diligenciar el formato CO-PR-01-FR-01 Registro de comunicaciones de la empresa.	Gerente Coordinador	CO-PR-01-FR-01 Registro de comunicaciones de la empresa.	Revisión y aprobación por el Gerente de la información a publicar previamente a la emisión por los medios radiales. Verificar que los contratos que se lleven a cabo contengan la totalidad de los requisitos estipulados en la normatividad vigente.
05	Evaluar el servicio: Se realiza una evaluación en Grupo Primario, de la efectividad de las Comunicados emitidos por la empresa, según los objetivos definidos para el mismo y de acuerdo a los resultados, se toman las acciones aplicando el MEP-PR-01-FR-01 Procedimiento para la toma de acciones correctivas, preventivas y de mejora.	Grupo Primario	MEP-PR-01-FR-01 Procedimiento para la toma de acciones correctivas, preventivas y de mejora.	

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Manual de Contratación (BYS-PR-01-Anexo-1)
- Procedimiento para la toma de acciones correctivas, preventivas y de mejora (MEP-PR-01-FR-01)

REGISTROS

Soporte documental de la información a comunicar (físico o electrónico).

Soporte documental de la información del evento a realizar (físico o electrónico).

CO-PR-01-FR-01 Registro de comunicaciones de la empresa.

CO-PR-01-FR-02 Plan de medios

CO-PR-01-FR-03 Plan de comunicaciones

CO-PR-01-FR-04 Matriz de comunicación organizacional

CO-PR-01-FR-05 Matriz de comunicación informativa

ANEXOS

CO-PR-01-ANEXO-1 Modelo de carta de aviso a la emisora



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE GRANADA: Contrato de prestación de servicios N° PS13-2021 con la E.S.P.G, cuyo objeto tiene la “Prestación de servicios profesionales para el acompañamiento técnico en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa de Servicios Públicos de Granada”.

Editor y registro fotográfico:

Astrid Lorena Macías Ospina
Ingeniera Sanitaria

Resumen:

El manual de operación y mantenimiento de la PTAP Granada, es un documento técnico de consulta para todo el personal competente, en especial del personal operativo. Su objetivo es consolidar y facilitar el acceso a la información en todo lo relacionado con la operación rutinaria y no rutinaria del sistema de tratamiento de agua potable del municipio de Granada bajo buenas prácticas de operación y para toma de decisiones. En él se consigna el detalle de cada uno de los componentes, operación rutinaria y no rutinaria, frecuencias de medición de parámetros fisicoquímicos que hacen parte del monitoreo y control, mantenimientos generales, formatos de seguimiento y bitácora. La operación exige un alto nivel de compromiso, orden, claridad en la documentación, y capacidad técnica para afrontar el funcionamiento del sistema, estimulando el cumplimiento de las directrices propuestas en la normatividad vigente para garantizar agua potable para consumo humano.

Fecha de elaboración:

29 de junio de 2021

Palabras clave: PTAP, buenas prácticas, Manual.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo general	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
3. ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO.....	8
4. NORMATIVIDAD VIGENTE PARA LA PTAP.....	9
5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO.....	10
6. REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	14
6.1. Competencia y formación del personal operativo	14
6.2. Horario de operación de la PTAP.....	14
6.3. Personal mínimo requerido.....	15
6.4. Funciones del supervisor de la PTAP.....	15
6.5. Funciones del personal operativo	16
7. CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA PTAP.....	16
8. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	17
8.1. Captación del agua cruda.....	17
8.1.1. Fuente superficial de captación.....	18
8.1.2. Concesión de la fuente de abastecimiento	19
8.1.3. Bocatoma 1	19
8.1.4. Bocatoma 2	21
8.1.5. Frecuencia de limpieza de la bocatoma	23
8.1.6. Operación y mantenimiento de la bocatoma.....	23
8.2. Desarenador.....	24
8.2.1. Frecuencia de mantenimiento y limpieza del desarenador.....	25
8.2.2. Operación y mantenimiento del desarenador.....	25
8.3. Aducción y conducción	27
8.3.1. Operación y mantenimiento	28
8.4. Cámara de quietamiento y sistema de aireación	29
8.4.1. Frecuencia de limpieza o mantenimiento.....	30
8.4.2. Operación y mantenimiento	30
8.5. Canal de aproximación y aforo.....	31



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

8.5.1.	Estimación del caudal de ingreso a la PTAP	33
8.5.2.	Frecuencia de limpieza del canal y el vertedero	36
8.5.3.	Operación y mantenimiento del canal y el vertedero	36
8.6.	Coagulación o mezcla rápida.....	37
8.6.1.	Tipo de coagulante.....	39
8.6.2.	Operación y mantenimiento en la mezcla rápida o coagulación	39
8.6.3.	Ensayo de jarras	40
8.6.4.	Cálculo de la dosificación de coagulante.....	44
8.7.	Floculadores	45
8.7.1.	Frecuencia de purga y limpieza	46
8.7.2.	Operación y mantenimiento de los floculadores	46
8.7.3.	Estimación del volumen gastado en el lavado	48
8.8.	Sedimentador de alta tasa	49
8.8.1.	Frecuencia de purga y limpieza	50
8.8.2.	Operación y mantenimiento del sedimentador primario	50
8.8.3.	Estimación del volumen de agua gastado en el lavado	52
8.9.	Filtros descendentes.....	53
8.9.1.	Frecuencia para el retrolavado y mantenimiento	54
8.9.2.	Operación y mantenimiento de los filtros	55
8.9.3.	Estimación del volumen de agua gastado en el retrolavado.....	57
8.10.	Cloración.....	58
8.10.1.	Cloro gaseoso.....	60
8.10.2.	Curva de demanda de cloro.....	61
8.10.3.	Dosificación de cloro gaseoso	62
8.10.4.	Operación y mantenimiento del proceso de cloración.....	63
8.11.	Almacenamiento de agua potable.....	64
8.11.1.	Frecuencia de mantenimiento o limpieza en los tanques	66
8.11.2.	Operación y mantenimiento de los tanques	66
8.12.	Tratamiento de lodos.....	68
8.12.1.	Operación y mantenimiento del tanque de espesamiento	70
8.12.2.	Operación y mantenimiento de lechos de secado	71
8.13.	Red de distribución	72
8.13.1.	Operación y mantenimiento de la red de distribución.....	72
9.	MUESTRAS DE AGUA CRUDA Y AGUA TRATADA	74



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

9.1.	Entrada de agua cruda a la PTAP	75
9.2.	Salida del agua tratada	75
9.3.	Tanques de almacenamiento de agua potable	76
9.4.	Red de distribución de agua potable	77
10.	PARÁMETROS DE CONTROL EN LA PTAP Y EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	80
10.1.	Caudal de entrada	80
10.2.	pH	80
10.3.	Temperatura	81
10.4.	Turbiedad	82
10.5.	Color	83
10.6.	Olor y sabor	84
10.7.	Cloro residual	85
11.	PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA PTAP	86
12.	IDENTIFICACIÓN DE VÁLVULAS Y COMPUERTAS	87
12.1.	Operación de las válvulas	92
13.	CONTROLES DIARIOS	92
14.	CONTROLES SEMANALES	93
15.	CONTROLES MENSUALES O ANUALES	94
16.	PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN CASO DE EMERGENCIAS	94
16.1.	Suspensión del servicio de energía eléctrica	95
16.2.	Cambios extremos en la turbiedad del agua	95
16.3.	Ingreso de compuestos tóxicos	96
16.4.	Sismos y terremotos	97
16.5.	Incendios	97
16.6.	Fallas en estructuras o accesorios	97
17.	BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO	98
18.	BUENAS PRÁCTICAS DE DOCUMENTACIÓN	99
19.	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	100
20.	IMPLEMENTOS BÁSICOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	100
21.	FICHAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA PTAP	101
22.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
23.	DEFINICIONES	102
24.	FORMATOS Y BITÁCORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	109



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

FORMATO 1. DATOS DEL AGUA CRUDA-INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	110
FORMATO 2. DATOS DEL AGUA TRATADA-SALIDA DEL TANQUE DE CLORACIÓN.....	110
FORMATO 3. TEST DE JARRAS. DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE	111
FORMATO 4. REVISIÓN DE TANQUES Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS	111
FORMATO 5. RETROLAVADO DE FILTROS	112
FORMATO 6. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	112
FORMATO 7. MACROMEDIDORES.....	113
FORMATO 8. CONSUMO DE QUÍMICOS EN LA PTAP	113
FORMATO 9. BALANCE DE QUÍMICOS MENSUAL	114
FORMATO 10. TOMA Y ENVÍO DE MUESTRAS A LABORATORIO.....	114
FORMATO 11. PURGA Y LIMPIEZA DE LOS FLOCULADORES	115
FORMATO 12. PURGA Y LIMPIEZA DEL SEDIMENTADOR	115
FORMATO 13. PURGAS Y EXTRACCIÓN DE MATERIAL EN LECHOS DE SECADO.....	116
FORMATO 14. INSPECCIÓN DE BOCATOMA, DESARENADOR Y ADUCCIÓN.....	116
FORMATO 15. MANTENIMIENTOS GENERALES EN LA PTAP.....	117
FORMATO 16. INSPECCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	117
BITÁCORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	118

FIGURAS

Fig 1. Ubicación del municipio de Granada.....	8
Fig 2. Ubicación de la PTAP.	9
Fig 3. Sistema de tratamiento de agua potable de Granada.....	12
Fig 4. Diagrama de flujo de la PTAP.....	13
Fig 5. Capacitaciones con el personal operativo.....	14
Fig 6. Arnés y línea de vida.	17
Fig 7. Quebrada Minitas.	19
Fig 8. Bocatoma 1.....	20
Fig 9. Bocatoma 2.....	22
Fig 10. Mantenimiento de las bocatomas.....	24
Fig 11. Desarenador.....	25
Fig 12. Mantenimiento del desarenador.....	27
Fig 13. Cámara de aquietamiento y sistema de aireación	30
Fig 14. Mantenimiento de la cámara de aquietamiento y del sistema de aireación.	31
Fig 15. Dimensiones del vertedero rectangular.....	32
Fig 16. Canal de aproximación y vertedero rectangular.	32
Fig 17. Esquema del vertedero rectangular con contracciones laterales.	34
Fig 18. Mantenimiento del canal de aproximación y vertedero.	37
Fig 19. Proceso de coagulación.	38
Fig 20. Test de jarras.....	41
Fig 21. Ensayo de test de jarras.	43



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Fig 22. Graduación de la bomba con el caudal de dosificación.	45
Fig 23. Floculadores de flujo horizontal.	46
Fig 24. Limpieza y purga de los floculadores.	48
Fig 25. Sedimentador de alta tasa.	50
Fig 26. Limpieza y purga del sedimentador de alta tasa.	52
Fig 27. Filtros descendentes.	54
Fig 28. Retrolavado de filtros.	57
Fig 29. Sistema de cloración.	60
Fig 30. Cloro gaseoso.	61
Fig 31. Curva de demanda de cloro.	61
Fig 32. Tanques de almacenamiento de agua potable.	65
Fig 33. Actividades de operación en los tanques de almacenamiento.	67
Fig 34. Tratamiento de lodos en la PTAP.	69
Fig 35. Partes del tratamiento de lodos.	70
Fig 36. Operación y mantenimiento del tratamiento de lodos.	72
Fig 37. Control de calidad en la red de distribución.	74
Fig 38. Muestra de agua cruda.	75
Fig 39. Muestra de agua tratada.	76
Fig 40. Toma de muestras en los tanques de almacenamiento.	76
Fig 41. Ubicación de los puntos de muestreo de la red.	77
Fig 42. Medición de pH.	81
Fig 43. Medición de temperatura.	82
Fig 44. Medición de turbiedad.	83
Fig 45. Medición de color.	84
Fig 46. Medición de cloro residual.	86
Fig 47. Diagrama de válvulas de la PTAP Granada.	88
Fig 48. Accionamiento de válvulas en la PTAP.	92
Fig 49. Dosificación manual de químicos.	95
Fig 50. Control de toxicidad en la PTAP.	96
Fig 51. Extintor de la PTAP.	97
Fig 52. Diligenciamiento de formatos digitales.	99
Fig 53. Herramientas de la PTAP.	101

TABLAS

Tabla 1. Valores máximos admisibles en agua potable para consumo humano.	10
Tabla 2. Características morfológicas de la microcuenca Minitos-Vahitos.	18
Tabla 3. Caudal otorgado en el 2018 para captar el agua cruda.	19
Tabla 4. Altura lámina de agua vs Caudal. Vertedero triangular de la bocatoma 2.	22
Tabla 5. Resultados de caudal a diferentes alturas de la lámina de agua.	35
Tabla 6. Relación entre el volumen agregado y la dosis de coagulante (1% v/v).	42
Tabla 7. Dimensiones de los tanques de almacenamiento.	66
Tabla 8. Longitud de la red de distribución.	72
Tabla 9. Puntos de muestreo en la red de distribución.	78
Tabla 10. Listado de válvulas de la PTAP y su función.	89
Tabla 11. Listado de compuertas de la PTAP.	91



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de agua potable es indispensable para la salud humana, y por ende toda comunidad debe contar con un sistema de abastecimiento y tratamiento del recurso hídrico en condiciones óptimas que garantice agua potable que cumpla con los estándares normativos requeridos. Por esto, una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) es un sistema que tiene gran impacto en una región debido a que permite que el agua captada desde la fuente sea distribuida a las viviendas e instituciones en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y continuidad.

La calidad, continuidad y cantidad del agua potable consumida por la población, depende de varios factores como la calidad de la fuente de captación, el tipo de tratamiento utilizado, el estado de las estructuras, accesorios e instalaciones del sistema de tratamiento, equipos utilizados para el control y vigilancia, disponibilidad de recursos para el funcionamiento óptimo de las instalaciones, etc. Además, depende principalmente de una correcta operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, que está asociada a la capacitación requerida del personal que opera la PTAP.

El sistema de abastecimiento y tratamiento de agua potable no funciona adecuadamente, sin una operación y mantenimiento óptimo. Es importante disponer de los recursos materiales, instalaciones y equipos, como el saber utilizarlos, operarlos y mantenerlos adecuadamente para cumplir con el objetivo de suministrar agua potable y contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

El presente manual está dirigido al personal involucrado, en especial, el personal operativo encargado del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Granada, presentando las características de cada unidad y su función y las actividades de operación, mantenimiento y seguimiento que deben ser ejecutadas por el operador. Este documento es una guía para lograr que el personal operativo responsable garantice el buen funcionamiento del sistema de tratamiento bajo buenas prácticas de operación y mantenimiento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Presentar una guía práctica, clara, de orientación y consulta sobre la operación, mantenimiento, control y seguimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable en el municipio de Granada.

2.2. Objetivos específicos

- Describir las características generales de cada unidad de tratamiento de la PTAP Granada.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Proponer el procedimiento para realizar las actividades de operación y mantenimiento rutinarias y no rutinarias en cada unidad de tratamiento.
- Definir los puntos de toma de muestra de agua cruda y tratada y especificar los procedimientos para medir los parámetros físicoquímicos de control.
- Indicar el tipo de formato a diligenciar correspondiente a cada actividad de operación o mantenimiento realizada en la PTAP por el personal operativo.

3. ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO

El municipio de Granada se encuentra ubicado en el Oriente del departamento de Antioquia, con jurisdicción de Cornare. Se encuentra localizado a 77 km de la capital antioqueña y limita al Norte con El Peñol, Guatapé y San Rafael, al Sur con Cocorná, al Oriente con San Carlos y San Luis y al Occidente con Santuario y Cocorná (ver. **Fig 1**). Granada tiene una altura promedio de 2.050 m.s.n.m, con variación entre 950 y 2.500 m, teniendo así una temperatura promedio de 18°C y una extensión territorial de 183 km², de los cuales 0,67 km² corresponden al área urbana y el resto al área rural. La variación de alturas del municipio permite tener diferentes climas que van desde tierras calientes en la parte más baja hasta tierras frías en las partes más altas. Además, la precipitación del municipio es alta, con valores promedios de 4000 mm/año.

Según el DANE la población proyectada para el año 2021 es de 9.915 habitantes para la totalidad del municipio, teniendo 5.604 habitantes en la cabecera municipal y 4.311 en los centros poblados o zonas rurales.

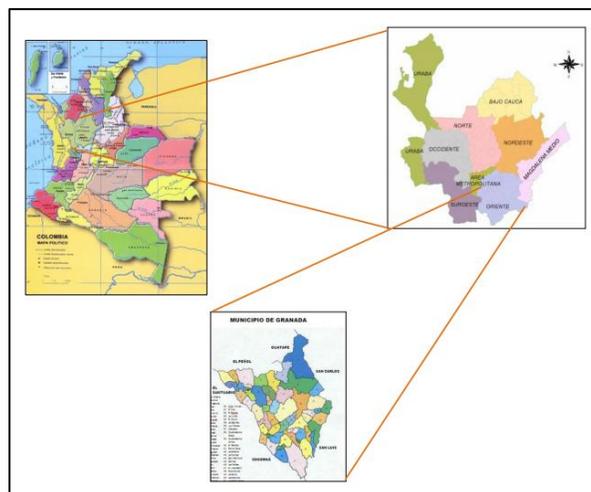


Fig 1. Ubicación del municipio de Granada.

Tomado de: Informe de diseño del plan maestro de alcantarillado del municipio de Granada.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Granada cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) ubicada al costado sur en la parte alta del municipio (ver. **Fig 2**), la cual fue diseñada y construida en el año 1995. La PTAP recibe el agua cruda de la quebrada Minutas, la cual es afluente del río San Matías y surte la mayor parte del acueducto urbano.

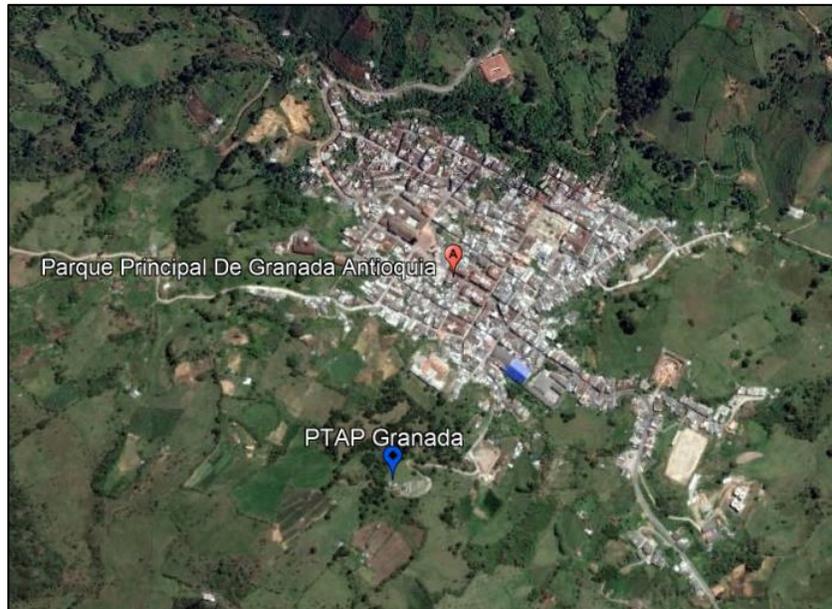


Fig 2. Ubicación de la PTAP.
Tomado de: Google Earth. Autoría propia.

4. NORMATIVIDAD VIGENTE PARA LA PTAP

Todos los procesos de tratamiento realizados en la PTAP Granada deben ir encaminados al cumplimiento de la normatividad colombiana vigente para agua potable. La principal norma que rige el tema de calidad de agua en Colombia es el Decreto 1575 de 2007 por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano y está reglamentado por la Resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

A continuación, en la **Tabla 1**, se presentan los valores máximos admisibles de las características físicoquímicas y microbiológicas más importantes, que deben cumplirse en el agua tratada para consumo humano.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Tabla 1. Valores máximos admisibles en agua potable para consumo humano.

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Olor y sabor	Adimensional	Aceptable
Color aparente	UC	15
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2
Conductividad	uS/cm	1000
pH	Unidades de pH	6,5-9,0
Cloro Residual	mg/L	0,3-2,0
Cloruros	mg/L	250
Fosfatos	mg/L	0,5
Calcio	mg/L	60
Dureza total	mg/L	300
Hierro total	mg/L	0,3
Aluminio	mg/L	0,2
Sulfatos	mg/L	250
Magnesio	mg/L	36
Manganeso	mg/L	0,1
Nitratos	mg/L	10
Nitritos	mg/L	0,1
Fluoruros	mg/L	1
Carbono Orgánico Total	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,01
Selenio	mg/L	0,01
Zinc	mg/L	3
Plomo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	1
Trihalometanos	mg/L	0,2
Hidrocarburos aromáticos Policíclicos	mg/L	0,01
Coliformes totales	UFC/100 mL	0
Escherichia Coli	UFC/100 mL	0
Conteo en placas de bacterias heterotróficas	UFC/100 mL	<100

Nota: Los valores de la tabla son tomados de la Resolución 2115 de 2007. En esta tabla se presentan los parámetros más importantes, por esto se recomienda tener la Resolución impresa y digital en la PTAP para conocimiento de los demás parámetros, en caso de requerirse alguna información adicional.

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO

La Planta de Tratamiento de Agua Potable del municipio de Granada está diseñada para un caudal aproximado de 25 L/s. Su acueducto tiene una cobertura del 98% de la población total y todo el



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

sistema de tratamiento trabaja por gravedad, desde su captación en la parte más alta del municipio hasta entregar agua potable a la población mediante la red de distribución.

El tratamiento para obtener agua potable en el municipio de Granada se realiza mediante un tratamiento convencional (captación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección) (ver. **Fig 3**), el cual está conformado por las siguientes estructuras:

- **(2) Bocatomas:** para la captación del agua cruda que es conducida hacia la PTAP para su tratamiento. Ambas bocatomas captan el agua de la Quebrada Minitas.
- **(1) Aducción:** para el transporte del agua cruda desde cada bocatoma hacia el desarenador.
- **(1) Desarenador:** el cual permite la remoción de arenas principalmente.
- **(1) Conducción:** que se encarga del transporte del agua cruda, desde el desarenador hacia la planta de tratamiento.
- **(1) Cámara de quietamiento:** para regular la velocidad de entrada del agua cruda a la PTAP.
- **(1) Sistema de aireación:** con 5 escalones, que permiten la disipación de la energía del agua e incrementan el contenido de oxígeno, el cual favorece la eliminación de sustancias volátiles y la oxidación del hierro y el manganeso del agua cruda.
- **(1) Canal de aproximación y vertedero rectangular:** que uniformiza el agua para pasar hacia el vertedero rectangular, en el cual se realiza la medición de caudal de entrada a la PTAP y se aprovecha la mezcla generada en la estructura para realizar el proceso de coagulación en el sistema de tratamiento, utilizando oxifloc como coagulante.
- **(2) Floculadores horizontales:** en paralelo, con los cuales se logra la mezcla lenta en el sistema de tratamiento que permite la agregación o unión de las partículas desestabilizadas en el tratamiento previo (coagulación) en partículas más grandes conocidas como flocs o flóculos.
- **(1) Sedimentador de alta tasa:** de flujo ascendente y con placas paralelas de asbesto cemento, mediante el cual se busca la eliminación de las partículas suspendidas en el agua y los flocs formados en la floculación, que se depositan en el fondo de la unidad por acción de la gravedad.
- **(5) Filtros descendentes:** en paralelo y con sistema de retro lavado, los cuales se encargan de la remoción de partículas suspendidas y coloidales, mediante un lecho filtrante o medio poroso compuesto de antracita, arena y grava
- **(1) Tanque de cloración:** que permite la dosificación del cloro gaseoso, el cual desactiva o elimina los microorganismos patógenos del agua filtrada para entregar agua potable a la población.
- **(4) Tanques de almacenamiento:** ubicados en puntos estratégicos del municipio para almacenar y distribuir el agua potable a los diferentes sectores de Granada.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- **(1) Tanque de espesamiento de lodos:** el cual recibe los lodos y las aguas de lavado de los floculadores, el sedimentador primario de alta tasa y los filtros descendentes. Por medio de la gravedad los lodos se depositan en el fondo del tanque para realizar su tratamiento posterior.
- **(2) Lechos de secado:** los cuales reciben los lodos digeridos del tanque de espesamiento, con el objetivo de deshidratarlos y disponerlos en el relleno sanitario municipal.
- **(1) Red de distribución:** para el transporte del agua tratada desde los tanques de almacenamiento hacia cada una de las viviendas que tienen cobertura del sistema de acueducto.

Para entender mejor cada una de las estructuras mencionadas anteriormente, se presenta el diagrama de flujo de la PTAP (ver. **Fig 4**).

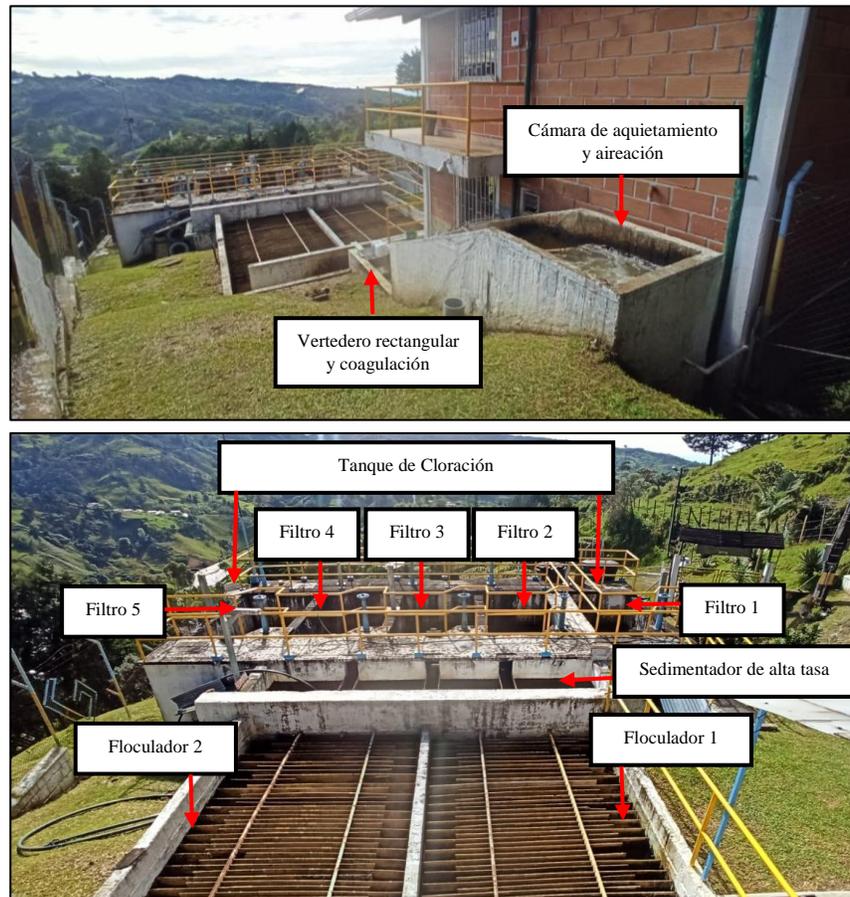


Fig 3. Sistema de tratamiento de agua potable de Granada.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

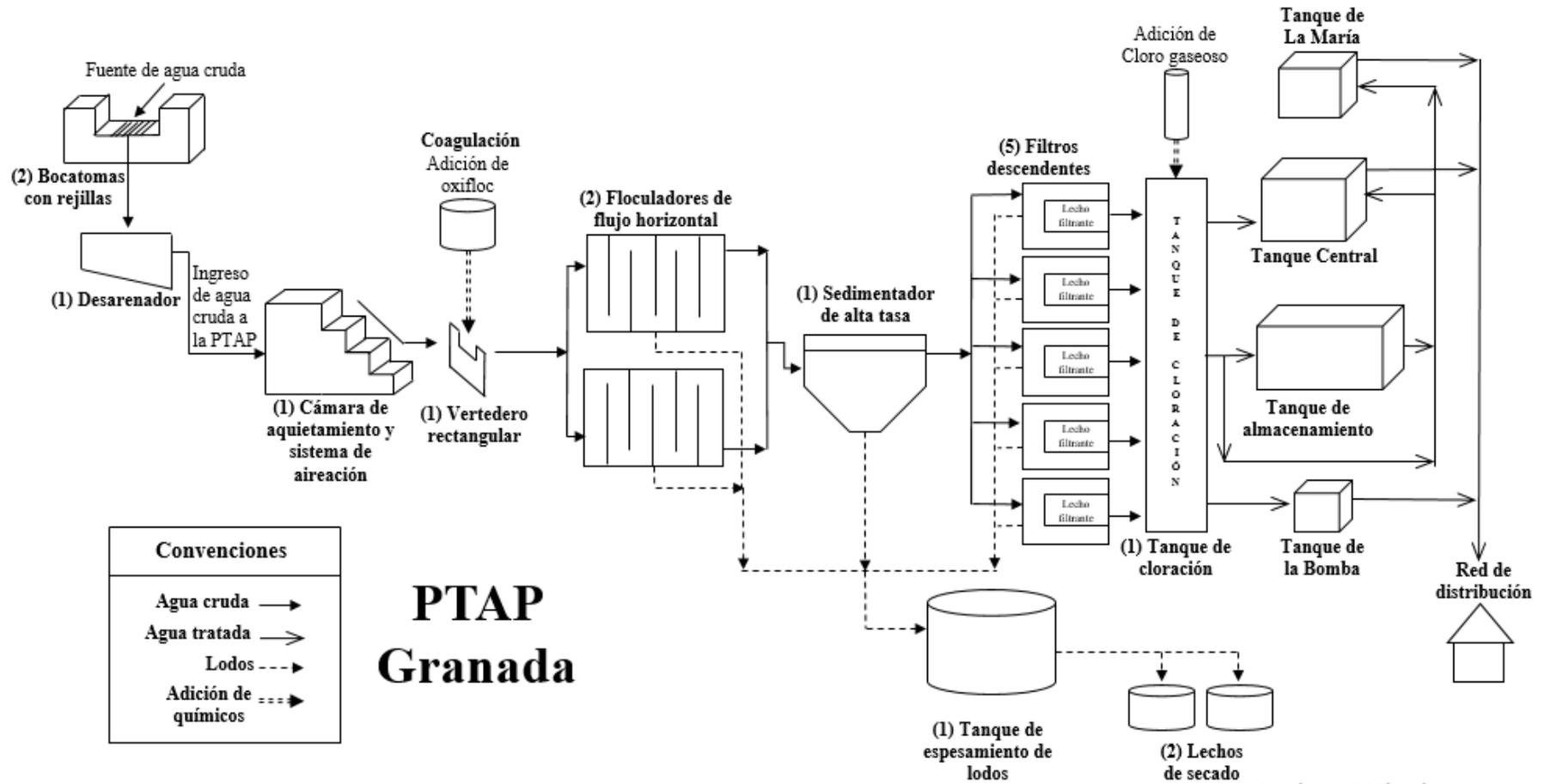


Fig 4. Diagrama de flujo de la PTAP.

Nota: Realizado por: Astrid Macías.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

6. REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

A continuación, se detallan temas de interés que se deben tener claros al momento de operar la planta de tratamiento de agua potable, buscando entregar bases para el seguimiento y control eficiente del sistema.

6.1. Competencia y formación del personal operativo

El personal operativo requiere capacitación constante en temas relacionados con el trabajo operativo de la PTAP (ver. **Fig 5**), con el objetivo de prepararlos e inducirlos en una operación correcta y con herramientas suficientes para manipular y controlar cada una de las unidades; además de formarlos en la medición de parámetros, análisis de datos y toma de decisiones ágil, temprana y eficazmente.

El personal debe conocer y entender los conceptos básicos utilizados en la PTAP, el funcionamiento teórico y práctico de cada unidad, la importancia de sus labores diarias, la normativa vigente aplicable en la planta de tratamiento, los cálculos básicos necesarios y la medición de los diferentes parámetros de seguimiento esenciales para entregar y garantizar agua potable a la población.



Fig 5. Capacitaciones con el personal operativo.

6.2. Horario de operación de la PTAP

Se propone una operación continua en la PTAP del municipio de Granada, que cuente con dos jornadas laborales de 12 horas cada una, es decir, se inicia un turno desde las 7:00 hasta las 19:00 y continua el otro turno desde las 19:00 hasta las 7:00, garantizando así, un seguimiento constante a la planta de tratamiento. Con lo anterior se requieren, por lo menos, tres operarios preferiblemente capacitados en operación de plantas de tratamiento de agua potable.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

6.3. Personal mínimo requerido

La PTAP Granada debe contar como mínimo con el siguiente personal, para la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento:

(3) Operarios capacitados en el tema de operación.

(1) Fontanero para las reparaciones necesarias.

(1) Supervisor encargado.

6.4. Funciones del supervisor de la PTAP

La función principal del supervisor de la PTAP es estar al tanto de las actividades, acciones y decisiones que se tomen en la planta, verificando y apoyando en que estas no afecten el funcionamiento del sistema; además le corresponde estar pendiente de dotar a tiempo los insumos y elementos que se pida por parte del operador, garantizando la seguridad del personal y el seguimiento eficiente del sistema. Además, debe verificar constantemente la seguridad del operario y de la planta y brindar ayuda preventiva y de mejora a las estructuras, accesorios y equipos de la PTAP.

A continuación, se identifican otras actividades que debe realizar el supervisor de la planta, no menos importantes que las mencionadas anteriormente.

- Elaborar un reglamento de trabajo en la PTAP.
- Controlar el cumplimiento de las funciones, horarios y reglamento interno de trabajo.
- Garantizar que el operador diligencie adecuadamente los formatos propuestos.
- Mantener en la planta de tratamiento el manual de operaciones y la información básica sobre la planta (planos, manuales, memorias de diseño).
- Vigilar y llevar a cabo con los operadores o personal técnico especializado, un programa preventivo de mantenimiento continuo de las instalaciones, estructuras y equipos.
- Coordinar el programa de muestreo y transporte de muestras de parámetros cuando lo exija la superintendencia de servicios públicos.
- Elaborar una guía de funciones y responsabilidades para el personal encargado de la PTAP.
- Mantener actualizado el inventario de reactivos y equipos.
- Inspeccionar el inventario de herramientas y consumibles que se requieran. Solicitar los materiales faltantes a la E.S.P cuando sea necesario.
- Realizar reuniones periódicamente con el fin de estandarizar los procedimientos que se llevan a cabo en la PTAP.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Vigilar los procedimientos realizados por el personal operativo y garantizar que se estén realizando de forma correcta. Corregir y enseñar en caso de evidenciar un mal proceso.

6.5. Funciones del personal operativo

Los operarios son responsables del mantenimiento y funcionamiento de la PTAP Granada, tienen el compromiso de velar por la correcta operación y marcha de cada una de las unidades del sistema, además de garantizar agua de calidad y en cantidad óptima a la población. El personal operativo debe ejecutar todas las actividades de operación y mantenimiento descritas en el presente manual. Además de manera general debe cumplir con las siguientes funciones:

- Comunicar periódicamente al supervisor de la PTAP sobre el estado de las unidades en general.
- Llevar a cabo la operación y el mantenimiento físico de cada una de las unidades de tratamiento.
- Realizar la medición de los parámetros de control del agua cruda y tratada en los diferentes puntos estratégicos de medición.
- Diligenciar los formatos y la bitácora de operación y mantenimiento durante la jornada laboral.
- Realizar el aseo general de la caseta de operación y mantenerla en buenas condiciones. Igualmente programar y ejecutar la poda de la zona verde de la PTAP.
- Cumplir con el horario asignado por el supervisor de la PTAP.
- Portar adecuadamente los elementos de protección personal como guantes y tapabocas a la hora de manipular productos químicos.
- Reportar a tiempo la cantidad de insumos que necesite para su cuidado personal y para el funcionamiento de la PTAP, también, informar el estado de las estructuras para realizar acciones preventivas.

7. CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA PTAP

A continuación, se establecen recomendaciones importantes para garantizar óptimas condiciones de seguridad con el personal operativo al realizar las labores en la PTAP:

- Usar siempre los elementos de protección personal a la hora de manipular productos químicos en la planta de tratamiento. Tener en cuenta las buenas prácticas de laboratorio para evitar accidentes con este tipo de compuestos.
- Para el desplazamiento dentro de la PTAP es necesario utilizar cada una de las escaleras que se encuentran alrededor de esta, con el fin de proteger la seguridad de las personas que trabajan en este lugar.
- La planta de tratamiento de agua potable está dotada de compuertas metálicas y válvulas, los cuales son accesorios que deben tener una inducción previa para su manipulación segura y



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

correcta. Se deben evitar movimientos bruscos en la manipulación de estos accesorios, el operador debe tener clara la función de cada una de las válvulas de la PTAP, que le permita tener un accionar consiente de cada una de ellas, con el fin de prevenir inconvenientes físicos para él.

- La PTAP debe tener una adecuada y constante vigilancia. Además, requiere un cerramiento óptimo que evite ingreso de animales o personas externas propiciando seguridad para el personal operativo.
- El personal operativo debe estar capacitado en trabajo seguro en alturas para llevar a cabo los diferentes mantenimientos de las estructuras. Debe usar arnés, casco de seguridad y línea de vida en alturas considerables y, además, hacer uso de las pasarelas y escaleras de las unidades de tratamiento para evitar caídas o accidentes graves (ver. **Fig 6**).

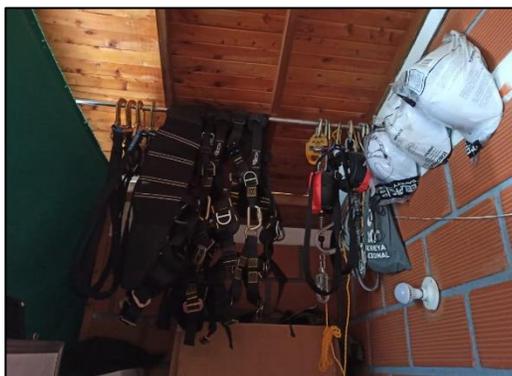


Fig 6. Arnés y línea de vida.

8. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación, se describe a detalle cada uno de los componentes del Sistema de Acueducto y Tratamiento de agua potable del municipio de Granada. Además, se dictan los pasos a seguir para realizar la operación y mantenimiento general de cada unidad de tratamiento.

8.1. Captación del agua cruda

La captación se refiere a la explotación del agua en las posibles fuentes y la aducción y conducción, al transporte del recurso hasta el punto de entrega para su disposición posterior. Dentro del conjunto de la captación, la obra de toma para abastecimiento de agua puede ser cruda y comprende las estructuras necesarias para controlar, regular y derivar el gasto hacia la conducción. La importancia de la captación radica en que es el inicio del abastecimiento, por lo que debe ser diseñada cuidadosamente. Un mal dimensionamiento de la captación puede implicar déficit en el suministro



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

cuando está subdimensionada, o en caso contrario, cuando está sobredimensionada, puede encarecer los costos del sistema al operar en forma deficiente. (Comisión Nacional del Agua, 2015)

Una bocatoma es un conjunto de estructuras en la zona de captación que permite explotar de forma adecuada y eficiente el agua disponible en las fuentes de agua superficial para beneficio del hombre. Una fuente de agua superficial se refiere a las fuentes de agua que no percolan hacia el subsuelo, sino que escurren sobre la superficie, como ríos, quebradas o arroyos. También se refiere a depósitos de agua como lagos, lagunas y embalses artificiales creados por el hombre con el fin de aprovechar adecuadamente dichas corrientes superficiales. (Comisión Nacional del Agua, 2015)

La captación del agua cruda para la potabilización y distribución del agua potable en el municipio de Granada se hace mediante dos bocatomas de fondo, las cuales captan el agua de la quebrada Minitas. Ambas bocatomas se utilizan para el abastecimiento de la PTAP, sin embargo, se usa principalmente la bocatoma más nueva que fue construida en el año 2007, la cual se encuentra a una altura mayor.

8.1.1. Fuente superficial de captación

La microcuenca Minitas-Vahitos abastece el acueducto municipal de Granada y se encuentra ubicada en el área rural, al noroccidente de la cabecera municipal, a una distancia de 6 km aproximadamente. La microcuenca se sitúa sobre la cordillera central donde el relieve forma cadenas montañosas que dan origen y sirven de cauce al sistema hídrico Municipal para luego converger a la cuenca del río San Matías.

La microcuenca Minitas-Vahitos comprende alturas que van desde 2000 m.s.n.m al sur hasta 2.450 m.s.n.m al noroeste del municipio. Presenta topografías desde onduladas hasta escarpadas con pendientes hasta del 70%. Tiene una precipitación que oscila entre 2000-4000 mm, cuenta con una distribución bimodal, en la cual el periodo de verano se da entre los meses de Noviembre-Marzo y Junio-Julio, y el periodo de invierno se da en los meses de Abril-Mayo y Agosto-October. En el municipio de Granada la microcuenca de la Quebrada Minitas es una de las más altas dentro del sistema montañoso. En la **Tabla 2** se presentan las características morfológicas de la microcuenca. (Empresa de Servicios Públicos de Granada, 2012).

Tabla 2. Características morfológicas de la microcuenca Minitas-Vahitos.

MORFOLOGÍA	
Área de la microcuenca (km ²)	3,8
Elevación media (m)	2325
Longitud de la corriente (km)	4,25
Perímetro (km)	8,69

Tomado de: Descripción del sistema de acueducto urbano del municipio de Granada



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

La quebrada Minitas tiene límites con El Peñol y es afluente del río San Matías (ver. **Fig 7**). Sus aguas son captadas por medio de diques sumergidos, que pasan el agua cruda hacia el desarenador y luego a la Planta de Tratamiento de Agua Potable. Esta quebrada abastece el 98% de la población del área urbana y el 2% restante de pequeños abastos cercanos a la zona urbana. (CORNARE, 2013).



Fig 7. Quebrada Minitas.

8.1.2. Concesión de la fuente de abastecimiento

En el año 2008 mediante la Resolución N°132-0079 del 5 de agosto fue otorgada la concesión por la Corporación Autónoma Regional Rionegro Nare (Cornare), para utilizar un caudal de 11,09 L/s de la quebrada Minitas, que abastece el acueducto municipal. Sin embargo, la concesión fue renovada por la Resolución N°112-0430 del 14 de marzo de 2018, otorgando así el permiso de utilizar **23,701 L/s** de agua cruda en la fuente superficial (ver. **Tabla 3**). La vigencia de esta concesión es de 10 años contados a partir de la fecha de la resolución.

Tabla 3. Caudal otorgado en el 2018 para captar el agua cruda.

USOS	Caudal (L/s)
Doméstico (Residencial)	22,415
Doméstico (Comercial)	0,527
Doméstico (Institucional)	0,759
TOTAL CAUDAL A OTORGAR	23,701

Tomado de: Resolución N°112-0430 del 14 de marzo de 2018.

8.1.3. Bocatoma 1

La bocatoma 1 fue la primera que se construyó para el Sistema de Acueducto del municipio de Granada, es una bocatoma de fondo, con una capacidad de captación de **47 L/s**. Se encuentra a una

altura menor que la bocatoma 2 y está ubicada al margen izquierdo de la carretera que conduce a la vereda Minitas y San Matías.

La captación cuenta con dos rejillas para la retención de material grueso, cada una con 28 varillas y espesor de 0,5 pulgadas (1,27 cm). El agua cruda captada es conducida hacia una cámara, donde están ubicadas dos tuberías, una de diámetro de 6'' que actúa como aliviadero y tiene su descarga aguas abajo de la quebrada y otra de diámetro de 10'' que transporta el agua cruda hacia el desarenador. Además, la bocatoma cuenta con un desagüe de diámetro de 30'' con su respectiva válvula, que cumple la función de descargar los sólidos depositados en el fondo hacia aguas abajo de la quebrada, esto permite realizar el mantenimiento y limpieza de la estructura (ver. **Fig 8**).

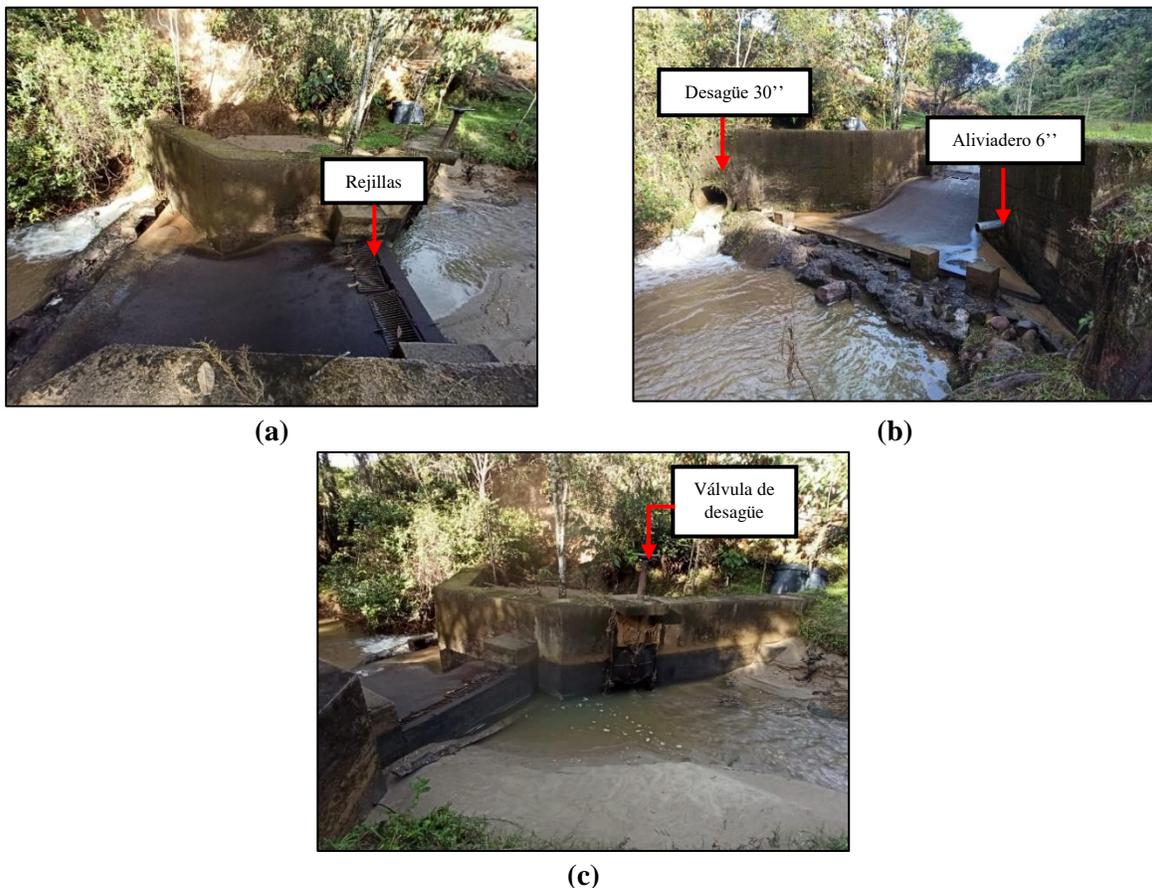


Fig 8. Bocatoma 1.

(a) Rejillas para retención de material grueso, (b) Desagüe y aliviadero, (c) Válvula de desagüe.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

8.1.4. Bocatoma 2

La bocatoma 2 es la estructura más actual del sistema de captación, fue construida en el año 2007 a unos 500 m aguas arriba de la bocatoma 1 garantizando así menos intervención humana y evitando posible contaminación de las aguas para el abastecimiento de la población.

Es una bocatoma de fondo, con capacidad de captación de **20 L/s**. Está compuesta por una rejilla de 0,7 m de largo y 0,25 m de ancho, con 17 barras de espesor de 3/8'' (0,9525 cm), espaciadas cada 3 cm. Cuenta con un muro central de 3 m de largo y 1,2 m de altura. Desde la rejilla se tiene un canal en concreto en el interior del muro, que se conecta a la caja de derivación. En esta caja se encuentra la tubería en PVC de diámetro de 6'' para conducir el agua cruda captada hasta empatar con la tubería que sale de la bocatoma 1 hacia el desarenador. Además, en la caja de derivación se cuenta con un vertedero triangular para medir el caudal captado. (Alcaldía de Granada, 2006)

La caja de derivación tiene una tubería de diámetro de 6'', que descarga a la quebrada aguas abajo y actúa como aliviadero para evacuar el caudal de excesos. La bocatoma cuenta con dos desagües para el mantenimiento y limpieza, uno con tubería de diámetro de 4'' y tapón roscado, y otro con una tubería de diámetro de 12'' y su respectiva válvula de apertura y cierre.



(a)



(b)



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021



(c)

Fig 9. Bocatoma 2.

(a) Caja de derivación y rejillas, (b) Caja de derivación en el interior, (c) Desagües de la bocatoma.

El vertedero triangular con ángulo de 90°, ubicado en la caja de derivación de la bocatoma 2 se encuentra calibrado y su ecuación se presenta a continuación.

$$Q = 0,0165 * H^{2,4159}$$

Donde: Q: Caudal (L/s), H: Altura de la lámina de agua (cm).

En la **Tabla 4**, se presenta la correspondencia del caudal a diferentes alturas de la lámina de agua para conocimiento del personal operativo en caso de necesitar medir el caudal captado en la bocatoma 2.

Tabla 4. Altura lámina de agua vs Caudal. Vertedero triangular de la bocatoma 2.

Altura (cm)	Caudal (L/s)						
0,1	0,000	5,2	0,886	10,4	4,726	15,6	12,588
0,2	0,000	5,4	0,970	10,6	4,949	15,8	12,981
0,4	0,002	5,6	1,059	10,8	5,178	16	13,382
0,6	0,005	5,8	1,153	11	5,412	16,2	13,790
0,8	0,010	6	1,251	11,2	5,653	16,4	14,204
1,0	0,017	6,2	1,355	11,4	5,900	16,6	14,627
1,2	0,026	6,4	1,463	11,6	6,153	16,8	15,056
1,4	0,037	6,6	1,576	11,8	6,413	17	15,493
1,6	0,051	6,8	1,693	12	6,678	17,2	15,937
1,8	0,068	7	1,816	12,2	6,951	17,4	16,388
2,0	0,088	7,2	1,944	12,4	7,229	17,6	16,847
2,2	0,111	7,4	2,077	12,6	7,514	17,8	17,313
2,4	0,137	7,6	2,215	12,8	7,805	18	17,787
2,6	0,166	7,8	2,359	13	8,103	18,2	18,268
2,8	0,199	8	2,508	13,2	8,408	18,4	18,757
3,0	0,235	8,2	2,662	13,4	8,719	18,6	19,253
3,2	0,274	8,4	2,821	13,6	9,037	18,8	19,757



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

3,4	0,317
3,6	0,364
3,8	0,415
4,0	0,470
4,2	0,529
4,4	0,592
4,6	0,659
4,8	0,730
5,0	0,806

8,6	2,986
8,8	3,157
9	3,333
9,2	3,515
9,4	3,702
9,6	3,895
9,8	4,094
10	4,299
10,2	4,510

13,8	9,361
14	9,692
14,2	10,030
14,4	10,375
14,6	10,726
14,8	11,085
15	11,450
15,2	11,822
15,4	12,202

19	20,269
19,2	20,788
19,4	21,315
19,6	21,850
19,8	22,392
20	22,943
20,2	23,501
20,4	24,067
20,6	24,641

8.1.5. Frecuencia de limpieza de la bocatoma

La frecuencia de mantenimiento de la bocatoma es de (1) mes aproximadamente. Sin embargo, se deben hacer inspecciones cada (8) días para evaluar su estado actual y verificar que las rejillas se encuentren libres de sólidos, que impidan la captación normal del agua cruda.

8.1.6. Operación y mantenimiento de la bocatoma

Ambas bocatomas deben estar en operación constantemente. La operación de la bocatoma consiste en hacer inspecciones periódicas para: evaluar su estado actual, programar mantenimientos y retirar sólidos y materiales flotantes que se encuentren obstruyendo las rejillas que captan el agua cruda. En caso de encontrar obstrucción en las rejillas el personal operativo debe:

- Retirar el material que se encuentre taponando las rejillas mediante un cepillo o rastrillo y así permitir el libre paso del agua.
- Diligenciar el **Formato 14**. Inspección de la bocatoma, desarenador y aducción.
- Reportar las actividades realizadas en el formato. En caso de no encontrar obstrucciones o novedades en la unidad, igualmente diligenciar el formato como evidencia de la inspección de la estructura.

El mantenimiento general de cada bocatoma se programa dependiendo de su estado actual verificado en las inspecciones semanales. Si en alguna inspección se decide programar un mantenimiento general a las estructuras, el personal operativo debe: (ver. **Fig 10**)

- Abrir las válvulas de desagüe en la bocatoma de interés un día previo al mantenimiento. Esto se debe realizar con el fin de facilitar la limpieza a la hora de ejecutar la actividad.
- Retirar materiales que estén obstruyendo el paso del agua, tales como hojas, ramas, troncos, trozos de madera, material flotante, etc.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Extraer la arena y los lodos que se depositen antes de la estructura de captación y en las laderas, para evitar que con la colmatación de la unidad aumente la cantidad de sólidos y arenas arrastrados hacia el desarenador convencional dispuesto aguas abajo.
- Limpiar las zonas de acceso peatonal de la vegetación y maleza existente. Realizar la poda de las zonas verdes aledañas a la bocatoma, de esta manera se evita que este tipo de material obstruya las rejillas.
- Cerrar las válvulas de desagüe.
- Diligenciar el **Formato 15**. Mantenimientos generales en la PTAP, al finalizar la jornada. Especificar las actividades realizadas y las novedades observadas durante el mantenimiento.



(a)



(b)

Fig 10. Mantenimiento de las bocatomas.

(a) Extracción de arenas en la bocatoma 1. (b) Extracción de arenas en la bocatoma 2.

8.2. Desarenador

El sistema de pretratamiento es una estructura auxiliar que debe preceder a cualquier sistema de tratamiento. Esta estructura tiene los objetivos de reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que traen consigo las aguas. La mayoría de las fuentes superficiales de agua tienen un elevado contenido de materia en estado de suspensión, siendo necesaria su remoción previa mediante estructuras como el desarenador. Un desarenador tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar que se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm. (Organización Panamericana de la Salud, 2005).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

El pretratamiento del agua potable en Granada se realiza mediante un desarenador con dimensiones aproximadas de: ancho 2,2 m, largo 9,2 m y altura 3,2 m en la tolva y 2,6 m en los extremos (medidas tomadas in situ). El desarenador cuenta con una tubería de desagüe de lodos en el fondo con diámetro de 12'', la cual tiene su respectiva válvula de apertura y cierre, además, tiene una caja en concreto antes de la estructura, que recibe las aguas captadas de ambas bocatomas y desvía un porcentaje del caudal hacia otro desarenador, el cual abastece algunas viviendas de la vereda La María, siendo independiente del sistema de acueducto del municipio. (ver. **Fig 11**)

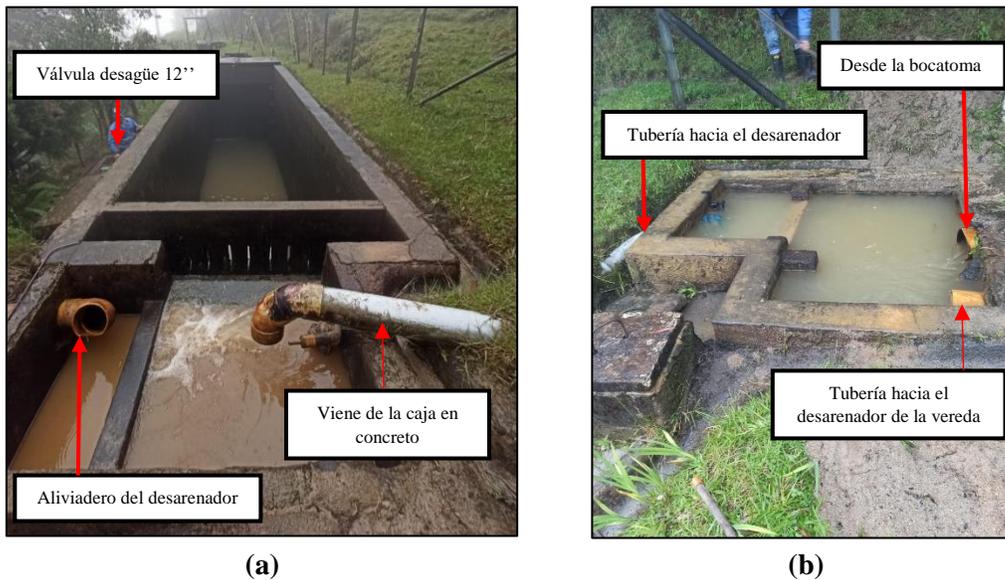


Fig 11. Desarenador

(a) Desarenador, (b) Caja en concreto antes del desarenador.

8.2.1. Frecuencia de mantenimiento y limpieza del desarenador

La frecuencia de mantenimiento en el desarenador es de (1) vez cada mes aproximadamente. Sin embargo, es necesario que el personal operativo realice (1) inspección semanal a la estructura con el fin de evidenciar novedades en la unidad que puedan afectar el libre flujo del agua cruda hacia la planta de tratamiento, además, en las inspecciones se identifica la necesidad de realizar un mantenimiento general en el desarenador.

8.2.2. Operación y mantenimiento del desarenador

La operación debe ser entendida como una acción o conjunto de acciones, destinadas a lograr que cada componente del sistema cumpla con la función para la cual fue creada, de acuerdo con las normas, especificaciones y rendimientos previamente establecidos. En la operación del



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

desarenador es necesario que el personal operativo realice inspecciones semanales a la unidad para realizar las siguientes actividades:

- Retirar material flotante en la unidad, tales como palos, ramas, hojas y papeles.
- Comprobar las condiciones de funcionamiento de las válvulas existentes en el desarenador, como válvulas de cierre, bypass, etc.
- Revisar que no haya acceso de animales en el desarenador. Verificar que la cerca se encuentre en buenas condiciones.
- Comprobar la producción de burbujas en la superficie del agua. Esta situación está dada por la posible fermentación de lodos y, por lo tanto, indica que debe programarse un mantenimiento de la unidad para evacuar los lodos depositados.
- Verificar el paso de agua constante hacia la unidad de tratamiento. Inspeccionar la zona de entrada del desarenador y chequear que no se encuentre material obstruyendo el paso del agua. En caso de observar una alta cantidad de material, retirar el que sea posible y programar un mantenimiento a la unidad.
- Al finalizar la revisión de la unidad de tratamiento, diligenciar el **Formato 14**. Inspección de bocatoma, aducción y desarenador, y reportar las observaciones encontradas y actividades realizadas.

En caso de programar un mantenimiento completo a la unidad de tratamiento, el personal operativo debe realizar las siguientes actividades: (ver. **Fig 12**)

- Cerrar la válvula de entrada al desarenador y abrir la válvula de bypass. Esto permite la continuidad en la entrada de agua cruda a la PTAP y facilita el mantenimiento y limpieza de la unidad de tratamiento.
- Abrir la válvula de desagüe de lodos del desarenador.
- Cuando el desarenador evacúe la mayor cantidad de agua y lodos, ingresar a la unidad de tratamiento para arrastrar los sedimentos sobrantes hacia la tolva mediante un cepillo.
- Limpiar el fondo y las paredes del desarenador mediante un cepillo. Remover moho y material adherido a la unidad de tratamiento.
- Retirar la arena y grava depositada en la zona de entrada del desarenador mediante una pala. Limpiar hasta que las ranuras de la zona de entrada queden libres de material, sin obstrucciones.
- Retirar material depositado de la caja en concreto ubicada antes del desarenador mediante una pala. Limpiar con un cepillo las paredes y el fondo.
- Extraer musgo o vegetación adherido a la estructura, tanto en la parte interna como en los alrededores.
- Al finalizar, cerrar la válvula de desagüe de lodos.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Abrir la válvula de entrada al desarenador y cerrar la válvula de bypass para normalizar el tratamiento.
- Diligenciar el **Formato 15**. Mantenimientos generales en la PTAP.



(a)



(b)



(c)

Fig 12. Mantenimiento del desarenador

(a) Limpieza del fondo y las paredes, (b) Extracción de material en la zona de entrada, (c) Extracción de material en la caja de concreto.

En el desarenador también debe hacerse mantenimiento estructural y mecánico de los elementos que lo conforman al menos una vez cada seis meses. Elementos como válvulas, tuberías, aliviaderos, etc.

8.3. Aducción y conducción

Se define como línea de aducción en un sistema de acueducto al conducto que transporta el agua de la bocatoma, desde la cámara de derivación, hasta el desarenador. La conducción es el componente del sistema de abastecimiento de agua a través del cual se transporta ésta desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, al tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

El sistema de acueducto del municipio de Granada cuenta con una red de aducción con una longitud total de 892 m. A partir de la bocatoma 2 se tiene una tubería en PVC de diámetro de 6'' y longitud de 800 m que conduce el agua cruda desde la caja de derivación hasta el empalme de la tubería de aducción de la bocatoma 1. En la bocatoma 1 se encuentra una tubería en PVC de diámetro de 10'' con 92 m de longitud, que se encarga de conducir las aguas captadas de ambas bocatomas hacia el sistema de desarenado. (Empresa de Servicios Públicos de Granada, 2012)



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

La conducción es de tipo cerrada y está compuesta por un tramo de tubería en PVC con longitud total de 2.112 m y diámetros de 8'' y 6'', que se encarga de transportar el agua desde el desarenador hacia la planta de tratamiento de agua potable. La tubería con diámetro de 8'' tiene una longitud de 1.463 m y la de diámetro de 6'' de 649 m. El sistema de conducción está compuesto de válvulas de purga y ventosas en su recorrido que permiten la operación y mantenimiento de las mismas. (Empresa de Servicios Públicos de Granada, 2012).

8.3.1. Operación y mantenimiento

Las estructuras que forman parte de la obra de aducción o conducción deben tener programas de mantenimiento correctivo y preventivo. Las labores de mantenimiento por lo general son de tipo correctivo, pero se recomiendan también los mantenimientos preventivos para evitar daños que puedan afectar el transporte del agua cruda hacia la planta de tratamiento. El mantenimiento preventivo se recomienda mediante **inspecciones semanales** en la línea de aducción y conducción con el objeto de detectar puntos de riesgo como deslizamientos, hundimientos, grietas en las tuberías, etc. La inspección se debe realizar mediante un recorrido desde cada bocatoma hasta la entrega del agua en la planta de tratamiento. A continuación, se presentan las actividades que debe realizar el personal operativo en las inspecciones al sistema de aducción y conducción relacionadas con la operación y mantenimiento de las estructuras.

- Verificar que el caudal derivado de las bocatomas hacia la aducción esté llegando a la planta de tratamiento de agua potable y que además sea suficiente para el tratamiento y abastecimiento.
- Revisar y accionar válvulas de purga. Abrir válvulas de purga hasta que el agua esté libre de material sedimentado.
- Comprobar que las ventosas se encuentren funcionando correctamente. Abrir las válvulas ventosas para expulsar el aire que se encuentra en la tubería, lo cual se logra presionando hacia abajo las bolas que sellan el orificio de salida y entrada de aire, este desplazamiento ocasionará la salida de un pequeño chorro de agua, que se interrumpirá tan pronto se deje de empujar la bola hacia abajo.
- Inspeccionar las cámaras de quiebre de presión.
- Verificar que las tuberías que conforman la red de aducción y conducción se encuentren en condiciones óptimas. Identificar posibles grietas, corrosión, fugas, deterioro de la estructura, etc.
- En caso de evidenciar alguna novedad en las tuberías, válvulas de purga, ventosas, cámaras de quiebre de presión o cualquier estructura que conforma la aducción y conducción, se debe informar al personal encargado y corregir de forma inmediata el daño presentado.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Para realizar un mantenimiento correctivo, se deben accionar las válvulas de cierre del tramo que presente dificultad y abrir las válvulas de purga respectiva hasta que el tramo se encuentre libre de agua. Al terminar, cerrar las válvulas de purga y verificar que las ventosas se encuentren cerradas.
- Retirar maleza o material que no esté permitiendo la inspección y observación de la aducción y conducción.
- Diligenciar el **Formato 14**. Inspección de la bocatoma, desarenador y aducción. Anotar las observaciones del recorrido, daños encontrados, reparaciones o cualquier otra novedad en las líneas de aducción y conducción.

8.4. Cámara de quietamiento y sistema de aireación

En conducciones que transportan el agua cruda superficial hacia una planta de tratamiento, el agua suele llegar con una energía muy elevada, de manera que puede dificultar el tratamiento del agua potable y entorpecer la lectura del caudal de llegada si se usan vertederos o canaleta Parshall como aforadores. Para disipar esta energía, se diseñan y construyen cámaras de quietamiento, las cuales son estructuras que mejoran las condiciones hidráulicas. La función principal de la cámara de quietamiento es reducir o disipar la velocidad de flujo de entrada del agua y permitir el aforo de caudal afluyente. Son estructuras simples de sección circular o cuadrada donde el agua ingresa por la parte inferior y sale a un canal de aforos por la parte superior. (Universidad Católica de Colombia, 2018).

Por otro lado, la aireación es un proceso de tratamiento en el que el agua entra en contacto con el aire con el propósito primordial de incrementar su contenido de oxígeno. Al tener un mayor contenido de oxígeno se eliminan las sustancias volátiles como el sulfuro de hidrógeno y el metano que afectan el sabor y el olor, se reduce el contenido de dióxido de carbono del agua y se oxidan los minerales disueltos, como el hierro y el manganeso, para que formen precipitados, que se pueden retirar por sedimentación y filtración. (Organización Mundial de la Salud , 2009)

La PTAP del municipio de Granada cuenta con una cámara de quietamiento que recibe el agua cruda captada, la cual tiene las siguientes dimensiones: ancho 1,07 m, largo 1,07 m y altura de 1,8 m (medidas tomadas in situ). Previo a la cámara de quietamiento está ubicada la válvula que controla la entrada de agua a la planta de tratamiento (\varnothing 6'') y la válvula bypass que permite desviar el agua impidiendo su entrada a la PTAP (\varnothing 4''). La cámara de quietamiento tiene una válvula de desagüe en el fondo de la estructura, con diámetro de 2'', la cual facilita la evacuación total del agua y sedimentos en la actividad de mantenimiento. (ver. **Fig 13**)

El agua cruda ingresa por la parte inferior de la cámara de quietamiento y sale por la parte superior hacia el sistema de aireación, compuesto por 5 gradas en total. La PTAP cuenta con un aireador en cascada, en el cual el agua se deja caer en láminas o capas delgadas sobre (5) escalones en concreto,

que permiten la aireación en las áreas de salpicamiento o turbulencia (ver. **Fig 13**). El agua posteriormente pasa por una placa perforada que disipa la velocidad de entrada y distribuye el caudal de manera uniforme hacia el canal de aproximación. Antes de la placa perforada se encuentra ubicado un desagüe con tapón que permite el mantenimiento del sistema de aireación.



Fig 13. Cámara de quietamiento y sistema de aireación

(a) Cámara de quietamiento, (b) Aireación.

8.4.1. Frecuencia de limpieza o mantenimiento

La frecuencia de limpieza en la cámara de quietamiento y el sistema de aireación es de mínimo **(1)** vez al mes aproximadamente, esta frecuencia varía con las necesidades identificadas por los operarios de la PTAP. Por lo tanto, el personal operativo debe inspeccionar las estructuras de manera constante para programar el mantenimiento de las mismas.

8.4.2. Operación y mantenimiento

Para la operación y mantenimiento de la cámara de quietamiento y del sistema de aireación es necesario programar jornadas de limpieza a las unidades de tratamiento. Tener en cuenta que el mantenimiento se debe realizar en los días de verano, donde la turbiedad de entrada a la PTAP sea menor a 2 UNT aproximadamente, esto debido a que el agua captada se conduce por el bypass hacia el tanque de cloración durante toda la jornada de limpieza para no desabastecer a la comunidad del municipio en ese lapso de tiempo. Las actividades que debe realizar el personal operativo para llevar a cabo la actividad de mantenimiento de estas estructuras son las siguientes: (ver. **Fig 14**)

- Cerrar la válvula 4 de salida del bypass hacia la fuente receptora.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Abrir la válvula 5 de entrada del bypass al tanque de cloración.
- Abrir la válvula 2 de bypass del agua afluente de la PTAP.
- Cerrar la válvula 1 de entrada del agua a la planta de tratamiento.
- Extraer el material (moho, manchas negras, etc), que esté adherido las paredes y el fondo de la cámara de quietamiento y del sistema de aireación mediante una hidrolavadora.
- Abrir la válvula 3 de desagüe de la cámara de quietamiento. Esperar a que la estructura se encuentre libre de agua en su interior, para finalizar retirar el material sedimentado y adherido en el fondo de la unidad.
- Retirar el tapón de desagüe del sistema de aireación, ubicado previo a la placa perforada. Esperar a que se encuentre libre de agua y extraer el material sedimentado en el fondo de la estructura mediante una pala.
- Al finalizar el mantenimiento total de las estructuras, cerrar las válvulas del bypass y abrir la válvula de entrada a la PTAP para normalizar el tratamiento. Además, introducir el tapón en el sistema de aireación.
- Diligenciar el **Formato 15**. Mantenimientos generales de la PTAP. Señalar que se realizó el mantenimiento en la zona de entrada de la PTAP y las observaciones generales de la actividad realizada.



(a)



(b)

Fig 14. Mantenimiento de la cámara de quietamiento y del sistema de aireación.

(a) Cámara de quietamiento, (b) Sistema de aireación.

8.5. Canal de aproximación y aforo

El canal de aproximación es una estructura que permite tener condiciones de uniformidad de flujo que sean favorables para la medición del caudal del ingreso a la PTAP. Además, en este canal se acumulan sedimentos como arenas que no logran removerse en el desarenador y que pueden entorpecer el tratamiento posterior.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Por otro lado, el vertedero es un dique o pared que presenta una escotadura de forma regular, a través de la cual fluye una corriente líquida. El vertedero intercepta la corriente, causando una elevación del nivel aguas arriba, y se emplea para controlar niveles (vertederos de rebose) y/o para medir caudales (vertederos de medida). Según su geometría pueden ser rectangulares, triangulares, trapezoidales, etc, y cada uno cuenta con su respectiva fórmula para hallar el caudal dependiendo de la altura de la lámina aguas arriba. (Marbello Pérez, 2005).

La PTAP del municipio de Granada cuenta con un canal de aproximación de largo 2,7 m, ancho 0,58 m y altura total de 1,1 m (medidas tomadas in situ), el cual tiene un desagüe en forma de tapón para su mantenimiento. (ver. **Fig 16**)

Además, al finalizar el canal de aproximación se encuentra ubicado un vertedero rectangular con dos contracciones laterales, que cuenta con las dimensiones presentadas en la **Fig 15**. El vertedero rectangular se utiliza en la PTAP para la medición o aforo de caudal de ingreso, mediante una reglilla ubicada aguas arriba de la estructura (ver. **Fig 16**). En la planta de tratamiento, se aprovecha el resalto hidráulico generado aguas abajo del vertedero para la dosificación del coagulante.

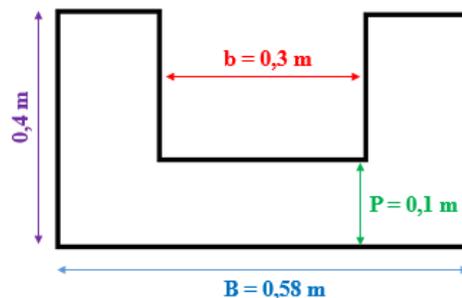


Fig 15. Dimensiones del vertedero rectangular.



(a)



(b)



(c)

Fig 16. Canal de aproximación y vertedero rectangular.

(a) Canal de aproximación, (b) Vertedero rectangular, (c) Reglilla de medición de altura.



8.5.1. Estimación del caudal de ingreso a la PTAP

Para estimar el caudal de ingreso a la PTAP se hace uso de la fórmula presentada en el Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica (Marbello Pérez, 2005) para vertederos rectangulares con dos contracciones laterales, la cual se presenta a continuación.

$$Q = \frac{2}{3} * C_d * b * \sqrt{2g} * h^{1.5}$$

Donde:

Q: Caudal afluyente (m³/s).

b: Longitud de la cresta del vertedero (m).

g: Aceleración de la gravedad (9.8 m/s²).

h: Carga del vertedero. Es el desnivel entre la superficie libre de aguas arriba y la cresta del vertedero (m).

C_d: Coeficiente de descarga (adimensional).

El coeficiente de descarga (C_d) sirve para corregir el error de despreciar las pérdidas de carga del flujo, y tiene en cuenta, también, el efecto de la contracción de las líneas de corriente en la proximidad del vertedero y de la lámina vertiente sobre la cresta del mismo. Además, C_d es adimensional, menor que 1, y es función de la viscosidad y tensión superficial del líquido, de la rugosidad de las paredes del vertedero, del canal de acceso y de la forma geométrica de la escotadura del vertedero (Marbello Pérez, 2005). Para encontrar el coeficiente de descarga se puede hacer uso de la siguiente ecuación propuesta por Braschmann.

$$C_d = 0.5757 + 0.0579 \frac{b}{B} + \frac{0.000795}{h}$$

Donde:

B: Ancho del canal de acceso.

Para entender mejor las variables de las ecuaciones presentadas anteriormente, en la **Fig 17** se presenta el esquema del vertedero rectangular con contracciones laterales.

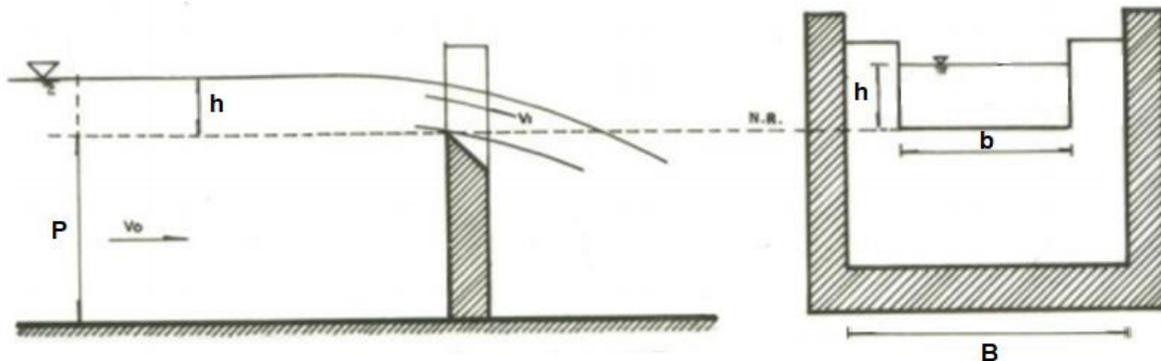


Fig 17. Esquema del vertedero rectangular con contracciones laterales.

Tomado del Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica (Marbello, Pérez).

Por ejemplo, si se desea medir el caudal de ingreso a la PTAP, se deben seguir los siguientes pasos:

- Medir la altura de la lámina de agua haciendo uso de la reglilla ubicada aguas arriba del vertedero (carga sobre el vertedero). Así, suponiendo una altura de 12 cm (0.12 m), se reemplaza en la ecuación del coeficiente de descarga, teniendo en cuenta las dimensiones del vertedero rectangular (ver. **Fig 17**)

$B = 0.58 \text{ m}$, $b = 0.3 \text{ m}$, $h = 0.12 \text{ m}$

$$C_d = 0.5757 + 0.0579 \frac{0.3 \text{ m}}{0.58 \text{ m}} + \frac{0.000795}{0.12 \text{ m}}$$

$$C_d = 0.61$$

- Reemplazar el coeficiente de descarga en la ecuación del caudal.

$$Q = \frac{2}{3} * 0.61 * 0.3 * \sqrt{2 * 9.8 * 0.12^{1.5}}$$

$$Q = 0.0207 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 20.7 \text{ L/s}$$

A continuación, en la **Tabla 5** se presentan los resultados de las estimaciones del caudal a diferentes alturas de la lámina de agua.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Tabla 5. Resultados de caudal a diferentes alturas de la lámina de agua.

RELACIÓN CAUDAL-ALTURA VERTEDERO RECTANGULAR				RELACIÓN CAUDAL-ALTURA VERTEDERO RECTANGULAR				RELACIÓN CAUDAL-ALTURA VERTEDERO RECTANGULAR			
Altura (cm)	Altura (m)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (L/s)	Altura (cm)	Altura (m)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (L/s)	Altura (cm)	Altura (m)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (L/s)
1,00	0,010	0,001	0,60	6,10	0,061	0,008	7,92	11,20	0,112	0,019	18,82
1,10	0,011	0,001	0,69	6,20	0,062	0,008	8,10	11,30	0,113	0,019	19,05
1,20	0,012	0,001	0,78	6,30	0,063	0,008	8,29	11,40	0,114	0,019	19,29
1,30	0,013	0,001	0,87	6,40	0,064	0,008	8,48	11,50	0,115	0,020	19,53
1,40	0,014	0,001	0,96	6,50	0,065	0,009	8,67	11,60	0,116	0,020	19,77
1,50	0,015	0,001	1,06	6,60	0,066	0,009	8,87	11,70	0,117	0,020	20,01
1,60	0,016	0,001	1,16	6,70	0,067	0,009	9,06	11,80	0,118	0,020	20,25
1,70	0,017	0,001	1,27	6,80	0,068	0,009	9,25	11,90	0,119	0,020	20,49
1,80	0,018	0,001	1,37	6,90	0,069	0,009	9,45	12,00	0,120	0,021	20,73
1,90	0,019	0,001	1,48	7,00	0,070	0,010	9,65	12,10	0,121	0,021	20,98
2,00	0,020	0,002	1,59	7,10	0,071	0,010	9,84	12,20	0,122	0,021	21,22
2,10	0,021	0,002	1,71	7,20	0,072	0,010	10,04	12,30	0,123	0,021	21,46
2,20	0,022	0,002	1,83	7,30	0,073	0,010	10,24	12,40	0,124	0,022	21,71
2,30	0,023	0,002	1,95	7,40	0,074	0,010	10,44	12,50	0,125	0,022	21,95
2,40	0,024	0,002	2,07	7,50	0,075	0,011	10,65	12,60	0,126	0,022	22,20
2,50	0,025	0,002	2,19	7,60	0,076	0,011	10,85	12,70	0,127	0,022	22,45
2,60	0,026	0,002	2,32	7,70	0,077	0,011	11,06	12,80	0,128	0,023	22,69
2,70	0,027	0,002	2,45	7,80	0,078	0,011	11,26	12,90	0,129	0,023	22,94
2,80	0,028	0,003	2,58	7,90	0,079	0,011	11,47	13,00	0,130	0,023	23,19
2,90	0,029	0,003	2,71	8,00	0,080	0,012	11,68	13,10	0,131	0,023	23,44
3,00	0,030	0,003	2,85	8,10	0,081	0,012	11,88	13,20	0,132	0,024	23,69
3,10	0,031	0,003	2,99	8,20	0,082	0,012	12,09	13,30	0,133	0,024	23,94
3,20	0,032	0,003	3,13	8,30	0,083	0,012	12,31	13,40	0,134	0,024	24,19
3,30	0,033	0,003	3,27	8,40	0,084	0,013	12,52	13,50	0,135	0,024	24,44
3,40	0,034	0,003	3,41	8,50	0,085	0,013	12,73	13,60	0,136	0,025	24,69
3,50	0,035	0,004	3,56	8,60	0,086	0,013	12,94	13,70	0,137	0,025	24,95
3,60	0,036	0,004	3,71	8,70	0,087	0,013	13,16	13,80	0,138	0,025	25,20
3,70	0,037	0,004	3,85	8,80	0,088	0,013	13,37	13,90	0,139	0,025	25,45
3,80	0,038	0,004	4,01	8,90	0,089	0,014	13,59	14,00	0,140	0,026	25,71
3,90	0,039	0,004	4,16	9,00	0,090	0,014	13,81	14,10	0,141	0,026	25,96
4,00	0,040	0,004	4,31	9,10	0,091	0,014	14,03	14,20	0,142	0,026	26,22
4,10	0,041	0,004	4,47	9,20	0,092	0,014	14,25	14,30	0,143	0,026	26,48
4,20	0,042	0,005	4,63	9,30	0,093	0,014	14,47	14,40	0,144	0,027	26,73
4,30	0,043	0,005	4,79	9,40	0,094	0,015	14,69	14,50	0,145	0,027	26,99
4,40	0,044	0,005	4,95	9,50	0,095	0,015	14,91	14,60	0,146	0,027	27,25
4,50	0,045	0,005	5,11	9,60	0,096	0,015	15,13	14,70	0,147	0,028	27,51
4,60	0,046	0,005	5,27	9,70	0,097	0,015	15,36	14,80	0,148	0,028	27,76
4,70	0,047	0,005	5,44	9,80	0,098	0,016	15,58	14,90	0,149	0,028	28,02
4,80	0,048	0,006	5,61	9,90	0,099	0,016	15,81	15,00	0,150	0,028	28,28



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

4,90	0,049	0,006	5,78	10,00	0,100	0,016	16,04	15,10	0,151	0,029	28,54
5,00	0,050	0,006	5,95	10,10	0,101	0,016	16,26	15,20	0,152	0,029	28,81
5,10	0,051	0,006	6,12	10,20	0,102	0,016	16,49	15,30	0,153	0,029	29,07
5,20	0,052	0,006	6,29	10,30	0,103	0,017	16,72	15,40	0,154	0,029	29,33
5,30	0,053	0,006	6,47	10,40	0,104	0,017	16,95	15,50	0,155	0,030	29,59
5,40	0,054	0,007	6,64	10,50	0,105	0,017	17,18	15,60	0,156	0,030	29,85
5,50	0,055	0,007	6,82	10,60	0,106	0,017	17,41	15,70	0,157	0,030	30,12
5,60	0,056	0,007	7,00	10,70	0,107	0,018	17,64	15,80	0,158	0,030	30,38
5,70	0,057	0,007	7,18	10,80	0,108	0,018	17,88	15,90	0,159	0,031	30,65
5,80	0,058	0,007	7,36	10,90	0,109	0,018	18,11	16,00	0,160	0,031	30,91
5,90	0,059	0,008	7,55	11,00	0,110	0,018	18,35	16,10	0,161	0,031	31,18
6,00	0,060	0,008	7,73	11,10	0,111	0,019	18,58	16,20	0,162	0,031	31,44

8.5.2. Frecuencia de limpieza del canal y el vertedero

En el canal de aproximación y antes del vertedero rectangular se acumulan sedimentos que deben extraerse de la unidad de tratamiento. Por esto es necesario que el personal operativo programe limpiezas y mantenimientos con una frecuencia de mínimo **(1) vez al mes**. Este mantenimiento depende de las condiciones climáticas, ya que para extraer el material sedimentado es necesario utilizar el bypass hacia el tanque de cloración. Se recomienda realizar este mantenimiento en conjunto con el de la cámara de aquietamiento y del sistema de aireación.

8.5.3. Operación y mantenimiento del canal y el vertedero

La operación en el canal de aproximación consiste en tomar muestras de agua cruda cada hora con el fin de medir diferentes parámetros como pH, turbiedad, temperatura y color. Además, en la operación del vertedero rectangular el personal operativo debe medir la altura de la lámina de agua cada hora mediante la reglilla ubicada aguas arriba de la estructura y buscar la correspondencia del caudal en la **Tabla 5**. Al finalizar la medición de parámetros de agua cruda cada hora (caudal, pH, turbiedad, temperatura y color), el personal operativo debe diligenciar el **Formato 1**. Datos del agua cruda-Ingreso a la planta de tratamiento.

Además, dependiendo del caudal de ingreso cada hora, el personal operativo debe graduar la válvula de entrada a la PTAP (válvula 1), teniendo en cuenta el caudal que demande en el momento la planta de tratamiento y el sistema de abastecimiento del municipio.

En caso de programar un mantenimiento de estas unidades de tratamiento, el personal operativo debe realizar las siguientes actividades. (ver. **Fig 18**)

- Abrir las válvulas de bypass hacia el tanque de cloración (válvulas 2 y 5).
- Cerrar la válvula de entrada a la planta de tratamiento (válvula 1).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Extraer el tapón de desagüe ubicado en el canal de aproximación.
- En caso de que el desagüe no logre evacuar por completo el agua del canal de aproximación, se debe hacer uso de un balde para vaciar la estructura. Esto ocurre en ocasiones, cuando se da obstrucción del desagüe por una cantidad elevada de sedimentos en el fondo del canal, para este inconveniente también es recomendable usar una tubería delgada que ayude a destaponar el orificio de desagüe.
- Extraer el material sedimentado mediante una pala y depositarlo en baldes para llevarlo posteriormente a las zonas verdes de la PTAP.
- Remover material adherido a las paredes y el fondo del canal de aproximación. Igualmente, se debe remover el material adherido en las paredes del vertedero rectangular.
- Instalar el tapón de desagüe del canal de aproximación.
- Al finalizar el mantenimiento, cerrar las válvulas de bypass y abrir la válvula de entrada a la PTAP para normalizar el tratamiento.
- Diligenciar el **Formato 15**. Mantenimientos generales de la PTAP.



(a)



(b)

Fig 18. Mantenimiento del canal de aproximación y vertedero.

(a) Extracción de material en el canal, (b) Limpieza de material adherido en paredes y fondo.

8.6. Coagulación o mezcla rápida

La coagulación se entiende como un proceso de desestabilización de las partículas coloidales presentes en el agua. Busca anular las cargas eléctricas mediante la adición de un coagulante químico o coagulantes con el propósito de acondicionar los sólidos en suspensión, coloidales y disueltos para su posterior procesamiento por floculación o para crear las condiciones que permitan su remoción. En la coagulación se busca una mezcla rápida, donde el agua es sometida a una agitación muy fuerte, para generar así una solución homogénea del coagulante y el agua en poco



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

tiempo. La coagulación comienza en el mismo instante en que se agregan los coagulantes al agua y dura solamente fracciones de segundo. Básicamente consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma. (Howe, Hand, Crittenden, Trusell, & Tchobanoglous, 2012)

El proceso de la coagulación se usa también para:

- Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.
- Remoción de color verdadero y aparente.
- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos en otros. (Arboleda Valencia, 1992)

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Granada cuenta con un proceso de coagulación, el cual se realiza a la salida del vertedero rectangular, donde se genera la mayor turbulencia del agua buscando que el coagulante, el agua y las sustancias que la conforman se mezclen completa y rápidamente. Para el proceso, se utiliza **oxifloc** como coagulante y la dosificación se realiza mediante un sistema de bombeo que se encarga de transportar el oxifloc desde un tanque ubicado en la caseta de operación hacia la mezcla rápida del vertedero rectangular. El sistema de bombeo permite la dosificación del coagulante en mL/min, dependiendo del valor aproximado proporcionado mediante el ensayo de jarras. (ver. **Fig 19**)



(a)



(b)

Fig 19. Proceso de coagulación.

(a) Dosificación del oxifloc, (b) Tanque y bomba dosificadora.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

8.6.1. Tipo de coagulante

Para el proceso de coagulación se utiliza en la PTAP un producto químico proporcionado por la empresa Oxiquímica llamado **oxifloc**. El oxifloc es un coagulante líquido de color amarillo claro, es el resultado de una mezcla de sales pre hidrolizadas a base de policloruro de aluminio (PAC). Su fórmula es $(Al(OH)_m Cl_{3-m})_n$ y tiene una densidad de $1.23 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

El oxifloc tiene ventajas definidas comparado con otros coagulantes:

- Disminuye el empleo de correctores de pH, tales como soda cáustica, cal y otros, ya que el pH del agua se altera mínimamente.
- Se reduce la generación de lodos, ya que al ser un producto 100% soluble no agrega más sólidos al agua, como sí lo hacen otros coagulantes inorgánicos.
- Forma un floc más pesado y consistente, lo que acelera el proceso de sedimentación favoreciendo la clarificación del agua a tratar
- Las dosis son menores que las de sulfato de aluminio, por lo tanto, la producción de lodos es menor. (Oxiquímica, s.f.)

El oxifloc se entrega preparado a la planta de tratamiento, por lo tanto, no es necesario que el personal operativo realice la preparación del producto para dosificarlo. Es responsabilidad de la E.S.P gestionar la entrega del producto químico de manera continua y es deber del personal operativo informar de la existencia del coagulante, ya que es indispensable para la correcta operación de la planta de tratamiento.

El oxifloc se almacena en un tanque con su respectivo sistema de bombeo, por lo cual el personal operativo debe abastecer el tanque con el producto químico de manera continua para que la dosificación se lleve a cabo óptimamente. Además, el tanque se encuentra ubicado sobre una balanza que permite al operador registrar el gasto de oxifloc (kg) al finalizar la jornada laboral.

8.6.2. Operación y mantenimiento en la mezcla rápida o coagulación

Para garantizar la eficiencia del proceso de coagulación, debe vigilarse la correcta operación de los procesos de dosificación y mezcla rápida.

Durante la dosificación debe controlarse la aplicación del coagulante, distribuyéndolo de manera uniforme en toda la masa de agua, con el fin de que la mezcla se realice en forma completa. Para esto, el coagulante tiene que ser aplicado en una zona de gran turbulencia. A esta zona se le denomina mezcla rápida, la cual se presenta en la caída del agua cruda después del vertedero rectangular. El personal operativo debe vigilar y graduar la zona de caída del coagulante, verificando que se dé correctamente la mezcla rápida.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

La operación del proceso de coagulación, consiste en la determinación de la dosis óptima de coagulante mediante el ensayo de test de jarras. Además, el personal operativo debe tener en cuenta las siguientes condiciones para la operación:

- Verificar que la solución de coagulante (oxifloc) esté aplicándose uniformemente en el punto de máxima turbulencia.
- Evitar que se produzcan grandes turbulencias, caídas y restricciones luego del punto de aplicación de la sustancia química.
- Tener en cuenta que la concentración de iones hidrógeno del agua y el coagulante es de fundamental importancia en la formación del flóculo, por tanto, debe medirse el pH antes de la coagulación.
- Vigilar cambios en los parámetros fisicoquímicos de entrada como la turbiedad. Esto indica que debe hacerse el test de jarras para un cambio en el valor de dosificación del coagulante.
- Observar durante la jornada de trabajo que la bomba de dosificación de coagulante esté funcionando de forma correcta y que, además, el valor de dosificación (mL/min) sea el óptimo.

8.6.3. Ensayo de jarras

El test de jarras es el principal ensayo que se realiza en una planta de tratamiento, es de suma importancia para determinar la dosis de coagulante que produzca el más rápido aglutinamiento de partículas finamente divididas y coloidales presentes en el agua, haciendo que se forme un coagulo pesado que decante fácilmente en los sedimentadores y un floc compactado que no se rompa en el proceso de filtración.

El equipo para el ensayo de jarras consta básicamente de un agitador múltiple, de velocidad variable, que pueda crear turbulencias simultáneamente en seis vasos de precipitado (ver. **Fig 20**) Con esta prueba se pretende reproducir las condiciones en las cuales se producen los procesos de coagulación-floculación-sedimentación en la planta de tratamiento. Con los resultados obtenidos, se puede fijar la descarga de los dosificadores de la planta, para conseguir el máximo rendimiento en los procesos con la mínima cantidad de coagulante.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021



Fig 20. Test de jarras.

El personal operativo debe realizar el test de jarras como mínimo **(1)** vez al iniciar la jornada laboral. Debe estar atento durante la jornada a cambios drásticos en los valores de turbiedad o color a la entrada de la PTAP. En caso de evidenciar una variación significativa en los parámetros de control debe realizar de nuevo el test de jarras las veces que sea necesario para garantizar la dosificación óptima de coagulante y por lo tanto un proceso eficiente en la planta de tratamiento. A continuación, se describe el procedimiento rutinario a seguir por el personal operativo para determinar la dosis óptima de coagulante: (ver. **Fig 21**).

- Preparación de la solución madre: Debido a que el test de jarras es un ensayo a pequeña escala (volúmenes bajos de agua cruda), es necesario diluir el coagulante (oxifloc) para obtener una concentración menor. Antes de iniciar el test de jarras se prepara la solución madre de coagulante, teniendo en cuenta los siguientes pasos:
 - ✓ Tomar una muestra de oxifloc del tanque de almacenamiento del coagulante.
 - ✓ Por lo general se utiliza una concentración al 1% V/V, es decir: 1 mL de coagulante en 100 mL de agua limpia o 5 mL de coagulante en 500 mL de agua. Medir 5 mL de oxifloc mediante una jeringa y depositarlo en un balón volumétrico de 500 mL, llenarlo con agua limpia y agitar para mezclar la solución.
 - ✓ La solución madre se puede utilizar para diferentes test de jarras solo en las próximas 24 horas a partir de su preparación. Después de 24 horas la solución pierde sus propiedades y por lo tanto es necesario preparar una nueva dilución.
- Tomar una muestra de agua cruda mediante un balde, en el canal de aproximación (entrada a la mezcla rápida).
- Medir el caudal de entrada a la PTAP.
- Determinar la turbiedad y pH del agua cruda.
- Medir mediante una probeta de 1 L, 6 muestras de agua cruda, previamente mezcladas. Depositar las muestras en los 6 vasos de precipitado del test de jarras.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Introducir las paletas del aparato mezclador de jarras de manera que queden bien centradas.
- Medir mediante jeringas los volúmenes de solución madre de coagulante correspondientes a la dosificación deseada. La práctica ha demostrado que en la PTAP Granada el proceso funciona de forma correcta en condiciones normales con los siguientes volúmenes: 0,5 mL, 1,0 mL, 1,5 mL, 2,0 mL, 2,5 mL y 3,0 mL. En caso de evidenciar que el proceso de coagulación-floculación no funciona con estos volúmenes, entonces debe aumentar la dosis. A continuación, en la **Tabla 6** se presenta la dosis correspondiente en mg/L dependiendo del volumen aplicado, teniendo en cuenta que la solución madre está diluida al 1% v/v.

Tabla 6. Relación entre el volumen agregado y la dosis de coagulante (1% v/v).

Volumen agregado (mL)	Dosis coagulante (mg/L)
0,5	5
1,0	10
1,5	15
2,0	20
2,5	25
3,0	30
3,5	35
4,0	40
4,5	45
5,0	50

Nota: Para una concentración del 1% v/v, es necesario multiplicar por 10 el volumen para obtener la dosis de coagulante (mg/L). En caso de cambiar el porcentaje de dilución, se debe hacer el cálculo respectivo.

- Encender el tacómetro a la velocidad correspondiente de la mezcla rápida. En la PTAP de Granada se utiliza una mezcla rápida a una velocidad de 100 rpm.
- Dosificar las jarras al mismo tiempo mediante las jeringas, procurando adicionar los volúmenes de menor a mayor en el orden de las jarras para evitar confusiones. Inmediatamente después de agregar los volúmenes, comenzar a contar el tiempo, transcurrido un minuto, reducir la velocidad hasta 40 rpm y cronometrar 15 minutos en esta velocidad.
- Durante los 15 minutos de floculación debe observar el comportamiento del floc para la elección de la dosis. Transcurridos los 15 minutos, apagar el tacómetro y esperar 15 minutos. Analizar la velocidad de sedimentación del floc.
- Al terminar el tiempo de sedimentación, tomar muestras en el sobrenadante de cada jarra mediante una jeringa y medir la turbiedad de cada una. Las muestras deben tomarse con cuidado para no remover el floc sedimentado.
- Tener en cuenta las siguientes condiciones para la elección del volumen óptimo de coagulante:
 - ✓ Buen tamaño del floc en el proceso de floculación. El floc debe formarse en el menor tiempo posible y debe estar bien definido (que no se vea disperso en el agua).

- ✓ La velocidad de sedimentación debe ser alta y por ende el tiempo de sedimentación bajo.
- ✓ Además de cumplir lo anterior, la turbiedad en la muestra del volumen elegido debe ser la más baja.
- Una vez determinado el volumen y la dosis óptima, medir el pH de la muestra elegida para comprobar que el coagulante no genera afectaciones al proceso. Por lo general el oxifloc es un coagulante que no disminuye este parámetro y por lo tanto no necesita corregirse.
- Diligenciar el **Formato 3**. Test de jarras-Dosificación de coagulante.

Aclaración: El test de jarras es un método para conocer el valor aproximado de la cantidad de coagulante que debe aplicarse en la mezcla rápida. Sin embargo, es responsabilidad del personal operativo vigilar que el proceso a escala real si esté funcionando con la dosis elegida. En caso de evidenciar que la dosis no es óptima para el proceso real, debe hacer nuevamente el test de jarras o en caso extremo aumentar la dosis hasta que observe una mejora en el tratamiento.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig 21. Ensayo de test de jarras.

(a) Preparación de solución madre, (b) Muestras de agua cruda en las jarras, (c) Medición de volúmenes de solución madre a agregar, (d) Graduación del tacómetro para las velocidades de agitación.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

8.6.4. Cálculo de la dosificación de coagulante.

Después de elegir el volumen y dosis óptima de coagulación, se procede a calcular el caudal de dosificación que debe graduarse en la bomba.

El caudal de dosificación en la bomba en mL/min se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_d = \frac{\text{Dosis} * Q_a * 60}{\rho}$$

Donde:

Q_d : Caudal de dosificación del coagulante (mL/min).

Dosis: Dosis óptima correspondiente al volumen agregado de la muestra elegida (mg/L).

Q_a : Caudal de entrada a la PTAP (L/s).

60: Factor para convertir segundos a minutos.

ρ : Densidad del oxifloc (1230 mg/mL)

Ejemplo: Suponiendo que el volumen elegido de coagulante fue de 1,5 mL, por mostrar un buen proceso de floculación-sedimentación, entonces se procede a calcular el caudal de dosificación así:

- Calcular la dosis correspondiente al valor del volumen elegido. En este caso 1,5 mL corresponde a una dosis de coagulante de 15 mg/L.
- Medir la altura de la lámina de agua mediante la reglilla ubicada en el canal de aproximación y observar su correspondencia con el caudal. Suponiendo una altura de la lámina de agua de 8,2 cm, entonces el caudal de entrada a la PTAP es de 12,09 L/s (ver. **Tabla 5**).
- Teniendo estos datos, se procede a calcular el caudal de dosificación (Q_d):

$$Q_d = \frac{15 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 12,09 \frac{\text{L}}{\text{seg}} * 60 \frac{\text{seg}}{\text{min}}}{1230 \frac{\text{mg}}{\text{mL}}}$$

$$Q_d = 8,85 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$$

- Con el valor hallado del caudal de dosificación, se procede a graduar la bomba para que dosifique dicho caudal. (ver. **Fig 22**)

Aclaración: El personal operativo tiene acceso a los formatos de operación digitales. Por lo tanto, no es necesario que realicen estos cálculos en cada test de jarras. La hoja de cálculo arroja de forma automática el caudal de dosificación dependiendo del caudal y volumen óptimo diligenciado.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021



Fig 22. Graduación de la bomba con el caudal de dosificación.

8.7. Floculadores

Con la floculación se consigue agregar las partículas coloidales desestabilizadas. La agregación se ve facilitada si las partículas se ponen en contacto y si hay algo que cree enlaces entre ellas y mantenga ese contacto. El propósito de la floculación es producir partículas, por medio de agregados, que pueden eliminarse mediante procesos posteriores como sedimentación por gravedad y/o filtración. Existen dos tipos de floculación: microfloculación (o pericinetica) en la cual la agregación de las partículas es provocada por las moléculas del agua (movimiento Browniano) y macrofloculación (u ortocinetica), cuya agregación de partículas se transmite por la inducción de gradientes de velocidad y mezcla lenta en el fluido que contiene las partículas. Por lo tanto, mientras que en la coagulación se busca la mezcla rápida, en el proceso de floculación se requiere lo contrario, una mezcla lenta. (Howe, Hand, Crittenden, Trusell, & Tchobanoglous, 2012)

En la PTAP Granada se cuenta con dos floculadores hidráulicos horizontales en paralelo, los cuales tienen cada uno 73 placas de asbesto cemento con dimensiones de 2,4 m de largo, 1,4 m de altura y 0,01 mm de espesor. Cada tanque de floculación tiene un largo de 5,6 m, ancho de 2,8 m y altura de 1,8 m aproximadamente.

Posterior a la mezcla rápida (coagulación), el caudal de entrada a la PTAP se divide para cada floculador, el agua pasa por la zona de entrada del floculador para entrar finalmente a la estructura. La zona de entrada es un canal que permite que el agua ingrese sin turbulencia a los floculadores, tiene dimensiones de 0,7 m de ancho y largo de 5,6 m. Cada floculador cuenta con su respectiva compuerta para aislar la unidad en caso de un mantenimiento o emergencia. Además, se tienen dos válvulas de purga de $\varnothing 8''$ (una por floculador) para la limpieza de la estructura. A la salida de cada

floculador se encuentra ubicada una válvula de flujo para impedir el paso de agua floculada hacia el sedimentador en caso de que así se requiera. (ver. **Fig 23**)

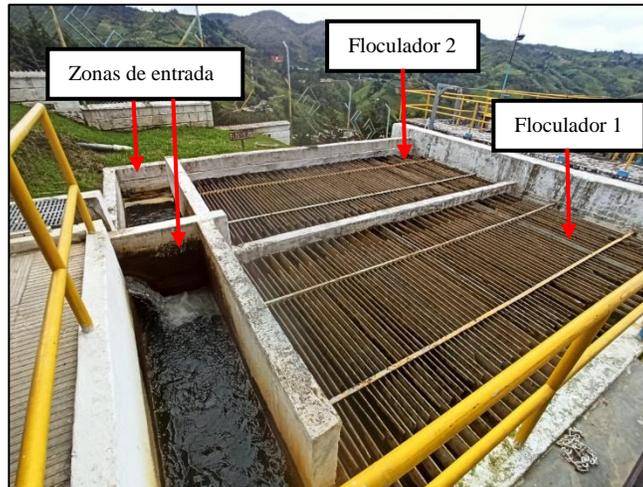


Fig 23. Floculadores de flujo horizontal.

8.7.1. Frecuencia de purga y limpieza

El lavado de los floculadores es una actividad en la cual se purga el lodo sedimentado en estos y se hace un mantenimiento general de la estructura. Se recomienda que la frecuencia de limpieza de esta unidad sea de (2) veces al mes (cada 15 días) o más según las necesidades del tratamiento. El personal operativo debe ser crítico y decidir el momento correcto para hacer la purga y limpieza de los floculadores.

8.7.2. Operación y mantenimiento de los floculadores

En la operación de los floculadores el personal operativo debe:

- Verificar que en el recorrido del agua no se generen corto circuitos que perturben el funcionamiento de la estructura y rompan los flocs. La generación de corto circuitos puede presentarse por los espacios muertos entre placas o por velocidades altas en el floculador.
- Garantizar que el tiempo de contacto en la unidad sea el suficiente para permitir que los flóculos alcancen el tamaño y peso adecuado. Para esto, es necesario que el personal operativo vigile el proceso de floculación, observe la formación de los flocs y haga ajustes en las dosis de coagulante si es necesario.
- Inspeccionar constantemente la unidad de tratamiento y atender de inmediato a cualquier eventualidad, como fugas, daños en válvulas, accesorios, desgaste de pintura, deterioro de placas, etc.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Entre las actividades de operación y mantenimiento más importantes, se encuentra el lavado y purga de la unidad de tratamiento. El lavado de cada floculador debe hacerse de manera independiente, es decir programar dos días diferentes para cada estructura, esto con el fin de evitar la suspensión del tratamiento del agua. En caso de programar dicha actividad, el personal operativo debe: (ver. **Fig 24**)

- Cerrar la válvula de salida del agua hacia el sedimentador, del floculador en cuestión (válvula 6 o 7).
- Instalar la compuerta del floculador que se desea lavar, para cerrar el paso del agua a este y permitir el flujo del agua hacia el otro floculador.
- Retirar la compuerta hacia el tanque de espesamiento ubicada en la caja de concreto, a la cual llegan los desagües de la PTAP. Así, se logra que los lodos evacuados de la unidad de tratamiento no se descarguen directamente a la quebrada.
- Abrir la válvula de purga del floculador en cuestión (Válvula 8 o 10).
- Esperar hasta que se evacue la totalidad del agua almacenada en la unidad de tratamiento. Realizar la limpieza de las paredes y el fondo mediante la hidrolavadora. Además, desprender y limpiar el material adherido a las placas de asbesto cemento.
- Durante la limpieza, es necesario abrir un poco la compuerta dejando entrar una cantidad baja de agua a la unidad que se está lavando. Esto con el fin de que el agua afluyente arrastre los lodos del fondo del floculador y el material que se está extrayendo con la hidrolavadora.
- Cuando se abra la compuerta, medir el caudal que está ingresando a la unidad y el tiempo de duración hasta terminar la limpieza. Estos datos son necesarios para calcular el volumen de agua gastado en el lavado del floculador, indispensable para el control y balance de gastos de agua en la PTAP.
- Al finalizar la limpieza, cerrar la válvula de purga del floculador.
- Retirar completamente la compuerta del floculador, permitiendo el libre paso del agua a la unidad de tratamiento.
- Abrir la válvula de paso del agua hacia el sedimentador para normalizar el tratamiento.
- Diligenciar el **Formato 11**. Purga y limpieza de los floculadores.



(a)



(b)



(c)

Fig 24. Limpieza y purga de los floculadores.

(a) *Instalación de la compuerta para aislar la unidad, (b) Limpieza de la zona de entrada, (c) Limpieza de las placas y las paredes.*

8.7.3. Estimación del volumen gastado en el lavado

El volumen gastado en el lavado corresponde a:

- 1) Cantidad de agua evacuada de la unidad de tratamiento al iniciar la actividad de lavado (agua vaciada del floculador). Este valor siempre será el mismo, debido a que la altura de la lámina de agua no varía de forma significativa. Teniendo las dimensiones del floculador y de la zona de entrada, el volumen aproximado de agua que se evacua de cada estructura es de **22 m³** (V₁).
- 2) Además, a este valor se le debe sumar el agua que se deja ingresar a la unidad de tratamiento para arrastrar los lodos del fondo (V₂). Este valor es variable y para hallarlo es necesario que el personal operativo mida el caudal de ingreso al floculador y el tiempo de duración de la actividad de limpieza. Este volumen se halla con la siguiente ecuación:

$$V_2 \text{ (m}^3\text{)} = \frac{Q \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right) * t \text{ (min)} * 60}{1000}$$

Donde:

V₂: Volumen variable para el lavado.

Q: Caudal de entrada al floculador.

t: Tiempo de duración de la limpieza.

60 y 1000: Factores de conversión.

De esta forma, el volumen de agua gastado total (V_T) para el lavado de cada floculador se determina así:



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 22 \text{ m}^3 + V_2$$

Ejemplo: Suponiendo que el caudal para el lavado del floculador 1 fue de 5,2 L/s y que el tiempo de lavado fue de 40 minutos. El volumen 1 es constante (22 m³), el volumen 2 se halla de la siguiente forma:

$$V_2 = \frac{5,2 \frac{\text{L}}{\text{seg}} * 40 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}}{1000 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}} = 12,48 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen total en el lavado del floculador:

$$V_T = 22 \text{ m}^3 + 12,48 \text{ m}^3$$

$$V_T = 34,48 \text{ m}^3$$

Aclaración: La PTAP cuenta con los formatos de operación digitales, por lo tanto, no es necesario que el personal operativo realice estos cálculos cada que lleva a cabo la actividad de limpieza. Solo debe ingresar el caudal de lavado y el tiempo, para que el formato arroje el valor del volumen gastado en la limpieza del floculador.

8.8. Sedimentador de alta tasa

Uno de los objetivos de los procesos de coagulación-floculación es potenciar el tamaño de las partículas para que asienten en un periodo de tiempo razonable. Una vez las partículas están aglomeradas, el medio más común para eliminarlas en el agua es por medio de la gravedad utilizando estructuras como los sedimentadores. La sedimentación es un fenómeno físico en el que las partículas suspendidas presentan un movimiento descendente en un medio líquido de menor masa específica, debido a la acción de la gravedad. Propicia la clarificación del medio líquido, es decir la operación de separación de las fases sólida y líquida. (Mackenzie L, Ph, P, & DEE, 2010)

La sedimentación de alta tasa implica el uso de sedimentadores gravitacionales poco profundos, cuya particularidad es el empleo de módulos de tubos o placas con una inclinación entre 45 y 60° con respecto a la horizontal. Se considera que tres son los efectos que favorecen la remoción de las partículas en este tipo de unidades: (i) aumento del área de sedimentación, (ii) disminución de la altura de caída de la partícula y (iii) régimen de flujo laminar. Este tipo de sedimentadores, soporta mejor las sobrecargas, con menos pérdida de eficiencia que los convencionales. Para obtener una buena operación de sedimentación, es necesario que la etapa de coagulación - floculación se realice adecuadamente, luego se debe asegurar una distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, garantizar una carga de rebose apropiada sobre los vertederos efluentes y controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención. (Arboleda Valencia, 1992)



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

En la PTAP de Granada se cuenta con un sedimentador de alta tasa con placas de asbesto cemento de 1,2 m de largo, 2,4 m de altura y espesor de 6 mm, las cuales se encuentran inclinadas a un ángulo de 30° con respecto a la horizontal. El sedimentador tiene las siguientes dimensiones: 2,1 m de ancho, 6,9 m de largo y 5,2 m de altura. El ingreso del agua a la unidad se realiza de forma ascendente mediante una tubería de diámetro de 8'', con perforaciones de diámetro de $\frac{3}{4}$ '', además, la salida del agua se lleva a cabo con 3 canaletas dientes de sierra distribuidas de manera uniforme a lo largo del sedimentador. El sedimentador tiene una tubería de desagüe de lodos ($\varnothing 8''$) con su respectiva válvula que permite realizar la actividad de mantenimiento en la unidad de tratamiento. (ver. **Fig 25**).



Fig 25. Sedimentador de alta tasa.

8.8.1. Frecuencia de purga y limpieza

Se recomienda que la frecuencia de purga y limpieza en el sedimentador de alta tasa sea de **(15)** días aproximadamente. El personal operativo debe inspeccionar la unidad de tratamiento para tomar la decisión de realizar la limpieza en el sedimentador antes o después de la frecuencia recomendada. La actividad debe llevarse a cabo en días de verano, ya que una parte del agua cruda se ingresa por el bypass al canal de cloración para evitar desabastecimiento a los suscriptores.

8.8.2. Operación y mantenimiento del sedimentador primario

En la operación y mantenimiento del sedimentador de alta tasa, el personal operativo debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Comprobar que en el efluente no se presente salida de flóculos, lo cual indica una posible falla en el proceso de sedimentación.
- Retirar material flotante por medio de un cedazo en caso de evidenciar partículas de gran tamaño en la superficie del sedimentador.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Verificar posible desprendimiento de burbujas de aire en la superficie de la unidad, originadas por la fermentación de lodos. Lo anterior indica que debe programarse la actividad de limpieza en la estructura.
- Revisar de manera continua si existe indicios de fisuras, daños en tuberías o válvulas, deterioro de la pintura o placas de sedimentación, etc. En caso de detectar algún problema, reportar al personal encargado y hacer la reparación respectiva inmediatamente.

Una de las actividades de operación y mantenimiento más importantes en el sedimentador de alta tasa es la limpieza y purga de la unidad de tratamiento. En caso de programar esta actividad, el personal operativo debe seguir el siguiente procedimiento: (ver. **Fig 26**)

- Verificar que la turbiedad de entrada sea baja (menor a 5 UNT), ya que una parte del agua cruda debe ingresar por el bypass hacia el tanque de cloración.
- Cerrar un poco la válvula de entrada a la PTAP (válvula 1). Tener en cuenta que la válvula no debe cerrarse completamente, ya que el agua de entrada a la PTAP permite arrastrar el lodo en el fondo del sedimentador.
- Abrir las válvulas de bypass hacia el tanque de cloración (válvulas 2 y 5).
- Retirar la compuerta de ingreso al tanque de espesamiento para permitir el ingreso del lodo purgado hacia el tanque.
- Abrir la válvula de purga del sedimentador de alta tasa (válvula 9) y esperar hasta que se evacue la totalidad del agua almacenada en la unidad de tratamiento.
- Cuando se evacúe la totalidad del agua en el sedimentador, cronometrar el tiempo para el lavado de la unidad y medir el caudal de ingreso a la PTAP. Lo anterior permite contabilizar el volumen de agua para el lavado, necesario para obtener el balance de gastos de agua.
- Retirar el material adherido a las paredes y placas del sedimentador mediante una hidrolavadora o manguera a presión.
- Al terminar la limpieza del sedimentador, cerrar la válvula de purga para reanudar el llenado de la estructura y su operación normal.
- Abrir la válvula de entrada (válvula 1), permitiendo que ingrese el caudal normal a la PTAP, además, cerrar las válvulas bypass hacia el tanque de cloración.
- Diligenciar el **Formato 12**. Purga y limpieza del sedimentador.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021



Fig 26. Limpieza y purga del sedimentador de alta tasa.

8.8.3. Estimación del volumen de agua gastado en el lavado

El volumen de agua gastado en la purga y limpieza del sedimentador, se refiere a:

- 1) Cantidad de agua correspondiente al vaciado de la unidad de tratamiento en el momento de iniciar la actividad de limpieza. Este valor siempre es el mismo, ya que la altura de la lámina de agua en el sedimentador de alta tasa es constante. El volumen aproximado evacuado en cada limpieza es de **71 m³** (V_1).
- 2) Cantidad de agua utilizada para arrastrar el lodo sedimentado en la estructura (V_2). Este valor es variable y depende del caudal de ingreso a la PTAP y del tiempo de lavado suministrados por el personal operativo, puede hallarse mediante la siguiente ecuación:

$$V_2 \text{ (m}^3\text{)} = \frac{Q \left(\frac{\text{L}}{\text{S}} \right) * t \text{ (min)} * 60}{1000}$$

Donde:

V_2 : Volumen variable para el lavado.

Q : Caudal de entrada a la PTAP.

t : Tiempo de duración de la limpieza.

60 y 1000: Factores de conversión.

Por lo tanto, el volumen de agua gastado total (V_T) para el lavado del sedimentador se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 71 \text{ m}^3 + V_2$$



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Ejemplo: Suponiendo un caudal para el lavado de 6 L/s y un tiempo de 25 minutos. Se tiene que el volumen 1 es constante (71 m³), por otro lado, el volumen 2 se halla de la siguiente forma:

$$V_2 = \frac{6 \frac{\text{L}}{\text{seg}} * 25 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}}{1000 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}} = 9 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen total en el lavado del sedimentador:

$$V_T = 71 \text{ m}^3 + 9 \text{ m}^3$$

$$V_T = 80 \text{ m}^3$$

Aclaración: No es necesario que el personal operativo realice los cálculos anteriores cada que se lleve a cabo una actividad de limpieza. La PTAP cuenta con los formatos de operación digitales, en los cuales el operario a cargo diligencia el caudal y el tiempo de lavado y automáticamente se calcula el volumen de agua gastado en la limpieza.

8.9. Filtros descendentes

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad. (Mackenzie L, Ph, P, & DEE, 2010)

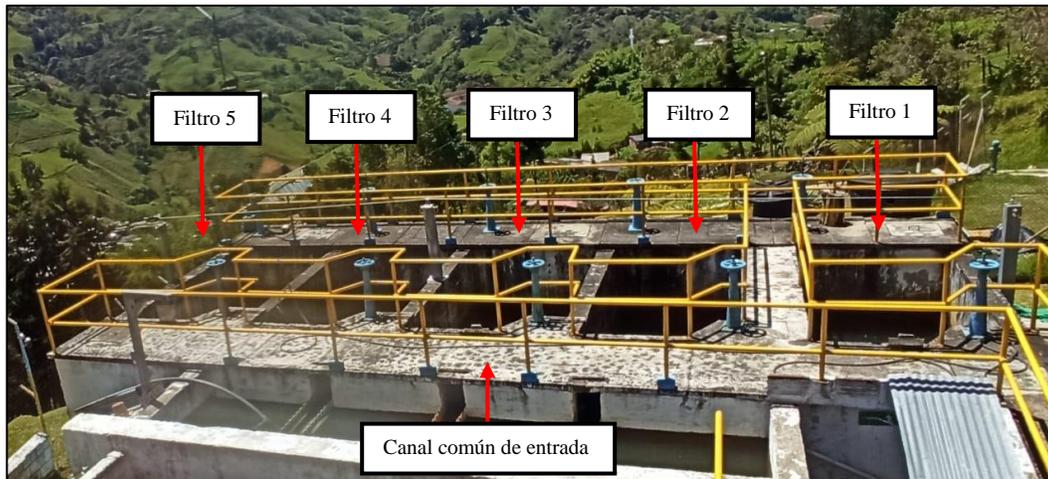
En la PTAP Granada se cuenta con (5) cámaras de filtración rápida descendentes en paralelo, con lecho mixto (grava, arena y antracita) y con sistema autolavante. Cada filtro tiene dimensiones de 2,2 m de ancho, 4 m de largo y 5,2 m de altura aproximadamente (medidas tomadas in situ). (ver. **Fig 27**)

Previo a los filtros se encuentra ubicada la estructura de entrada a cada unidad de tratamiento, compuesta por un canal común que recibe las aguas de las canaletas del sedimentador y se encarga de distribuir el agua hacia los filtros, los cuales cuentan cada uno con una compuerta rectangular que permite el ingreso del agua.

Para la salida del agua filtrada se tiene una cámara individual por cada filtro, que posteriormente se une al canal común de aguas claras, en el cual se realiza el proceso de desinfección en la PTAP. Además, a la salida de la unidad de tratamiento se encuentra ubicada una válvula por filtro, que permite abrir o cerrar el paso del agua hacia cada cámara de salida.

Cada filtro cuenta con su respectiva válvula de desagüe (Ø 10''), que permite realizar el retro lavado de la unidad de tratamiento o el mantenimiento que requiera. Además, el lecho filtrante de cada filtro

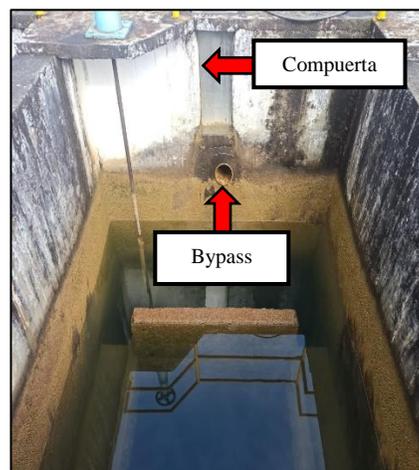
tiene una válvula en el fondo ($\varnothing 2''$), la cual facilita el desagüe del agua en el lecho en caso del mantenimiento en el material granular o para cualquier reparación eventual.



(a)



(b)



(c)

Fig 27. Filtros descendentes.

(a) Numeración de filtros, (b) Válvulas en los filtros, (c) Bypass y compuerta.

8.9.1. Frecuencia para el retrolavado y mantenimiento

El filtro debe lavarse al final de una jornada laboral, por lo tanto, se recomienda que la frecuencia del retrolavado sea de (1) vez por día. Sin embargo, esta frecuencia puede tener variaciones, ya que el lavado de un filtro depende de la pérdida de carga y la turbiedad en el efluente. El filtro debe lavarse cuando éste alcance la pérdida de carga máxima permitida por el sistema o cuando la calidad del efluente desmejore. La máxima pérdida de carga se presenta cuando el agua empieza a



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

evacuar por el bypass del filtro, este es el indicativo para iniciar con el retrolavado en la PTAP. Además, cuando la turbiedad a la salida no cumpla con las especificaciones por normatividad (< 5 UNT), también se debe realizar el retrolavado.

Además del retrolavado, se recomienda realizar un mantenimiento general en los filtros con una frecuencia de **(1)** vez al mes.

8.9.2. Operación y mantenimiento de los filtros

En condiciones normales, se mantienen en funcionamiento tres filtros. Sin embargo, en caso de evidenciar un aumento en la demanda de agua potable para la población, se operan los filtros que sean necesarios para evitar desabastecimiento. El funcionamiento de un filtro se controla con la compuerta de entrada, de esta forma, cuando un filtro esté en operación la compuerta se retira o en caso contrario, se instala la compuerta para aislar de operación algún filtro.

En la operación y mantenimiento de los filtros descendentes, el personal operativo debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El medio filtrante es de especial cuidado, por lo cual debe mantenerse apto para la operación del sistema, por medio de lavados continuos y cambios del lecho filtrante cuando sea necesario.
- El personal operativo debe tener precaución con la operación de lavado de los filtros, a fin de obtener una limpieza efectiva del lecho filtrante y evitar problemas como la formación de bolas de barro, desplazamiento de la grava de soporte, acumulación de aire, pérdidas en el medio filtrante, etc.
- Inspeccionar de manera continua cada uno de los filtros para evidenciar posibles daños en la estructura, válvulas, lecho filtrante, etc. En caso de evidenciar una situación anormal, el operador debe reportar y reparar de forma inmediata.

La operación principal en los filtros consiste en el retrolavado de la unidad de tratamiento, para lo cual es necesario que se presente la máxima pérdida de carga. Además, antes de iniciar el lavado de un filtro, el operador debe verificar que el nivel del agua en el tanque de cloración sea óptimo para que la presión del agua del tanque y de los demás filtros en funcionamiento, ayuden en la actividad de lavado. Por lo general, al finalizar la jornada se debe realizar el retrolavado de los filtros que estén en funcionamiento. Para realizar la operación de lavado de un filtro, el personal operativo debe seguir los siguientes pasos: (ver. **Fig 28**)

- Ingresar un caudal mayor a la PTAP, mediante la válvula 1 de entrada. Esto es necesario para que la presión del agua sea mayor y el retrolavado sea eficiente.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Retirar la compuerta de entrada en todos los filtros y esperar hasta que alcancen suficiente nivel. Esto permite que se genere mayor presión de agua para el retrolavado de un filtro
- Retirar la compuerta del tanque de espesamiento, para que las aguas del lavado ingresen a este para su posterior tratamiento.
- Instalar la compuerta en el filtro que se desee lavar. De esta forma, se impide el ingreso del agua al filtro en cuestión.
- Abrir la válvula de desagüe del filtro a lavar, que permite la evacuación del caudal de lavado (válvulas 16, 17, 18, 19 o 20). Solo debe abrirse la válvula del filtro en cuestión, las demás deben permanecer cerradas. Además, las válvulas de salida en los filtros deben permanecer abiertas (válvulas 21, 22, 23, 24 y 25), únicamente se cierran cuando se necesite realizar algún mantenimiento en el tanque de cloración. Tener en cuenta que la válvula de desagüe debe abrirse lentamente, ya que la apertura rápida puede abrir grietas en el lecho filtrante ocasionando pobres resultados de remoción y arrastre de arena al sistema de drenaje.
- Medir el caudal de ingreso a la PTAP. Además, cronometrar el tiempo desde la apertura de la válvula de desagüe hasta que el filtro alcance el nivel aproximado que tenía antes del lavado. La medición del caudal y el tiempo permiten hallar el volumen de agua gastado en el retrolavado, necesario para el balance de gasto de agua en la PTAP.
- Durante el lavado se recomienda retirar material adherido a las paredes mediante una manguera a presión.
- Cerrar la válvula de lavado o desagüe del filtro en cuestión. El personal operativo debe ser crítico para decidir en qué momento cerrar la válvula. Se recomienda cerrar la válvula cuando se evidencie que el agua de lavado está clarificada, lo cual indica que el lecho filtrante está libre de partículas.
- Retirar la compuerta de entrada para normalizar el ingreso de agua al filtro.
- Esperar hasta que el filtro alcance el nivel necesario para continuar con el lavado del siguiente filtro. Repetir el procedimiento para cada filtro que se desee lavar.
- Diligenciar el **Formato 5**. Retrolavado de filtros.



(a)



(b)

Fig 28. Retrolavado de filtros.

(a) Apertura de la válvula de lavado o desagüe, (b) Limpieza de paredes en el filtro.

En los filtros también es necesario programar un mantenimiento general. Para realizar dicha actividad el personal operativo debe:

- Cerrar la entrada de agua al filtro en cuestión, haciendo uso de la compuerta.
- Abrir la válvula de lavado o desagüe para desocupar la estructura hasta que quede libre de agua y permita realizar el mantenimiento.
- Ingresar a la unidad de tratamiento con los implementos de seguridad (arnés, línea de vida, etc).
- Retirar material adherido a las paredes y el fondo del filtro mediante la hidrolavadora.
- Limpiar superficialmente el lecho filtrante hasta donde sea posible.
- Al finalizar el mantenimiento, abandonar la estructura y permitir el ingreso normal del agua al filtro.
- Diligenciar el **Formato 15**. Mantenimientos generales en la PTAP.

8.9.3. Estimación del volumen de agua gastado en el retrolavado

La estimación del volumen de agua gastado en el retrolavado de los filtros se puede hallar teniendo en cuenta dos variables que deben medir los operarios durante el retrolavado:

- 1) Caudal para el retrolavado (Q_R): Este caudal se mide a la entrada de la PTAP mediante el vertedero rectangular y por lo general, es mayor que los caudales normales ingresados a la planta de tratamiento.
- 2) Tiempo de lavado (t_{lavado}): Este tiempo corresponde al cronometrado por el operador desde que abre la válvula de lavado o desagüe hasta que el filtro alcance el nivel que tenía previo al lavado.

De esta forma, el volumen de agua gastado en el retrolavado de un filtro (V_L) se halla con la siguiente ecuación:



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

$$V_L = Q_R * t_{\text{lavado}} * \frac{60}{1000}$$

Donde:

V_L : Volumen de agua gastado en el retrolavado de un filtro (m^3).

Q_R : Caudal para el retrolavado (L/s)

t_{lavado} : Tiempo de lavado de un filtro (min).

60/1000: Factor de conversión.

La ecuación anterior aplica para hallar el volumen de un solo filtro, para hallar el volumen gastado en la totalidad de filtros lavados, entonces se utiliza la siguiente expresión:

$$V_T = \left(Q_R * \frac{60}{1000} \right) * (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5)$$

Donde:

t_1 : Tiempo para el retrolavado del filtro 1.

t_2 : Tiempo para el retrolavado del filtro 2.

t_3 : Tiempo para el retrolavado del filtro 3.

t_4 : Tiempo para el retrolavado del filtro 4.

t_5 : Tiempo para el retrolavado del filtro 5.

Ejemplo: Suponer que se realiza el retrolavado de tres filtros que se encuentran en operación en la PTAP Granada. El caudal de lavado medido por el operario es de 20 L/s y los tiempos de duración de cada filtro son los siguientes: t_2 : 31 minutos, t_3 : 25 minutos, t_4 : 22 minutos.

El volumen gastado en el retrolavado de los filtros se calcula de la siguiente forma:

$$V_T = \left(20 \frac{\text{L}}{\text{seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) * (31 + 25 + 22) \text{ min}$$

$$V_T = 93,6 \text{ m}^3$$

Aclaración: La PTAP cuenta con formatos digitales, por lo tanto, no es necesario que el personal operativo realice los cálculos anteriores en cada retrolavado. Es deber del operador medir y diligenciar en los formatos el caudal y el tiempo de lavado y automáticamente se calcula el volumen gastado en el retrolavado de los filtros.

8.10. Cloración

La desinfección es un proceso de oxidación que conlleva a la eliminación, la desactivación o eliminación de microorganismos presentes en el agua, sean o no patógenos. La acción de los desinfectantes se puede explicar mediante cuatro mecanismos: (Comisión Nacional del Agua, 2015)

- Daño a la pared celular



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Alteración de la permeabilidad de las células
- Alteración de la naturaleza coloidal del protoplasma
- Inhibición de la actividad enzimática

En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo. La desinfección es un proceso selectivo: no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos. Por eso requiere procesos previos que los eliminen mediante la coagulación, sedimentación y filtración. (Caceres, 1990).

La cloración es un mecanismo químico de la desinfección, en la cual se usa el cloro como agente desinfectante. La desinfección con cloro puede realizarse con cloro gaseoso (Cl_2), hipoclorito de sodio (NaOCl) o hipoclorito de calcio (Ca(OCl)_2). (Comisión Nacional del Agua, 2015).

En la PTAP Granada se cuenta con un sistema de desinfección con cloro gaseoso (Cl_2) (ver. **Fig 29**). El cloro se inyecta desde la caseta de operación hacia el canal de aguas claras o canal de cloración, donde se reciben las aguas filtradas y se realiza la dosificación del químico mezclado con agua limpia. El tanque de cloración o canal de aguas claras tiene dimensiones de 0,7 m de ancho, 12 m de largo y 1,8 m de altura aproximadamente (medidas in situ).

En la entrada del tanque de cloración se realiza la dosificación del cloro gaseoso mediante flautas o tuberías perforadas. Para la entrada del agua al tanque se tienen (5) vertederos que cumplen la función de mezclar y distribuir uniformemente el agua con el desinfectante para garantizar un contacto óptimo entre el cloro y las partículas del agua y, además, asegurar un máximo tiempo de contacto. El tanque de cloración, cuenta con otro ingreso de agua en caso de un mantenimiento o emergencia en los tratamientos previos, este ingreso se hace mediante una tubería que transporta el agua cruda desde el bypass en la entrada de la PTAP hacia el tanque de cloración.

El tanque de cloración tiene diferentes salidas:

- Tubería hacia el tanque de almacenamiento ubicado en la PTAP.
- Tubería hacia el tanque de la bomba.
- Tubería hacia el tanque central.
- Tubería que va hacia el sistema de bombeo, el cual se encarga de transportar el agua tratada hacia la caseta de operación para la toma de muestras y control de calidad del proceso.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

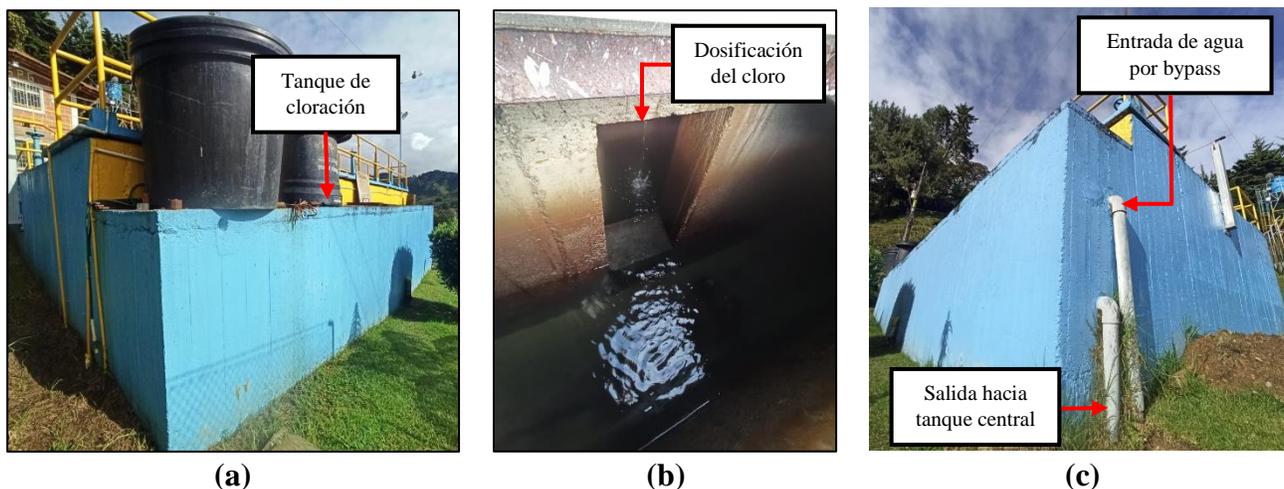


Fig 29. Sistema de cloración.

(a) Tanque de cloración, (b) Entrada al tanque por medio de vertedero, (c) Entrada del agua cruda por bypass.

8.10.1. Cloro gaseoso

El cloro gaseoso se almacena en cilindros que contienen 68 kg de Cl_2 (ver. **Fig 30**). El sistema cuenta con un rotámetro (bomba dosificadora) que permite extraer el cloro del cilindro y además facilita la operación para graduar la dosis de cloro gaseoso aplicado en el tanque de cloración. El cloro gaseoso se mezcla con agua limpia en el mismo sistema para suministrarse en la entrada del canal de aguas claras.

El sistema cuenta con una balanza que permite registrar el cloro consumido (gr) al terminar la jornada laboral. Es deber del personal operativo vigilar que se cuente con la existencia suficiente de cloro en la PTAP e informar a la E.S.P para la gestión y entrega constante del producto químico, ya que es una de las etapas más importantes del tratamiento y no debe verse limitada por ausencia de cloro. Igualmente se debe contar con cilindros alternos en la PTAP para garantizar el cambio oportuno de estos y, por ende, asegurar que el agua recibirá la dosificación de cloro suficiente para entregar agua de buena calidad a la población.

Además, en la PTAP se cuenta con hipoclorito de sodio líquido que se almacena mediante envases que contienen 20 kg del producto químico. El hipoclorito de sodio se debe utilizar en situaciones de emergencia como la suspensión del servicio de energía eléctrica, ya que en estos casos no puede dosificarse el cloro gaseoso en la PTAP.

La operación del sistema de dosificación de cloro consiste básicamente en graduar la dosis en la bomba que garantice un residual de cloro óptimo en la red de distribución, el cual cumpla con los estándares normativos para entregar agua potable de calidad a los suscriptores. El personal

operativo debe examinar los conductos que transportan el cloro hacia el tanque de aguas claras, garantizando que se encuentren libres de obstrucciones.

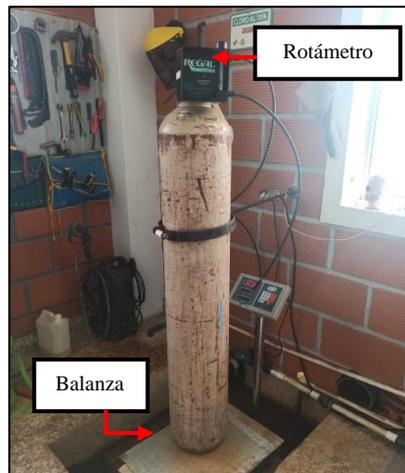


Fig 30. Cloro gaseoso.

8.10.2. Curva de demanda de cloro

Para garantizar un proceso de cloración eficiente en la PTAP Granada y, además, mantener el efecto desinfectante a lo largo de la red de distribución es necesario construir la curva de demanda de cloro, en la cual se grafica la dosis aplicada de cloro contra los residuales obtenidos (cloro introducido vs cloro medido) (ver. **Fig 31**).

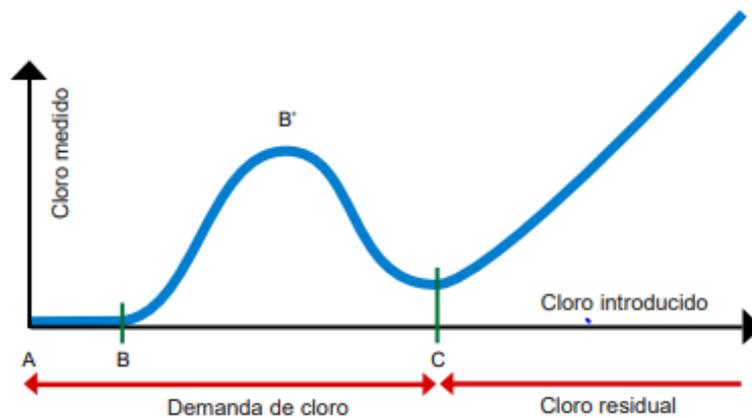


Fig 31. Curva de demanda de cloro.

Tomado de: Desinfección del agua (Organización Panamericana de la Salud).

Al introducir el cloro en el agua se producen diversas reacciones químicas, es necesario que estos mecanismos se conozcan a la perfección antes de proceder a la dosificación del cloro.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Una curva de cloro por lo general se asemeja a la **Fig 31**. A continuación, se explican cada una de las etapas y reacciones que se presentan al agregar cloro al agua y que se evidencian mediante la curva de demanda de cloro (ver. **Fig 31**):

Fase AB: El cloro introducido en el agua se combina con la materia orgánica. Por lo tanto, el residual medido se mantiene en cero. Mientras que no se destruyan estos compuestos, no se producirá la desinfección.

Fase BB': A partir del punto B, el cloro se combina con compuestos nitrogenados. En esta fase ya se puede medir una cantidad de cloro residual. Sin embargo, esta concentración no corresponde al cloro activo, si no a cloraminas que reaccionan con igual al cloro. Por lo tanto, en esta fase tampoco se tiene un efecto desinfectante en el agua.

FASE B'C: Cuando se añade más cloro, se observa que la cantidad de cloro residual descende. En realidad, el cloro introducido en esta fase sirve para descomponer los compuestos formados en la fase BB'. Por lo tanto, el agua sigue sin estar desinfectada.

A partir del punto C: El cloro introducido es finalmente disponible para cumplir su función desinfectante. (Organización Panamericana de la Salud, 1999).

Las primeras concentraciones de cloro aplicadas en el agua no garantizan la desinfección y corresponden a la **demanda de cloro** (Punto A al Punto C). A partir del punto C se encuentra el cloro residual, el cual tiene el efecto desinfectante en el agua y establece la **dosis de cloro** a aplicar en el sistema de desinfección.

8.10.3. Dosificación de cloro gaseoso

Dosificar el cloro en la PTAP requiere conocer la dosis a agregar (mg/L). Para determinar la dosis óptima, deben realizarse pruebas de laboratorio para construir la curva de demanda de cloro, agregando las cantidades crecientes de cloro al agua tratada y midiendo su concentración a través del tiempo (cloro residual libre). La dosis óptima sería la que produzca un residual de cloro libre de mínimo 0.3 mg/L al extremo de la red. Si lo anterior no fuera económicamente viable porque las concentraciones iniciales resultaron muy altas, es necesario proyectar rechloraciones en puntos seleccionados de la red.

El ensayo para construir una curva de demanda de cloro debe realizarse de manera continua en la PTAP para conocer la concentración de cloro que debe aplicarse (dosis de cloro). Se debe garantizar que el cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano esté comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Después de hallar la dosis óptima mediante los ensayos de laboratorio, el personal operativo debe vigilar los valores obtenidos en las mediciones de cloro a la salida de la PTAP y en la red de distribución, ya que la curva de demanda de cloro arroja una dosis, sin embargo, es un valor aproximado que puede tener variaciones a escala real. Para esto, se deben hacer controles de cloro, en los cuales se toman muestras diariamente en el agua tratada a la salida de la PTAP y en diferentes puntos de la red de distribución y se mide el cloro residual libre. Si:

- La medida de cloro es muy alta ($>2,0$ mg/L) debe disminuir la dosificación en la bomba del cilindro y medir nuevamente después de un tiempo.
- La medida de cloro es muy baja ($<0,3$ mg/L) debe aumentar la dosificación en la bomba y medir nuevamente.
- La medida de cloro se encuentra entre $0,3$ y $2,0$ mg/L, entonces la dosis encontrada mediante la curva, es óptima para el consumo humano.

Nota: Tener en cuenta que el cloro a la salida de la PTAP no puede estar muy cercano al límite admisible ($0,3$ mg/L). El cloro a la salida de la PTAP debe estar cercano a $2,0$ mg/L, de esta forma, se podría garantizar que en el extremo de la red de distribución los valores de cloro se encuentran dentro del intervalo admisible por normatividad ($0,3$ - $2,0$ mg/L).

8.10.4. Operación y mantenimiento del proceso de cloración.

En la operación y mantenimiento del proceso de cloración es necesario que el personal operativo tenga en cuenta los siguientes aspectos:

- Inspeccionar que el punto en el cual se está dosificando el cloro en el tanque de cloración tenga mezcla rápida, uniforme y eficiente. Además, vigilar de forma continua que el cloro se transporte normalmente de la caseta hacia el tanque de cloración, es decir que no haya obstrucción en los conductos que impidan la dosificación del químico.
- Se recomienda que el pH en la desinfección sea inferior a $7,5$ unidades de pH, ya que valores superiores a $7,5$ retardan las reacciones del cloro.
- Garantizar que los procesos previos sean eficientes. Debe controlarse el nivel de turbiedad del agua debido a que los microorganismos pueden encapsularse dentro de las partículas del agua haciendo más lenta la acción del desinfectante. Se recomienda tener una turbiedad menor de 1 UNT para el proceso.
- En caso de aplicar un proceso de estabilización del agua (aumento del pH mediante silicato de sodio), se recomienda neutralizar después de desinfectar.
- La correcta dosificación de cloro es uno de los aspectos más importantes en este proceso. Por lo tanto, es necesario hacer un control eficiente y continuo garantizando una dosis óptima que cumpla con los estándares de normatividad.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Se deben medir parámetros de control cada hora a la salida del tanque de cloración tales como: pH, turbiedad, temperatura, color, olor y sabor. Además, en este punto también se recomienda medir el cloro residual cada 2 o 3 horas. Estas mediciones se reportan en el **Formato 2**. Datos del agua tratada-Salida del tanque de cloración.

En el tanque de cloración es necesario programar mantenimientos anuales. Para esto se debe suspender el suministro de agua potable a los suscriptores por un periodo de tiempo reducido. En esta actividad de mantenimiento, el personal operativo debe seguir los siguientes pasos:

- Cerrar la entrada de agua al tanque de cloración. Para lo cual debe cerrar las válvulas 21, 22, 23, 24 y 25.
- Desocupar el tanque de cloración permitiendo que la totalidad del agua se transporte al tanque de almacenamiento de la PTAP.
- Realizar la limpieza del tanque de cloración mediante una hidrolavadora. Retirar material adherido a las paredes y el fondo del canal de aguas claras.
- Al finalizar el mantenimiento, se debe normalizar el tratamiento del agua abriendo las válvulas de entrada al canal de cloración.
- Diligenciar el **Formato 15**. Mantenimientos generales en la PTAP.

Nota: Se recomienda hacer el mantenimiento del canal de cloración y el tanque de abastecimiento en conjunto, ya que el canal de aguas claras no cuenta con desagüe y por lo tanto las aguas de lavado deben ir al tanque de almacenamiento.

8.11. Almacenamiento de agua potable

La PTAP Granada cuenta con (4) tanques en concreto que se encargan de almacenar el agua tratada que sale del tanque de cloración. Están ubicados en puntos estratégicos del municipio para abastecer el mayor porcentaje de la población por gravedad transportando el agua potable a través de la red de distribución. (ver. **Fig 32**)

El tanque de almacenamiento se encuentra ubicado en la planta de tratamiento. Este tanque no abastece directamente a la población, permite suministrar agua potable en el tanque de la María y el tanque central en caso de una emergencia. A la salida de este tanque está localizado el macro medidor del tanque de La María que permite registrar los consumos de agua potable en este sector.

El tanque central está ubicado al final de la calle Boyacá costado sur de la cabecera municipal, en el camino hacia la planta de tratamiento a un nivel más bajo. Este tanque abastece la mayor parte de la población y es el segundo con mayor volumen seguido del tanque de almacenamiento de la PTAP. A la salida del tanque se cuenta con dos macro medidores, ya que la estructura tiene dos salidas para abastecer diferentes puntos del centro del municipio.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

El tanque de La María está ubicado en la margen derecha vía Minitas- Vahitos y se encarga de abastecer el sector de la María principalmente.

Para finalizar, el tanque de la Bomba está ubicado en el costado sur de la cabecera. Este tanque abastece a la población en la entrada del municipio donde se encuentran ubicadas las estaciones de gasolina de Granada. Es el tanque con menor volumen de abastecimiento y tiene su macro medidor localizado en zonas aledañas de la PTAP.

En total, se tienen (4) macro medidores para verificar el consumo de agua potable diario en los tanques de almacenamiento.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig 32. Tanques de almacenamiento de agua potable.

(a) Tanque de almacenamiento de la PTAP, (b) Tanque Central, (c) Tanque La María, (d) Tanque la Bomba.

A continuación, en la **Tabla 7** se presentan las dimensiones de cada tanque y su volumen total aproximado (medidas tomadas in situ).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Tabla 7. Dimensiones de los tanques de almacenamiento.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen de almacenamiento (m ³)
Tanque PTAP	10	10	3	300
Tanque Central	9	9	3	243
Tanque La María	5	3	2,4	36
Tanque La Bomba	2,5	2,5	2,3	14,4

8.11.1. Frecuencia de mantenimiento o limpieza en los tanques

Los tanques de almacenamiento de agua potable demandan limpieza o mantenimiento con una frecuencia de **(1)** vez al año aproximadamente. Debido a que la actividad de limpieza requiere suspensión del servicio de agua potable a la comunidad, se recomienda llevar a cabo este mantenimiento en conjunto con el tanque de cloración, de esta forma se afecta mínimamente a los suscriptores y se garantiza continuidad en el servicio.

8.11.2. Operación y mantenimiento de los tanques

La operación y mantenimiento en los tanques de almacenamiento consiste en diversas actividades que debe llevar a cabo el personal operativo, entre las cuales se encuentran: (ver. **Fig 33**)

- Hacer revisiones periódicas en cada tanque de almacenamiento con una frecuencia de (4) a (5) veces durante la jornada laboral. El operador debe ejecutar esta actividad mediante un instrumento de medida ubicado en cada tanque, medir la altura de la lámina de agua y registrar en el **Formato 4**. Revisión de tanques y medición de parámetros. Con esta medida, se busca hallar el volumen almacenado de agua potable en cada revisión, teniendo en cuenta el ancho y largo de la estructura presentados en la **Tabla 7**. Esta actividad permite al operador reconocer una disminución significativa en el nivel del agua del tanque y realizar las reparaciones correspondientes, ya que estos tanques deben permanecer con un buen nivel para abastecer el agua potable en cantidad, calidad y continuidad a toda la población.

Aclaración: El personal operativo debe diligenciar la altura de la lámina de agua medida en cada tanque. El formato digital, arroja de forma automática el volumen de agua potable almacenado.

- En las revisiones es necesario también, inspeccionar las tapas que dan acceso al interior del tanque, para prevenir que por deficiencias en su colocación o estado puedan penetrar en él animales o elementos que deterioren su calidad.
- Todos los tanques cuentan con válvulas de cierre automático, es decir, al llenarse el tanque se cierra la entrada de agua a la estructura. Esto facilita la operación, sin embargo, es importante



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

vigilar continuamente el funcionamiento de estas válvulas para evitar inconvenientes en el abastecimiento.

- Vigilar el estado de la estructura de los tanques. Revisar que no se presenten grietas y daños en tuberías o válvulas. En caso de presentarse algún inconveniente que dificulte el almacenamiento de agua en el tanque, debe repararse de forma inmediata.
- Teniendo en cuenta que (3) de los tanques se encuentran retirados de la planta de tratamiento, es necesario hacer un control diario de parámetros fisicoquímicos para descartar posible contaminación o cambios en la calidad del agua. El personal operativo debe tomar una muestra de cada tanque (Central, la María y la Bomba) con una frecuencia de (1) vez al día, medir pH, cloro residual y turbiedad y diligenciar el **Formato 4**. Revisión de tanques y medición de parámetros.
- El personal operativo debe hacer lectura del volumen en m^3 en los (4) macro medidores de los tanques de almacenamiento. La lectura se realiza al iniciar el turno (7:00 am) y al finalizarlo (7:00 pm). Estas lecturas permiten conocer el consumo diario de agua potable en cada tanque de almacenamiento. Los valores observados por el operador se reportan en el **Formato 7**. Macromedidores.

Aclaración: El personal operativo debe diligenciar el valor de la lectura observado en cada macromedidor. El formato digital arroja automáticamente el consumo de agua potable diario dependiendo de los valores en las lecturas.



Fig 33. Actividades de operación en los tanques de almacenamiento.

(a) Medición de la altura de la lámina de agua, (b) Muestra para parámetros fisicoquímicos, (c) Lectura de macromedidores, (d) Lectura a reportar en el formato.

Para el mantenimiento en los tanques de almacenamiento, inicialmente se debe suspender el servicio de agua potable a la población, posterior a esto el personal operativo debe:

- Evacuar la totalidad de agua almacenada en los tanques. Para lo cual se abren las válvulas de desagüe y se cierra la entrada de agua de cada estructura.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Ingresar al tanque y realizar la limpieza de las paredes y el fondo mediante una hidrolavadora.
- Durante el mantenimiento, inspeccionar el interior del tanque evidenciando posibles grietas o daños en la estructura, para reportar y reparar de inmediato.
- Al terminar el mantenimiento, cerrar las válvulas de desagüe y abrir la entrada de agua normalizando el tratamiento y suministro de agua potable a la población
- Diligenciar el **Formato 15**. Mantenimientos generales en la PTAP.

8.12. Tratamiento de lodos

En el tratamiento del agua destinada al consumo humano, las sustancias en suspensión y algunas otras disueltas, junto a los residuos de los coagulantes y otros reactivos empleados en el tratamiento, son separadas del agua, quedando un residuo de distinta naturaleza. En un tratamiento convencional se pueden encontrar:

- Residuos de la coagulación química generados principalmente en los floculadores, sedimentadores y filtros.
- Residuos de posibles procesos de ablandamiento.
- Residuos de la eliminación de hierro, manganeso y del empleo de permanganato potásico.
- Residuos de carbón activo (sí se emplea carbón en polvo en el proceso de potabilización).

El manejo que se le ha dado a los lodos efluentes de PTAP basados en coagulación química incluye el almacenamiento en lagunas por períodos de tiempo indefinidos, incineración, espesamiento y deshidratación; en estas últimas se obtienen reducciones de humedad entre 30-40 % para llevarlos a disposición final (Gutierrez, Ramirez, Rivas, Linares, & Paredes, 2014).

En la PTAP Granada se cuenta con un tratamiento de lodos compuesto de (1) tanque de espesamiento de lodos y (2) lechos de secado para llevar a cabo el proceso de deshidratación. (ver. **Fig 34**).

Los lodos en la PTAP son generados en los floculadores y el sedimentador y en las aguas de lavado de los filtros, estos se transportan mediante un canal común ubicado debajo de las estructuras hacia una caja en concreto situada antes del tanque de espesamiento. A la caja en concreto llegan diferentes tuberías:

- Tubería 1 (\emptyset 4''): Desagüe de la cámara de quietamiento, el sistema de aireación y el canal de aproximación.
- Tubería 2 (\emptyset 4''): Bypass de la PTAP.
- Tubería 3 (\emptyset 6''): Lodos y aguas de lavado de la PTAP correspondientes de los floculadores, filtros y el sedimentador.

Además, de la caja en concreto salen las siguientes tuberías:

- Tubería 4 (\emptyset 4''): Hacia el tanque de espesamiento. Esta tubería cuenta con su respectiva compuerta para cerrar el paso del agua.
- Tubería 5 (\emptyset 4''): Hacia la fuente receptora, también con su respectiva compuerta.

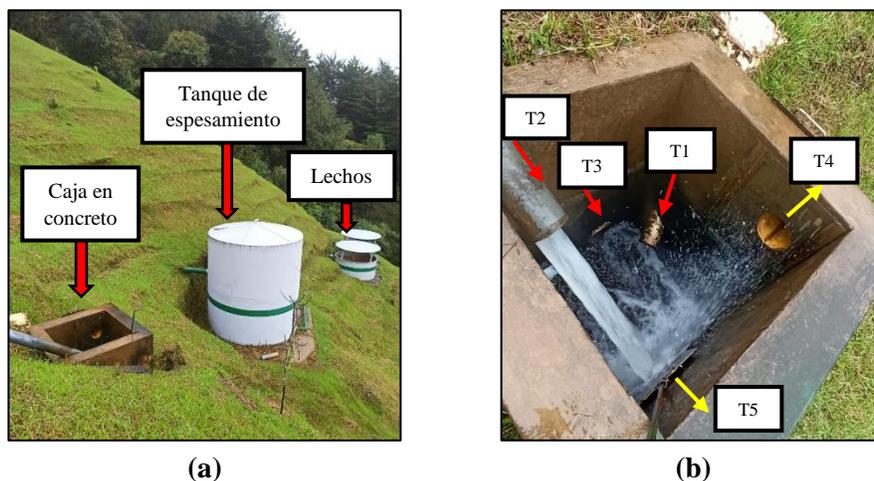


Fig 34. Tratamiento de lodos en la PTAP.

(a) Estructuras que conforman el tratamiento de lodos, (b) Interior de la caja en concreto.

La entrada al tanque de espesamiento se controla con la compuerta de la tubería 4. Al tanque de espesamiento se ingresan únicamente los lodos y aguas de lavado provenientes de la tubería 3, las demás se llevan hacia la fuente receptora (tubería 5) (ver. **Fig 34**). El tanque cuenta con: una tubería bypass ubicada en la parte superior para aliviar las aguas de excesos en la estructura, una tubería en el centro del tanque con su respectiva válvula que se utiliza para evacuar las aguas clarificadas y una tubería en el fondo con su válvula para casos de emergencia en los que se requiera desocupar totalidad del tanque, todas las tuberías se conectan y descargan a la fuente receptora. (ver. **Fig 35**).

En el fondo del tanque de espesamiento se encuentra ubicada otra tubería que se encarga de transportar los lodos sedimentados y espesados hacia los lechos de secado, los cuales tienen una válvula por celda para depositar los lodos y llevar a cabo el proceso de deshidratación. (ver. **Fig 35**).

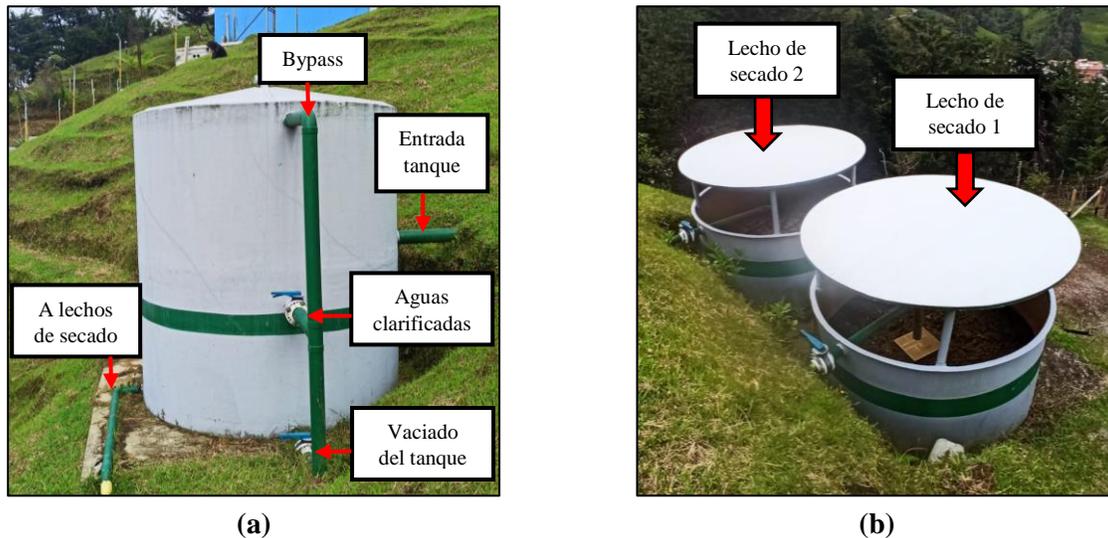


Fig 35. Partes del tratamiento de lodos.

(a) Tanque de espesamiento, (b) Lechos de secado.

8.12.1. Operación y mantenimiento del tanque de espesamiento

La operación y mantenimiento del tanque de espesamiento consiste básicamente en transportar los lodos y aguas de lavado hacia la estructura (ver. **Fig 36**). Para realizar dicha actividad el personal operativo debe:

- Instalar la compuerta de la tubería 5, la cual va hacia la fuente receptora. De esta forma se evita que los lodos descarguen a la fuente sin un tratamiento previo. Esta compuerta debe permanecer retirada en condiciones normales. Se instala únicamente en el momento del lavado de los floculadores, el sedimentador y los filtros.
- Retirar la compuerta de la tubería 4 que transporta los lodos y aguas de lavado hacia el tanque de espesamiento. Esta compuerta debe permanecer instalada, se retira solo para el lavado de las unidades de tratamiento, en el cual se requiere ingresar lodos al tanque de espesamiento.
- Abrir la válvula de desagüe de la unidad de tratamiento en la cual requiere realizar el lavado (floculadores, sedimentador o filtros descendentes).
- Al terminar la limpieza, cerrar la válvula de desagüe de la unidad de tratamiento en cuestión y ubicar las compuertas en sus posiciones iniciales.
- Esperar mínimo 24 horas para que se lleve a cabo un espesamiento óptimo en el tanque, antes de descargar los lodos hacia los lechos de secado.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

8.12.2. Operación y mantenimiento de lechos de secado

Una de las actividades de operación y mantenimiento en los lechos de secado consiste en transportar los lodos del tanque de espesamiento hacia las celdas (ver. **Fig 36**). Para esta actividad el personal operativo debe:

- Verificar que el lodo en el fondo del tanque se encuentre en condiciones óptimas de espesamiento. Es decir, que se diferencie claramente la capa de lodo y de agua en el interior del tanque.
- Abrir la válvula 34 del tanque de espesamiento, para evacuar el agua clarificada hacia la fuente receptora. Cerrar la válvula después de evacuar la totalidad de agua clarificada.
- Abrir la válvula del lecho de secado en el cual se desea purgar el lodo (válvula 36 o 37).
- Esperar a que la celda se ocupe de lodo hasta su límite máximo.
- Cerrar la válvula del lecho de secado utilizado.
- Diligenciar el **Formato 13**. Purgas y extracción de material en lechos de secado.

Posterior a la purga de lodo en los lechos de secado, el personal operativo debe inspeccionar las celdas continuamente para revisar el proceso de secado y tomar la decisión de retirar el lodo en el momento que se encuentre con un porcentaje de humedad bajo. Para esta actividad el operador debe seguir los siguientes pasos:

- Retirar el lodo deshidratado mediante una pala y depositarlo en recipientes o costales.
- Pesar el material extraído haciendo uso de una balanza.
- Almacenar el material para transportarlo a disposición final. Se recomienda que el material extraído se lleve al relleno sanitario del municipio.
- Reportar las novedades de la actividad realizada en el **Formato 13**. Purgas y extracción de material en lechos de secado, además, anotar el peso del material extraído en la actividad.



(a)



(b)



(c)

Fig 36. Operación y mantenimiento del tratamiento de lodos.

(a) Operación de compuertas, (b) Válvula de desagüe de aguas clarificadas, (c) Purga de lodo en celdas.

8.13. Red de distribución

La red de distribución es un conjunto de tuberías que permiten transportar el agua potable desde los tanques de almacenamiento hacia la casa de cada habitante o suscriptor. La red de distribución de la PTAP Granada cubre todo el casco urbano, con tuberías en PVC que tienen una longitud total de 7.718 m y cuentan con diámetros desde 6'' a 1''. (ver. **Tabla 8**).

La red de distribución funciona como un solo sistema mallado, tiene una alta cobertura del 98% de la población. En las zonas periféricas de la población es muy común encontrar viviendas que además del servicio de acueducto municipal se abastecen de nacimientos o acueductos veredales cercanos. (Empresa de Servicios Públicos de Granada, 2012).

Tabla 8. Longitud de la red de distribución.

Diámetro tubería (pulgada)	1	1½	2	2½	3	4	6	Total
Longitud (m)	369	1.602	3.892	388	1.048	241	178	7.718

Tomado de: Descripción del sistema de acueducto urbano del municipio de Granada. (E.S.P.G, 2012)

8.13.1. Operación y mantenimiento de la red de distribución

La operación y mantenimiento en la red de distribución consiste en diferentes actividades de inspección y reparación que debe llevar a cabo el operador de la PTAP o el fontanero encargado para asegurar el funcionamiento eficaz de la red. Posterior a cualquier acción ejecutada en la red, el personal operativo debe diligenciar el **Formato 16**. Inspección de la red de distribución, anotando las novedades encontradas en las tuberías o accesorios. Entre estas actividades a realizar en la red de distribución se encuentran las siguientes:



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Realizar conexiones domiciliarias y suspensiones del servicio cuando sea necesario.
- Operar válvulas de purga en la red como mínimo (1) vez al mes para hacer limpieza interna y eliminar los depósitos de material sedimentado o incrustaciones que se hayan formado en las paredes de las tuberías. Para esto es necesario abrir las válvulas mediante llaves, esperar unos minutos para retirar el sedimento y cerrar nuevamente.
- Hacer las mediciones mensuales de micro medidores en la red para la facturación del agua consumida por los suscriptores.
- La administración debe hacer control de las pérdidas de agua en la red, las cuales se calculan teniendo en cuenta las medidas de los macro medidores (tanques de almacenamiento) y las mediciones individuales (micro medidores). De esta forma es posible detectar y corregir posibles fugas no visibles, conexiones fraudulentas, daños en la red, etc.
- Como mantenimiento preventivo es necesario hacer inspecciones semanales en la red. Chequear y accionar válvulas, purgas, hidrantes y ventosas. Revisar el estado actual de la red, detectar fugas mediante afloramientos de agua, evidenciar daños que estén alterando un consumo excesivo de agua, etc.
- Como mantenimiento correctivo se debe reparar de inmediato todos los daños evidenciados en la red. Por lo general, en la red se presentan fugas continuamente que deben corregirse en el menor tiempo posible utilizando los equipos necesarios para la actividad. Posterior a la reparación oportuna de la fuga, es importante investigar la causa para evitar su repetición.

Nota: En caso de que una fuga en la red implique un daño excesivo en la tubería, se recomienda reemplazarla por una nueva, para evitar la repetición del suceso.

A lo largo de la red, en puntos estratégicos se encuentran ubicadas (8) estaciones de muestreo que permiten tener un control de calidad del agua potable en las tuberías de distribución (ver. **Tabla 8**). Para la operación de **control diario** el personal operativo debe:

- Elegir un punto de muestreo. Revisar el historial y procurar hacer muestreos intercalados para que cada día se realice la actividad en un punto de muestreo diferente.
- Dirigirse al punto de muestreo elegido. Abrir la llave durante unos minutos para purgar la tubería y tomar una muestra.
- Medir pH y cloro residual.
- Diligenciar el **Formato 6**. Parámetros fisicoquímicos en la red de distribución.

Además del control diario, se deben llevar a cabo como mínimo (**3**) **muestreos mensuales**, que deben programarse en conjunto con el personal encargado del área de saneamiento municipal. Este muestreo permite vigilar el cumplimiento de los valores admisibles en los parámetros físico químicos y



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

microbiológicos que no se pueden medir en la PTAP. Para este tipo de muestreos el personal operativo debe:

- Dirigirse hacia el punto de muestreo elegido con el personal del área de saneamiento municipal.
- Abrir la llave durante unos minutos.
- Cerrar la llave.
- Desinfectar el punto de muestreo en su interior. Flamear la boquilla de la llave para terminar con la desinfección.
- Abrir la llave nuevamente y tomar muestras para medir pH, temperatura, cloro residual y turbiedad in situ.
- Para la muestra de parámetros fisicoquímicos, se debe purgar el recipiente con el agua tratada y tomar la muestra.
- Tomar la muestra en el recipiente de parámetros microbiológicos sin realizar purga, ya que esto puede alterar los resultados de la muestra.
- Rotular las muestras y preservar en una nevera con refrigeración
- Transportar la nevera hacia el laboratorio encargado de la medición de los parámetros.
- Diligenciar el **Formato 10**. Toma y envío de muestras al laboratorio.



(a)



(b)



(c)

Fig 37. Control de calidad en la red de distribución.

(a) Desinfección del punto de muestreo, (b) Toma de muestras, (c) Refrigeración de muestras.

9. MUESTRAS DE AGUA CRUDA Y AGUA TRATADA

En la operación de la PTAP Granada, es necesario tomar diferentes muestras de agua cruda y agua tratada en puntos estratégicos, con el fin de medir parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de control necesarios para garantizar agua potable de calidad a la comunidad beneficiada con el servicio.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

A continuación, se presentan los puntos de muestreo específicos de agua cruda y tratada en la PTAP y en la red de distribución, además se especifican los parámetros de control medidos en cada punto.

9.1. Entrada de agua cruda a la PTAP

Esta muestra se toma **cada hora** en el canal de aproximación de la PTAP (ver. **Fig 38**). Su objetivo principal es conocer y evaluar el estado inicial del agua cruda que ingresa a las unidades de tratamiento. En este punto se puede evidenciar la variación en la turbiedad de entrada, que indica un cambio en la dosis aplicada de coagulante (oxifloc), dependiendo de los resultados del test de jarras. Se deben medir los siguientes parámetros y diligenciar el **Formato 1**.

- ✓ pH
- ✓ Turbiedad
- ✓ Temperatura
- ✓ Color



Fig 38. Muestra de agua cruda.

9.2. Salida del agua tratada

Esta muestra se toma en el agua tratada, a la salida del tanque de cloración. La PTAP cuenta con un sistema de bombeo que transporta el agua desde el tanque de cloración hacia la caseta de operación para facilitar la toma de la muestra. Por lo tanto, la muestra se toma en la poceta de la PTAP **cada hora** (ver. **Fig 39**). Esta muestra permite conocer las condiciones de salida del agua tratada, para garantizar que cumpla con los estándares normativos que la convierten en agua potable consumible por la población sin ningún tipo de riesgo. Además, con los resultados de la muestra el personal operativo puede evaluar la eficiencia del tratamiento comparándolos con los resultados de los parámetros en la entrada de la PTAP. En este punto de muestreo es importante dejar correr el agua al menos 2 o 3 minutos antes de la toma definitiva para evitar mediciones incorrectas en los parámetros de control.

En este punto se deben medir los siguientes parámetros y diligenciar el **Formato 2**.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- ✓ pH
- ✓ Turbiedad
- ✓ Temperatura
- ✓ Color
- ✓ Olor
- ✓ Sabor
- ✓ Cloro residual



Fig 39. Muestra de agua tratada.

9.3. Tanques de almacenamiento de agua potable

Se debe tomar una muestra (**1**) vez al día en los tanques de almacenamiento que no están ubicados en la PTAP (Central, La María y la Bomba). El objetivo de esta muestra es garantizar que no haya contaminación externa o cambios en los parámetros de control al transportar el agua tratada hacia los tanques que se encuentran alejados del tanque de cloración. La muestra se toma superficialmente abriendo la tapa de acceso de cada tanque (ver. **Fig 40**). Los parámetros a medir son los siguientes, además se debe diligenciar el **Formato 4**.

- ✓ pH
- ✓ Cloro residual
- ✓ Turbiedad



(a)



(b)



(c)

Fig 40. Toma de muestras en los tanques de almacenamiento.

(a) Tanque Central, (b) Tanque La María, (c) Tanque La Bomba.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

9.4. Red de distribución de agua potable

A lo largo de la red de distribución se encuentran ubicados (8) puntos de muestreo, en los cuales se toman diferentes muestras (ver. **Fig 41**). El objetivo de estas muestras es verificar que no haya una re contaminación de agua potable en la red y que además se esté suministrando agua con condiciones fisicoquímicas y microbiológicas aceptables a los suscriptores. El personal operativo debe tomar una muestra **diaria** en un punto diferente para medir pH y cloro residual y diligenciar el **Formato 6**. Además, se deben tomar **tres muestras mensuales** en un punto aleatorio, diligenciar el **Formato 10** y transportar las muestras a un laboratorio de aguas que debe entregar resultados en los siguientes parámetros:

- | | |
|---------------------|----------------------|
| ✓ Alcalinidad total | ✓ pH |
| ✓ Aluminio | ✓ Sulfatos |
| ✓ Cloruros | ✓ Turbiedad |
| ✓ Color aparente | ✓ Coliformes totales |
| ✓ Dureza total | ✓ Escherichia Coli |
| ✓ Hierro total | ✓ Mesófilos |
| ✓ Nitritos | |

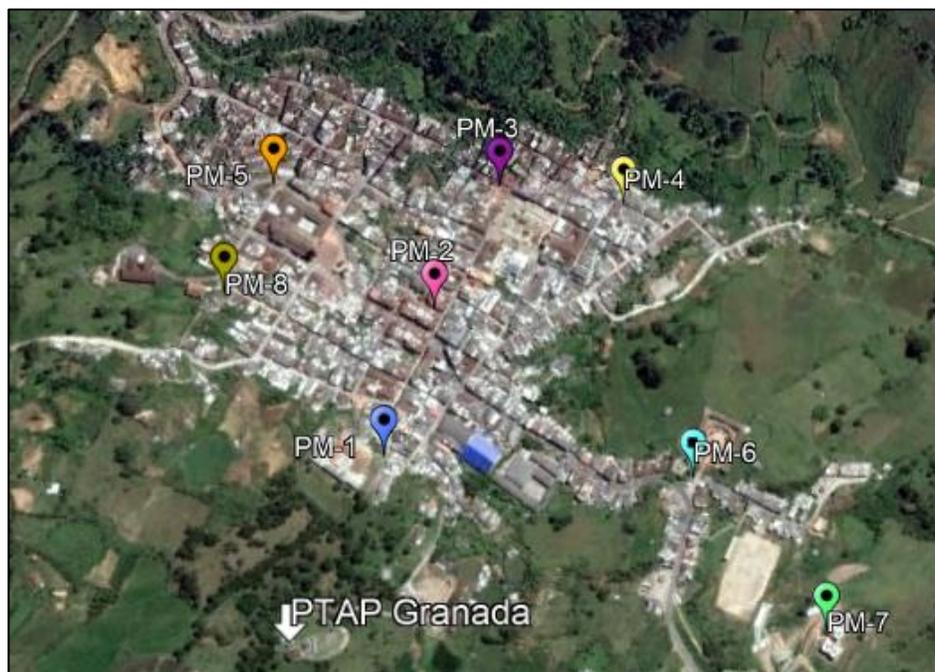


Fig 41. Ubicación de los puntos de muestreo de la red.

Tomado de: Google Earth. Autoría propia. PM: Punto de muestreo.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

A continuación, en la **Tabla 9** se presentan los puntos de muestreo de la red de distribución, con sus respectivas ubicaciones en el municipio.

Tabla 9. Puntos de muestreo en la red de distribución.

PUNTO DE MUESTREO 1 (PM-1)	
<p>Calle 21 con Carrera 26. Rampa de entrada a la sección B INEJAGO.</p> <p>Se encuentra ubicado cerca al hospital Padre Clemente Giraldo y a la sección B Institución Educativa Jorge Alberto Gómez Gómez (INEJAGO). Corresponde al inicio de la red.</p> <p>Latitud: 6° 8'31.50"N, Longitud: 75°11'8.90"O</p>	
PUNTO DE MUESTREO 2 (PM-2)	
<p>Carrera 22ª entre las calles 21 y 22.</p> <p>Está ubicado cerca al Parque Guillermo Gaviria. Corresponde a una red intermedia.</p> <p>Latitud: 6° 8'36.48"N Longitud: 75°11'7.08"O</p>	
PUNTO DE MUESTREO 3 (PM-3)	
<p>Carrera 20 entre las calles 21 y 22.</p> <p>Ubicado en el parque principal y corresponde al final de la red.</p> <p>Latitud: 6° 8'40.75"N Longitud: 75°11'4.65"O</p>	
PUNTO DE MUESTREO 4 (PM-4)	
<p>Carrera 19 entre las calles 19 y 18.</p> <p>Está ubicado en la Carrera Salazar y Herrera entre las calles Sucre y Córdoba. Corresponde al fin de la red.</p> <p>Latitud: 6° 8'39.97"N, Longitud: 75°11'0.31"O</p>	



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

<p align="center">PUNTO DE MUESTREO 5 (PM-5)</p>	
<p>Carrera 22 con la esquina de la calle 24.</p> <p>Está ubicado por la Sección A Institución Educativa Jorge Alberto Gómez Gómez, en la vía hacia San Carlos. Corresponde a un punto intermedio de la red.</p> <p>Latitud: 6° 8'41.07"N, Longitud: 75° 11'12.61"O</p>	
<p align="center">PUNTO DE MUESTREO 6 (PM-6)</p>	
<p>Está ubicado en la entrada del cementerio municipal. Este punto de muestreo es poco utilizado ya que existen riesgos de contaminación con agua cruda en el sector. Corresponde al fin de la red de distribución.</p> <p>Latitud: 6° 8'30.29"N Longitud: 75° 10'58.23"O</p>	
<p align="center">PUNTO DE MUESTREO 7 (PM-7)</p>	
<p>Está localizado cerca de la urbanización Hogares Campesinos.</p> <p>Está ubicado a lo largo y ancho de la red de distribución y corresponde al fin de la red.</p> <p>Latitud: 6° 8'24.70"N Longitud: 75° 10'53.70"O</p>	
<p align="center">PUNTO DE MUESTREO 8 (PM-8)</p>	
<p>Calle 24 Cra 25.</p> <p>Está ubicado cerca de la Urbanización Villa María. Se encuentra a lo largo y ancho de la red y corresponde a un punto de muestreo intermedio en la red de distribución.</p> <p>Latitud: 6° 8'37.60"N, Longitud: 75° 11'14.50"O</p>	

Nota: Ver la **Fig 41**, para tener claridad en la ubicación geográfica de los puntos de muestreo.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

10. PARÁMETROS DE CONTROL EN LA PTAP Y EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

En la PTAP Granada es de suma importancia medir los parámetros fisicoquímicos de control, indispensables para verificar el correcto funcionamiento de los procesos y tomar decisiones a tiempo para cumplir con la normatividad vigente y garantizar agua de buena calidad a la población.

A continuación, se describen los parámetros de control que debe medir el personal operativo en los diferentes puntos de muestreo y los pasos a seguir para realizar dichas mediciones.

10.1. Caudal de entrada

Conocer el caudal de entrada en la PTAP permite tener un registro del volumen de agua tratado. Además, dependiendo de la demanda de la población el personal operativo debe graduar el caudal de ingreso a la planta de tratamiento mediante la válvula de entrada (válvula 1), para lo cual es necesario medir continuamente dicho parámetro.

La medición del caudal de entrada consiste en observar la altura de la lámina de agua en (cm) en la reglilla ubicada antes del vertedero rectangular, verificar la correspondencia de la altura de la lámina de agua (cm) con el caudal en (L/s) mediante la tabla de caudales que se tiene en la caseta de la PTAP y registrar el valor en el formato correspondiente.

10.2. pH

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un hidróxido (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes. Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. (CEPIS, 2004).

El valor admisible de este parámetro a la salida de la PTAP y en la red de distribución debe estar en el **rango de 6,5 a 9,0** unidades de pH para consumo humano. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, 2007)

En la PTAP Granada se cuenta con un pH-metro para tomar las medidas de este parámetro. Para medir pH el personal operativo debe: (ver. **Fig 42**)

- Tomar la muestra en los diferentes puntos de medición.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Encender el pH-metro y lavar el electrodo con agua destilada.
- Introducir el electrodo en la muestra de agua, esperar a que se estabilice y medir el pH.

Para medir el pH en la red de distribución y en los tanques de almacenamiento, se utiliza el kit de discos de color que permite una medición rápida y ágil del parámetro. Para esto, el personal operativo debe: (ver. **Fig 42**)

- Tomar la muestra en los diferentes puntos de medición y agregarla al tubo del kit de discos, después de realizar la respectiva purga.
- Agregar de 2 a 3 gotas del reactivo en el tubo con la muestra y agitar rápidamente durante 5 segundos aproximadamente.
- Insertar el tubo en el comparador y girar la rueda hasta que la muestra coincida con un color de referencia.
- Medir el pH que marque el comparador.



(a)



(b)

Fig 42. Medición de pH.

(a) pH-metro, (b) Discos de color.

Nota: El personal operativo debe llevar un seguimiento minucioso de este parámetro. En caso de evidenciar un pH ácido que pueda afectar el proceso de desinfección, debe considerar la dosificación de un estabilizador de pH, como el silicato de sodio.

10.3. Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. (CEPIS, 2004).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Para medir este parámetro fisicoquímico, el personal operativo debe: (ver. **Fig 43**)

- Tomar la muestra en los diferentes puntos de medición.
- Ingresar el electrodo del termómetro en el recipiente y esperar hasta que se establezca la medición.
- Tomar nota de la temperatura y registrar en el formato correspondiente.



Fig 43. Medición de temperatura.

10.4. Turbiedad

La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por otra parte, en el proceso de eliminación de los organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbiedad reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbiedad en la fuente de abastecimiento, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección. (CEPIS, 2004).

La Resolución 2115 de 2007 establece que las aguas de consumo humano deben tener valores de turbiedad **menores a 2 UNT** (<2 UNT). Además, las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan que, para una desinfección eficiente, el agua filtrada debería tener una turbiedad promedio menor o igual a una 1 UNT.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Para medir este parámetro, el personal operativo debe seguir los siguientes pasos: (ver. **Fig 44**)

- Tomar la muestra en el punto específico.
- Agregar la muestra en el tubo de vidrio del equipo para medir turbiedad. Llenar con la muestra hasta la marca del tubo.
- Limpiar el tubo con una toalla absorbente. Esto evita errores en la medición por partículas adheridas al tubo.
- Insertar el tubo en el turbidímetro y oprimir el botón de medición.
- Medir la turbiedad y diligenciar el formato correspondiente.



(a)



(b)

Fig 44. Medición de turbiedad.

(a) Operario midiendo turbiedad, (b) Turbidímetro.

10.5. Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. El color se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, puede originarse por las siguientes causas:

- ✓ La extracción acuosa de sustancias de origen vegetal
- ✓ La descomposición de la materia
- ✓ La materia orgánica del suelo
- ✓ La presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar que la aplicación de cloro como desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno. (CEPIS, 2004)

En agua para consumo humano los valores en la medición de color deben ser **menores a 15 UC** (<15 UC). (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, 2007).

El color se mide por método espectrofotométrico mediante un colorímetro y tiene unidades de UC (Unidades de Color). Para medir este parámetro el personal operativo debe: (ver. **Fig 45**)

- Tomar la muestra en el punto de muestreo.
- Depositar la muestra en el tubo del colorímetro y llenar hasta la señal.
- Limpiar la pared exterior del tubo para evitar interferencias en la medición.
- Insertar el tubo en el colorímetro y oprimir el botón READ para realizar la medición.
- Leer el valor del color y registrar en el formato correspondiente.



(a)



(b)

Fig 45. Medición de color.

(a) Operario midiendo color, (b) Colorímetro.

10.6. Olor y sabor

Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor. En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas crudas pueden ser compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas o provenir de descargas de desechos industriales. La eliminación de los olores puede realizarse mediante la aireación o la adición de carbón activado. (CEPIS, 2004).

La Resolución 2115 de 2007, recomienda como criterio que, por razones organolépticas, las fuentes de abastecimiento deben estar razonablemente exentas de olor y sabor; es decir, en términos generales, que se encuentren en un **nivel aceptable**.

Esta medición se realiza utilizando los sentidos (medida organoléptica), por lo cual el personal operativo debe tener el criterio para decidir si el agua tratada es aceptable o inaceptable en olor y sabor. Para esta medición, el operador debe tomar la muestra de agua tratada, probarla y olerla, verificar su estado (aceptable o inaceptable) y registrar en el formato correspondiente.

10.7. Cloro residual

El cloro residual es un parámetro de control muy importante en la PTAP, ya que permite vigilar el cumplimiento de la normatividad para entregar agua potable de calidad a la población. El valor aceptable del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre **0,3 y 2,0 mg/L**. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, 2007).

El cloro residual se mide utilizando un kit de comparación de color que arroja la medición del cloro en mg/L. Para hacer esta medición, el personal operativo debe seguir los siguientes pasos: (ver. **Fig 46**)

- Tomar la muestra en el punto de interés.
- Enjuagar o purgar la celda (tubo) repetidas veces con la misma muestra.
- Llenar el tubo con la muestra a analizar.
- Inmediatamente después de recolectada la muestra en la celda, añadir el contenido completo del reactivo (sachet de DPD). Lo correcto es emplear la menor cantidad de tiempo posible en este paso, ya que el cloro es muy volátil. Para ahorrar unos segundos, es necesario tener previamente el sachet de DPD abierto antes de la toma de muestra. La aparición de un color rosado o fucsia es indicador cualitativo de presencia de cloro residual libre.
- Agitar rápidamente por unos 5 segundos hasta que el reactivo se disuelva.
- Insertar el tubo en el compartimiento del colorímetro visual, tal que se permita la comparación de colores de la escala del disco con la muestra. Una intensidad fuerte del color rosa indica una mayor concentración de cloro residual libre que una tonalidad más tenue (rosado ligero).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Girar el disco hasta encontrar un color similar al patrón y observar la correspondencia del color a la concentración de cloro en mg/L. Anotar el valor del cloro residual y registrar en el formato correspondiente.



(a)



(b)

Fig 46. Medición de cloro residual.

(a) Operario realizando medición de cloro residual, (b) Kit de comparación de color para medir cloro.

11. PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA PTAP

En la PTAP Granada se utilizan diferentes productos químicos, los cuales son necesarios para la operación del sistema de tratamiento. Se sugiere utilizar elementos de protección personal (guantes, mascarilla y bata de laboratorio) para su manipulación, tenerlos almacenados correctamente, separados de los demás elementos en un lugar con buena ventilación, es indispensable, además, tener a la mano las fichas técnicas de estos productos químicos para proceder en caso de una emergencia y evitar accidentes graves.

Es necesario tener un registro diario del gasto de químicos en la PTAP, para lo cual, el personal operativo debe reportar los consumos de oxifloc y cloro gaseoso al iniciar y finalizar cada jornada laboral (7:00 y 19:00), anotando el peso consumido en el **Formato 8**. Consumo de químicos en la PTAP.

Nota: En el formato 8, también debe registrarse el consumo de hipoclorito de sodio y silicato de sodio en caso de utilizarse para situaciones de emergencia.

Mensualmente, el personal operativo debe hacer el balance de químicos, el cual permite conocer la existencia y consumo total del mes para la gestión de productos químicos en la PTAP. El operador debe diligenciar en el **Formato 9**. Balance mensual de químicos: 1) la existencia de químicos del mes anterior y 2) la entrada de productos químicos a la PTAP en el mes actual.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Nota: Al diligenciar 1) y 2), el formato arroja automáticamente la existencia de productos químicos al finalizar el mes de interés. Este cálculo se realiza teniendo en cuenta el consumo total del mes extraído del Formato 8, la existencia de químicos del mes anterior y las entradas de productos químicos, así:

Existencia del químico al finalizar el mes = Existencia mes anterior + Entradas de químicos – Consumo total del mes

A continuación, se presentan los productos químicos utilizados en la PTAP y su propósito en el tratamiento del agua potable:

- **Oxifloc:** Es un producto químico utilizado en el proceso de coagulación de la planta de tratamiento. El oxifloc se debe dosificar continuamente y de manera controlada realizando el test de jarras para encontrar el caudal de dosificación óptimo. Este producto es entregado preparado para su dosificación, por lo tanto, el operador solo debe velar por tener el producto en cantidades apropiadas para el tratamiento.
- **Cloro gaseoso:** Este producto se dosifica de forma continua en el tanque de cloración. Es importante para realizar el proceso de desinfección del agua en la planta de tratamiento. Su dosificación se lleva a cabo realizando pruebas de laboratorio que permiten hacer la curva de demanda de cloro y encontrar la concentración óptima a agregar. Para agregar este producto es necesario que la PTAP cuente con energía eléctrica para la extracción del cloro gaseoso del cilindro de almacenamiento.
- **Hipoclorito de sodio:** Es un compuesto químico líquido (NaClO), utilizado para desinfectar el agua en situaciones de emergencia tales como la suspensión del servicio de energía eléctrica en la PTAP. En este caso es necesario dosificar el desinfectante de forma manual.
- **Silicato de sodio:** Este compuesto es utilizado principalmente para aumentar el pH del sistema de tratamiento, además reduce el plomo, cobre y otros metales pesados presentes en el agua actuando como inhibidor de corrosión en la red de distribución. Este producto se encuentra disponible en la PTAP Granada, aunque no es muy utilizado ya que el oxifloc disminuye el uso de correctores de pH. En caso de evidenciar una disminución del pH en el proceso de tratamiento, el personal operativo debe dosificar manualmente el silicato de sodio en el resalto hidráulico del vertedero rectangular donde se genera la mezcla rápida.

12. IDENTIFICACIÓN DE VÁLVULAS Y COMPUERTAS

La PTAP Granada cuenta con diferentes válvulas que permiten la operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento. (ver. **Fig 47**)



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

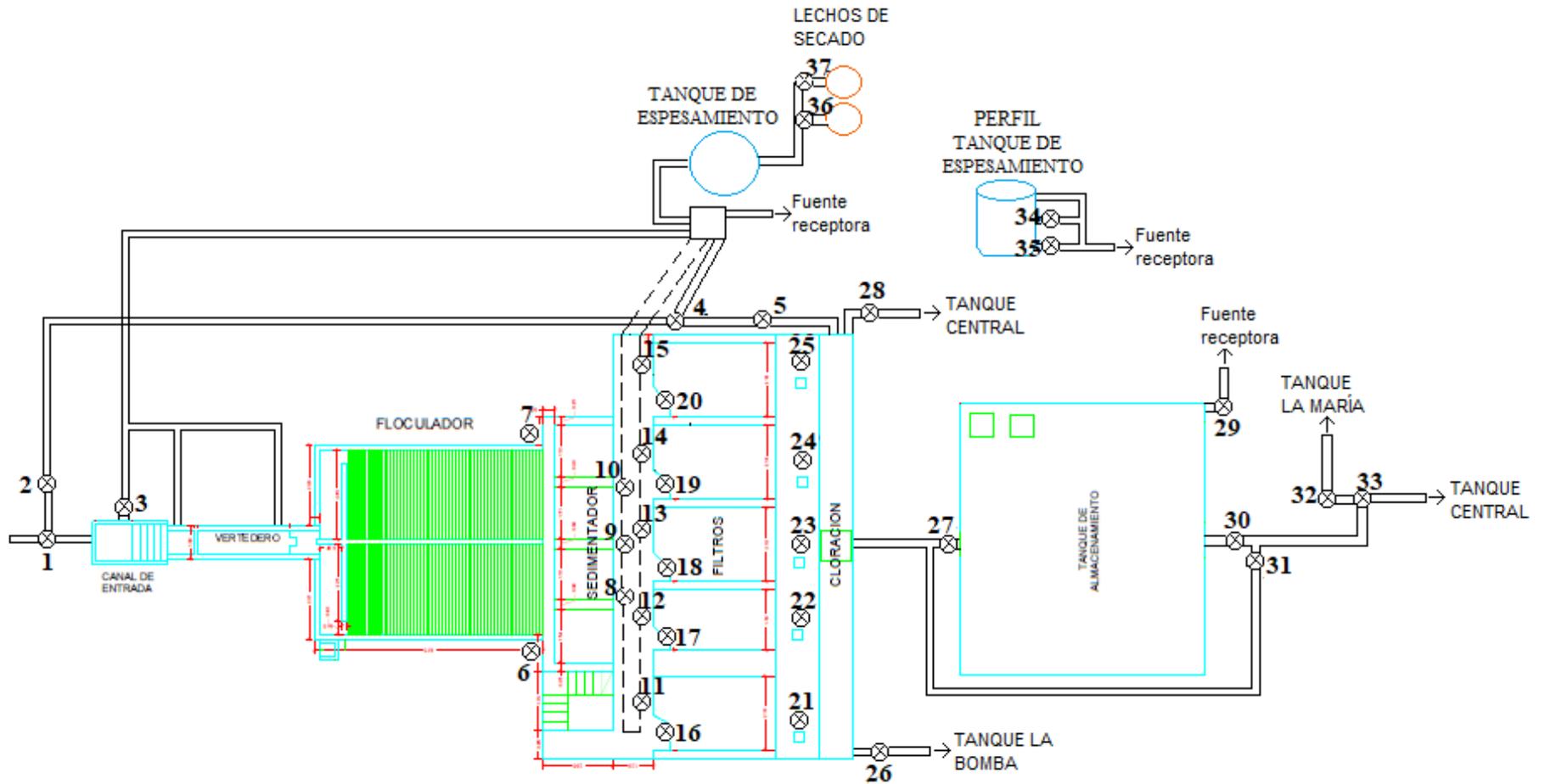


Fig 47. Diagrama de válvulas de la PTAP Granada.

Nota: Realizado por: Astrid Macías.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

A continuación, en la **Tabla 10** se presenta el listado de las válvulas de la PTAP, con su respectiva ubicación, función y operación normal.

Tabla 10. Listado de válvulas de la PTAP y su función.

NÚMERO VÁLVULA	UBICACIÓN	FUNCIÓN	OPERACIÓN NORMAL
1	Entrada de la PTAP	Permite el ingreso de agua cruda a la PTAP. Conecta la tubería de conducción con la entrada a la planta de tratamiento.	Abierta
2		Bypass de agua cruda, utilizada para desviar el agua e impedir su entrada a los tratamientos de la PTAP.	Cerrada
3	Cámara de quietamiento	Desagüe de la cámara de quietamiento. En general, es utilizada para desocupar la estructura en cualquier mantenimiento.	Cerrada
4	Costado de los filtros	Bypass hacia la caja de concreto (ubicada antes del tanque de espesamiento). Se conecta con la válvula 2 para evacuar el agua cruda hacia la caja de concreto.	Cerrada
5	Costado tanque de cloración	Bypass hacia el tanque de cloración. Se conecta con las válvulas 2 y 4 para transportar el agua cruda hacia el tanque de cloración.	Cerrada
6	Salida del floculador 1	Permite el flujo de agua del floculador 1 hacia el sedimentador.	Abierta
7	Salida del floculador 2	Permite el flujo de agua del floculador 2 hacia el sedimentador.	Abierta
8	Canal de recolección de lodos y aguas de lavado. Ubicado por debajo de las estructuras entre el sedimentador y los filtros.	Purga del floculador 1. Se utiliza para la limpieza de la unidad de tratamiento.	Cerrada
9		Purga del sedimentador de alta tasa. Se utiliza para la limpieza de la unidad de tratamiento.	Cerrada
10		Purga del floculador 2. Se utiliza para la limpieza de la unidad de tratamiento.	Cerrada
11		Desagüe del lecho filtrante correspondiente al filtro 1.	Cerrada
12		Desagüe del lecho filtrante correspondiente al filtro 2.	Cerrada
13		Desagüe del lecho filtrante correspondiente al filtro 3.	Cerrada
14		Desagüe del lecho filtrante correspondiente al filtro 4.	Cerrada
15		Desagüe del lecho filtrante correspondiente al filtro 5.	Cerrada
16	Filtro 1	Desagüe o lavado del filtro 1. Se utiliza para el retrolavado de los filtros o para un mantenimiento.	Cerrada
17	Filtro 2	Desagüe o lavado del filtro 2. Se utiliza para el retrolavado de los filtros o para un mantenimiento.	Cerrada
18	Filtro 3	Desagüe o lavado del filtro 3. Se utiliza para el retrolavado de los filtros o para un mantenimiento.	Cerrada
19	Filtro 4	Desagüe o lavado del filtro 4. Se utiliza para el retrolavado de los filtros o para un mantenimiento.	Cerrada
20	Filtro 5	Desagüe o lavado del filtro 5. Se utiliza para el retrolavado de los filtros o para un mantenimiento.	Cerrada
21	Salida del filtro 1	Permite el flujo de agua desde el filtro 1 hacia el tanque de cloración.	Abierta
22	Salida del filtro 2	Permite el flujo de agua desde el filtro 2 hacia el tanque de cloración.	Abierta



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

23	Salida del filtro 3	Permite el flujo de agua desde el filtro 3 hacia el tanque de cloración.	Abierta
24	Salida del filtro 4	Permite el flujo de agua desde el filtro 4 hacia el tanque de cloración.	Abierta
25	Salida del filtro 5	Permite el flujo de agua desde el filtro 5 hacia el tanque de cloración.	Abierta
26	Salida del tanque de cloración	Permite el flujo de agua tratada desde el tanque de cloración hacia el tanque de la Bomba	Abierta
27	Entrada del tanque de almacenamiento	Permite el flujo de agua tratada desde el tanque de cloración hacia el tanque de almacenamiento ubicado en la PTAP	Abierta
28	Salida del tanque de cloración	Permite el flujo de agua tratada desde el tanque de cloración hacia el tanque Central	Abierta
29	Fondo del tanque de almacenamiento	Desagüe del tanque de almacenamiento hacia la fuente receptora. Se utiliza principalmente para el mantenimiento del tanque.	Cerrada
30	Salida del tanque de almacenamiento	Permite el flujo desde el tanque de almacenamiento hacia los tanques de La María y el Central	Abierta
31		Bypass del tanque de almacenamiento para transportar el agua tratada directamente a los tanques de La María y el central (sin pasar por el tanque de almacenamiento de la PTAP).	Cerrada
32		Permite el flujo de agua hacia el tanque de La María	Abierta
33		Permite el flujo de agua hacia el tanque Central	Cerrada
34	Altura media del tanque	Desagüe del agua clarificada del tanque de espesamiento hacia la fuente receptora. Se usa en el momento de purgar lodo a los lechos para evacuar el agua clarificada.	Cerrada
35	Fondo del tanque de espesamiento	Desagüe del tanque de espesamiento hacia la fuente receptora. Se usa para situaciones de emergencia en las cuales se necesite desocupar el tanque.	Cerrada
36	Lecho de secado 1	Purga de lodo desde el tanque de espesamiento hacia el lecho de secado 1	Cerrada
37	Lecho de secado 2	Purga de lodo desde el tanque de espesamiento hacia el lecho de secado 2	Cerrada

A continuación, en la **Tabla 11**, se presenta el listado de compuertas de la PTAP Granada y su respectiva función.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Tabla 11. Listado de compuertas de la PTAP.

NÚMERO DE COMPUERTA	FUNCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
1	Permite aislar la entrada de flujo al floculador 1. Se utiliza principalmente para la limpieza y purga de la unidad de tratamiento. En condiciones normales permanece retirada.	
2	Permite aislar la entrada de flujo al floculador 2. Se utiliza para la limpieza de la unidad. En condiciones normales permanece retirada	
3	Permite aislar la entrada de flujo al filtro 1. Se utiliza para el retro lavado y para retirar de operación algún filtro.	
4	Permite aislar la entrada de flujo al filtro 2.	
5	Permite aislar la entrada de flujo al filtro 3.	
6	Permite aislar la entrada de flujo al filtro 4.	
7	Permite aislar la entrada de flujo al filtro 5.	
8	Permite aislar la entrada de agua o lodo hacia el tanque de espesamiento. Esta compuerta permanece instalada, se retira únicamente cuando se requiere ingresar las aguas de lavado o los lodos al tanque de espesamiento.	
9	Permite aislar el flujo hacia la fuente receptora de la PTAP. Esta compuerta permanece retirada, se instala principalmente para que las aguas de lavado y los lodos no descarguen a la fuente receptora y por el contrario se depositen en el tanque de espesamiento.	



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

12.1. Operación de las válvulas

Las compuertas metálicas se accionan manualmente, instalándolas o retirándolas a través de la parte superior de las ranuras con empaques que tienen las unidades.

Las válvulas también son de accionamiento manual, algunas de las válvulas se identifican abiertas estando en paralelo o vertical con la tubería y cerradas cuando se encuentran perpendicular u horizontal a esta. Otras válvulas de la PTAP se abren dando varias vueltas hacia la izquierda en sentido contrario a las manecillas del reloj (open) y se cierran dando vueltas hacia la derecha en sentido de las manecillas del reloj (shut), algunas de estas se abren utilizando únicamente las manos, en otras se debe usar una cruceta para lograr su accionamiento con mayor facilidad. (ver. **Fig 48**)

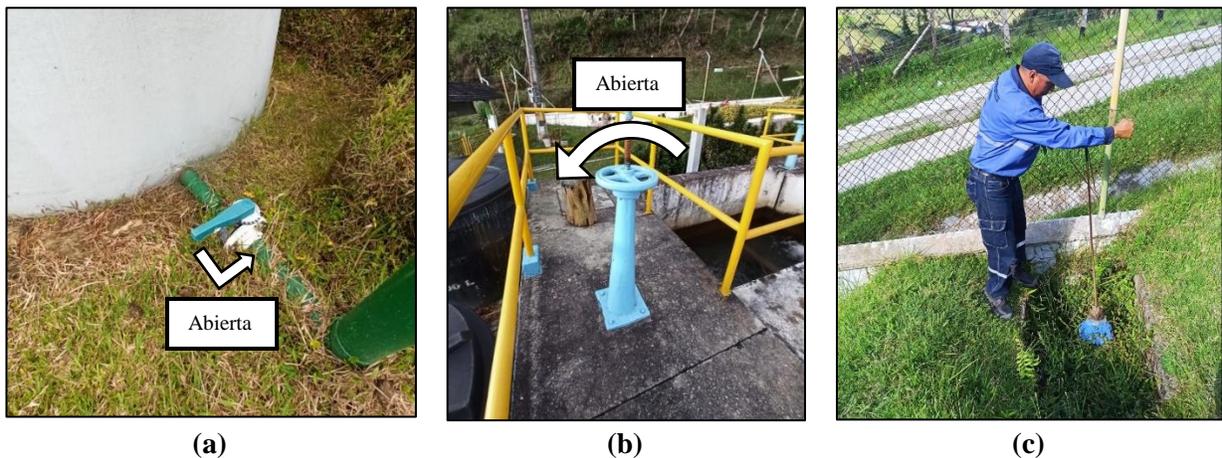


Fig 48. Accionamiento de válvulas en la PTAP.

(a) Válvulas de un solo giro, (b) Válvulas de varios giros, (c) Cruceta para accionar válvulas.

13. CONTROLES DIARIOS

A continuación, se presenta un resumen de las actividades que deben ser ejecutadas a diario para tener una operación correcta y lograr un funcionamiento eficiente de cada unidad de tratamiento.

- Realizar inspección previa a las unidades de la PTAP, la caseta de operaciones y demás estructuras y accesorios, antes de comenzar la operación rutinaria del día, esto con el fin de evidenciar posibles novedades o daños.
- Medición y regulación del caudal de entrada a la PTAP cada hora, mediante el vertedero rectangular.
- Medición de parámetros en el agua cruda cada hora: pH, turbiedad, temperatura y color.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Realizar como mínimo (1) ensayo de jarras al iniciar la jornada laboral. Luego, dependiendo del cambio en la turbiedad a lo largo del día, hacer los ensayos que sean necesarios para la dosificación óptima del coagulante.
- Medición de parámetros en el agua tratada cada hora a la salida del tanque de cloración: pH, turbiedad, temperatura, color, olor y sabor. Verificar que cumplan con los valores máximos admisibles por normatividad.
- Medición de cloro residual en el agua tratada a la salida del tanque de cloración, con una frecuencia de mínimo (4) veces en el día. Verificar que el cloro residual esté dentro del rango recomendado para agua potable (0,3 a 2,0 mg/L), en caso de tener un valor muy bajo o muy cercano al límite, entonces se debe aumentar la dosificación en la bomba.
- Revisión del nivel de los tanques de almacenamiento, con una frecuencia entre (4) o (5) veces durante la jornada laboral. Medir la altura de la lámina de agua para calcular el volumen almacenado en cada tanque.
- Medición diaria de pH, cloro residual y turbiedad en cada tanque de almacenamiento
- Medición diaria de pH y cloro residual en un punto de medición aleatorio de la red de distribución. Vigilar que el cloro residual se encuentre dentro del rango recomendado, en caso contrario graduar la dosificación de la bomba en la caseta de operación para regular la concentración de cloro en la red.
- Retro lavado de filtros como mínimo (1) vez al día, dependiendo de la pérdida de carga en cada filtro.
- Reportar la medición de macro medidores en cada uno de los tanques a las 7:00 (inicio de turno y a las 19:00 (final del turno).
- Registrar el consumo de cloro gaseoso y oxifloc al iniciar y terminar la jornada laboral (7:00 y 19:00 horas). En caso de utilizar hipoclorito o silicato de sodio también es necesario reportar el consumo.

14. CONTROLES SEMANALES

Los controles semanales que deben ejecutarse en la PTAP Granada son los siguientes:

- Realizar (3) muestreos al mes en un punto aleatorio de la red de distribución, programados con la inspección sanitaria del municipio. Se recolectan y transportan muestras para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en un laboratorio de aguas. Se miden in situ parámetros como pH, cloro residual y turbiedad.
- Programar y realizar la purga y limpieza de los floculadores y el sedimentador de alta tasa cada 15 o 20 días, dependiendo de la necesidad evidenciada por el personal operativo.
- Revisión de bocatoma, desarenador, aducción y conducción como mínimo (1) vez a la semana.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Inspección de la red de distribución como mínimo (1) vez semanal.
- Llevar a cabo el ensayo de demanda de cloro para la dosificación óptima de cloro gaseoso en la PTAP.
- Aseo general en la caseta de operación.

15. CONTROLES MENSUALES O ANUALES

A continuación, se describen los controles mensuales que se deben realizar en la PTAP Granada:

- Mantenimiento mensual de las bocatomas y el desarenador.
- Mantenimiento de la cámara de quietamiento, el sistema de aireación y el canal de aproximación con una frecuencia de (1) o (2) meses.
- Extracción del lodo seco de las celdas o lechos de secado cada (2) meses aproximadamente, dependiendo del proceso de secado evidenciado por el personal operativo.
- Purga a los lechos de secado en el momento que estén disponibles (cada 1 o 2 meses aproximadamente).
- Realizar el balance de químicos mensual teniendo en cuenta el consumo del mes actual y la existencia del mes anterior.
- Programar estudios de tratabilidad en la fuente de captación cada (6) meses aproximadamente.
- Mantenimiento de los filtros con una frecuencia aproximada de (1) mes.
- Mantenimiento anual de los tanques de almacenamiento y el tanque de cloración.
- Poda del césped en las zonas verdes de la PTAP cada (2) o (3) meses.
- Mantenimiento preventivo general de válvulas, accesorios, equipos e implementos de laboratorio.
- Calibración de los equipos de laboratorio.

16. PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN CASO DE EMERGENCIAS

En la PTAP del municipio de Granada se pueden presentar diferentes eventos que ponen en riesgo el sistema, los cuales son causados por características propias del municipio, condiciones de la planta o por razones ajenas a la operación del tratamiento. A continuación, se describen las situaciones irregulares que pueden presentarse en la planta de tratamiento y se muestra el procedimiento a seguir por el personal operativo para atender la emergencia y normalizar el tratamiento.

16.1. Suspensión del servicio de energía eléctrica

La planta de tratamiento funciona por gravedad, por lo tanto, es posible mantener la operación de la misma en ausencia de energía eléctrica. Sin embargo, es necesario en estos casos, dosificar el oxifloc (coagulante) y el desinfectante de forma manual, además se debe cambiar el desinfectante por hipoclorito de sodio líquido, ya que el cloro gaseoso solo se puede dosificar con energía eléctrica mediante la bomba que permite la extracción del cloro en el cilindro.

En estos casos se recomienda tener un recipiente que cuente con un dosificador, que permita graduarse manualmente (ver. **Fig 49**). Después de obtener el caudal de dosificación óptimo mediante el test de jarras y la curva de demanda de cloro, se sugiere utilizar una probeta graduada con un cronómetro para dosificar correctamente. Si, por ejemplo, el caudal de dosificación es de 10 mL/min, entonces el operador debe graduar el dosificador para que en un minuto la probeta se llene hasta la marca de 10 mL.

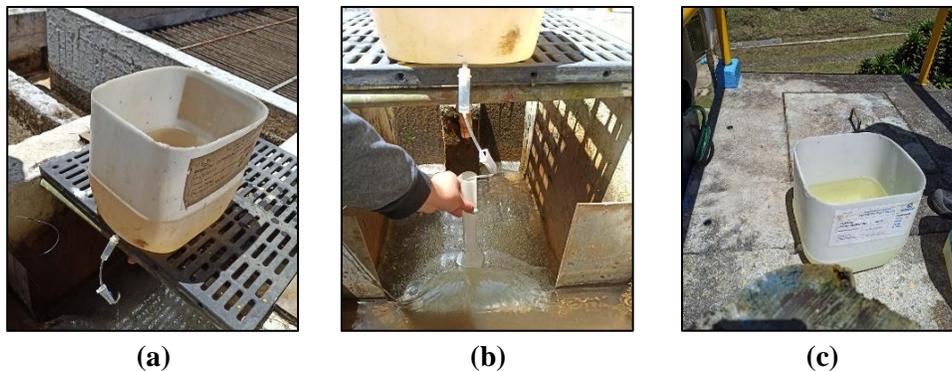


Fig 49. Dosificación manual de químicos.

(a) Dosificación manual de oxifloc, (b) Graduación del caudal de dosificación mediante probeta, (c) Dosificación manual de hipoclorito.

Notas:

- Para dosificar silicato de sodio en caso de una disminución de pH, se debe utilizar el mismo procedimiento descrito anteriormente. Se recomienda dosificar en la zona de máxima turbulencia del vertedero rectangular.
- La dosificación manual de los productos químicos no solo se utiliza en las suspensiones de energía eléctrica, se sugiere realizar esta actividad para otras situaciones de emergencia como: daños en las bombas de dosificación, mantenimiento de las bombas, ausencia de cloro gaseoso en la PTAP, etc.

16.2. Cambios extremos en la turbiedad del agua

Un factor que afecta la operación de la PTAP es el cambio en la turbiedad de entrada, por esto es importante llevar un control de este parámetro a lo largo de la jornada laboral, para evidenciar aumentos significativos. En los casos, donde la turbiedad está muy elevada, es necesario realizar de



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

inmediato un test de jarras para graduar la bomba, según el caudal de dosificación obtenido del resultado.

Si el cambio es tan extremo, que la calidad del agua supera los límites de tratabilidad (no es posible disminuir la turbiedad mediante el coagulante), se sugiere suspender la operación de la planta de tratamiento hasta que se encuentre en condiciones normales. Para suspender la operación se cierra la entrada de agua cruda a la PTAP y se abren las válvulas de bypass, para conducir el agua hacia la fuente receptora mientras cesa la situación de emergencia.

Nota: El personal operativo debe tener en cuenta que el agua cruda de la planta de tratamiento puede superar los límites de tratabilidad, esta situación se presenta desde la captación por causas naturales como derrumbes o deslizamientos.

16.3. Ingreso de compuestos tóxicos

A la planta de tratamiento pueden ingresar compuestos tóxicos debidos a posibles derrames de químicos u otras sustancias contaminantes en la fuente de captación. Para evidenciar rápidamente la presencia de sustancias tóxicas, la PTAP cuenta con un sistema de bio-alarma que consiste en un recipiente de vidrio que se alimenta con el agua cruda de la PTAP y contiene en su interior una cantidad considerable de peces. (ver. **Fig 50**).

La muerte de todos los peces indica una posible contaminación por compuestos tóxicos en la PTAP. En este caso, el personal operativo debe suspender de inmediato el tratamiento cerrando la entrada de agua a la planta de tratamiento. Posterior a esto debe informar rápidamente al supervisor de la PTAP para hacer la respectiva investigación del suceso. Se normaliza el tratamiento, solo hasta verificar que el agua cruda no es perjudicial para la salud de la población.



Fig 50. Control de toxicidad en la PTAP.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

16.4. Sismos y terremotos

Los sismos o terremotos son situaciones que pueden ocurrir en la PTAP Granada. En este caso, el personal operativo debe abandonar las actividades que esté ejecutando en el momento y ubicarse en un punto seguro. Cuando pase la emergencia, debe revisar cada una de las estructuras de la planta de tratamiento con precaución e informar al supervisor sobre alguna eventualidad para programar la reparación de los posibles daños presentados. Durante el sismo o terremoto, el operario debe ser crítico y evidenciar si se encuentra en peligro para solicitar ayuda inmediata.

16.5. Incendios

Una situación poco común pero que puede presentarse en la PTAP son los incendios en la caseta o zonas aledañas. En este caso, el personal operativo debe estar capacitado en el uso del extintor que se encuentra en la caseta para utilizarlo en este tipo de emergencias (ver. **Fig 51**). Si durante el accidente no es posible acceder al extintor, entonces el operador debe informar inmediatamente al supervisor y solicitar ayuda para apagar el incendio.



Fig 51. Extintor de la PTAP.

Nota: Como acción preventiva, el personal operativo debe estar atento durante sus jornadas laborales, verificando que los extintores de CO₂ se encuentren debidamente recargados para ser utilizados en estos casos.

16.6. Fallas en estructuras o accesorios

Se pueden presentar fallas en estructuras o accesorios debidas principalmente a su deterioro en el tiempo. En estos casos el personal operativo debe informar de inmediato al supervisor de la PTAP para gestionar la reparación. Si el daño es en una estructura se debe suspender el tratamiento y aislar para continuar con el drenado y reparado de la misma. Una vez reparado los daños se procede a la puesta en marcha de la planta de tratamiento.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

17. BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

El trabajo de laboratorio que se realiza al interior de la planta de tratamiento incluye el manejo de muestras de agua cruda y tratada, de productos químicos como el oxifloc, cloro gaseoso e hipoclorito de sodio, de vidriería y de equipos de medición, por lo que se debe cumplir con ciertos requerimientos para evitar alterar las muestras y la información obtenida de estas, así como garantizar la seguridad del personal operativo.

De acuerdo con el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2017), título 1090-B Safe Laboratory Practices (American Public Health Association, 2017), algunas de las recomendaciones que se deben tener en cuenta para lograr tener buenas prácticas de laboratorio y así evitar accidentes y obtener resultados confiables, son las siguientes:

- Desarrolle y fomente hábitos seguros.
- No huela ni pruebe productos químicos.
- No coma, beba, fume, mastique chicle o aplique cosméticos en áreas del laboratorio en donde están los productos químicos. Lávese siempre las manos antes de realizar alguna de estas actividades.
- Manipule y almacene la cristalería del laboratorio con cuidado para evitar daños. Utilice los equipos únicamente para el propósito para el que fueron diseñados.
- Lave bien las áreas de la piel expuesta antes de salir del laboratorio.
- No haga bromas pesadas u otro comportamiento que pueda confundir, asustar o distraer a otro trabajador.
- Recoja el cabello largo y mantenga ropa suelta. Use zapatos cerrados en todo momento, evite el uso de sandalias.
- Mantenga el área de trabajo limpia y ordenada, con productos químicos y equipos debidamente etiquetados y almacenados.
- Cuando se encuentre en la zona en donde se almacenan o manipulan productos químicos, use elementos de protección personal que incluyan protección ocular (gafas), protección de la piel (guantes y camisa manga larga) y protección respiratoria cuando se requiera (mascarilla).
- Realice una adecuada separación de residuos. Disponga por separados los guantes y tapabocas de los residuos ordinarios. Deposite los desechos químicos en un recipiente debidamente rotulado.
- Tenga a la mano las fichas de seguridad de los productos químicos utilizados en la PTAP.
- Calibre los equipos de medición constantemente (pH-metro, turbidímetro y colorímetro) para evitar errores en las mediciones y, por ende, alteraciones en los resultados.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

18. BUENAS PRÁCTICAS DE DOCUMENTACIÓN

La información recolectada por el personal operativo en la PTAP Granada, debe estar documentada de forma correcta y segura, verificando que la información esté disponible en cualquier momento para el control y la vigilancia por parte de la administración y la superintendencia de servicios públicos. Para esto es importante que el operador siga las siguientes recomendaciones:

- Diligenciar cada uno de los formatos de mantenimiento de la PTAP Granada. En estos formatos se consigna la información de las actividades generales de operación y mantenimiento en cada unidad de tratamiento tales como: limpieza de las unidades, parámetros de control en la PTAP y en la red de distribución, mantenimientos y revisiones de estructuras, etc. Los formatos de mantenimiento y operación deben diligenciarse de forma digital (ver. **Fig 52**), por esto es importante tener un respaldo de los documentos en la nube (Drive) y guardar constantemente en el documento de Excel a lo largo de la jornada laboral. El personal operativo debe crear una copia de los formatos cada mes para tener el registro mensual de la información. Además, se recomienda tener otro respaldo de la información mediante una memoria USB o un disco duro, donde el personal operativo guarde la información diligenciada al finalizar su turno.
- Registrar diariamente las actividades de operación y mantenimiento rutinarias en la bitácora de la PTAP. Se recomienda tener la bitácora impresa, usar lapicero negro y escribir con letra legible, evitar el uso de resaltadores y correctores, al finalizar el turno, se debe incluir la firma del personal operativo involucrado. Se recomienda diligenciar un cuadro de la bitácora por turno anotando la realización de las actividades rutinarias y las eventualidades presentadas durante la jornada laboral, tales como daños en estructuras o accesorios, visitas técnicas, entregas de productos químicos o materiales de laboratorio, mantenimientos realizados, fallas eléctricas en la PTAP, suspensión del servicio de agua potable, etc. Es deber del personal operativo solicitar copias de la bitácora a la E.S.P cuando evidencie faltantes en la PTAP.

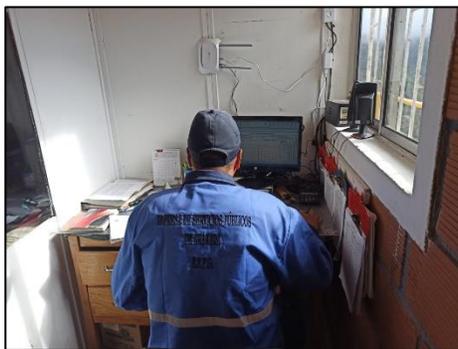


Fig 52. Diligenciamiento de formatos digitales.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

19. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Los instrumentos básicos de laboratorio necesarios para llevar a cabo un control y seguimiento al estado de los diferentes componentes de la PTAP del municipio de Granada, por parte del personal operativo, para toma de muestras y análisis de parámetros fisicoquímicos de la PTAR, son los siguientes:

- pH-metro
- Turbidímetro
- Colorímetro
- Kit comparador de pH
- Kit comparador de cloro residual
- Termómetro
- Equipo para test de jarras
- Beakers de 1 L para ensayo de jarras
- Jarras plásticas para toma de muestras
- Balón volumétrico de 500 mL
- Balón volumétrico de 1000 mL
- Jeringas de diferentes volúmenes
- Baldes plásticos
- Cinta métrica

20. IMPLEMENTOS BÁSICOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para llevar a cabo las diferentes actividades de operación y mantenimiento es necesario que la planta de tratamiento de agua potable este dotada como mínimo de los siguientes implementos y herramientas: (ver. **Fig 53**)

- | | | |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| -Pala | -Linternas | -Accesorios de PVC |
| -Cepillos | -Arnés | -Pegante |
| -Machetes | -Línea de vida retractil | -Capas impermeables |
| -Guadaña | -Eslingas | -Botas plásticas |
| -Cruceta para válvulas | -Mosquetones | -Botiquín de primeros auxilios |
| -Hombre solo | -Cascos de seguridad. | -Extintor |
| -Llaves de tubo | -Martillo | -Camilla |
| -Hidrolavadora | -Almádana | -Cuadernos y lapiceros |
| -Barras | -Cinceles | -Calculadora |
| -Cintas métricas o flexómetros | -Azadón | -Computador |
| -Juego de llaves de expansión | -Palin | -Memoria USB |
| -Llaves de boca fija | -Mangueras | -Escritorio |
| -Balanzas | -Motobomba | -Tablero en acrílico |
| -Baldes de plástico | -Extensiones eléctricas | -Implementos de aseo |
| -Segueta | -Planta de energía eléctrica | -Elementos de protección personal |
| -Alicate | -Destornilladores | |



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

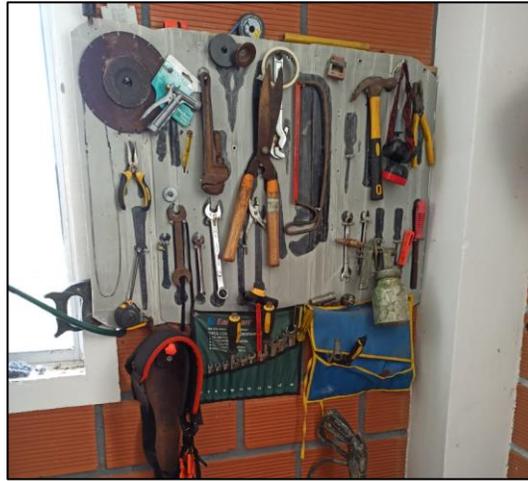


Fig 53. Herramientas de la PTAP.

21. FICHAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA PTAP

Las fichas técnicas de los productos químicos utilizados en la PTAP deben estar disponibles de forma impresa y digital para un fácil acceso por el personal operativo. Estas fichas permiten conocer las precauciones que debe tener el operador para usar los productos químicos y la manera de actuar en caso de una emergencia.

22. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Granada. (2006). *Estudios y Diseños del Sistema de Aprovechamiento de aguas crudas para el acueducto de la zona urbana*. Granada.

American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington.

Arboleda Valencia, J. (1992). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá: McGraw Hill.

Caceres, Ó. (1990). *Desinfección del agua*. Lima.

CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Capítulo 1: Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Lima : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Comisión Nacional del Agua. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento*. México.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Obras de Captación Superficiales*. México.
- CORNARE. (2013). *Actualización de los estudios y diseños de pre inversión para el plan maestro de alcantarillado* . Granada.
- Empresa de Servicios Públicos de Granada. (2012). *Descripción del sistema de acueducto urbano del municipio de Granada*. Granada.
- Gutierrez, J. A., Ramirez, Á. I., Rivas, R., Linares, B., & Paredes, D. (2014). Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. *Ingenierías Universidad de Medellín*.
- Howe, K. J., Hand, D. W., Crittenden, J. C., Trusell, R. R., & Tchobanoglous, G. (2012). *Principles of water treatment*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Mackenzie L, D., Ph, D., P, E., & DEE. (2010). *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. Michigan: Mc Graw Hill.
- Marbello Pérez, R. (2005). *Manual de prácticas de laboratorio de Hidráulica*. Medellín.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. (2007). *Resolución 2115 del 22 de Junio de 2007*. Colombia.
- Organización Mundial de la Salud . (2009). *Tratamiento de emergencia del agua potable en el lugar de consumo* .
- Organización Panamericana de la Salud. (1999). *La desinfección del agua*. Washington.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima.
- Oxiquímica. (s.f.). *Especificaciones de productos químicos*. Obtenido de <https://www.oxiquimicacolombia.com/agua2.php>
- Universidad Católica de Colombia. (2018). *Optimización del modelo de la PTAP del laboratorio de la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá .

23. DEFINICIONES

Con la intención de hacer el presente manual más entendible por el personal involucrado, se disponen las siguientes definiciones de los términos utilizados y que hacen referencia a la PTAP; algunas de estas fueron tomadas de la normativa aplicable a la planta de tratamiento.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Agua cruda: Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

Agua dura: Agua que contiene cationes divalentes y sales disueltas en concentraciones tales que interfieren con la formación de la espuma del jabón.

Agua potable o tratada: Agua que, por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 1575 de 2007, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.

Aireación: Proceso en el que se produce un contacto entre el aire y el agua con el objetivo de oxigenarla o de excluir gases o sustancias volátiles.

Aireador: Dispositivo o equipo que permite transferir aire al agua.

Análisis físico - químico del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

Análisis microbiológico del agua: Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Análisis organoléptico: Se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

Calibración: Determinación, verificación o rectificación de la graduación de cualquier instrumento que proporcione medidas cuantitativas.

Calidad del agua: Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

Capacidad de almacenamiento: Volumen de agua retenido en un tanque o embalse.

Capacidad hidráulica: Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

Capacidad máxima: Caudal máximo de diseño de una estructura hidráulica.

Característica: Término usado para identificar elementos, compuestos, sustancias y microorganismos presentes en el agua para consumo humano.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Clarificación: Proceso de separación de los sólidos del agua por acción de la gravedad.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Cloración: Aplicación de cloro al agua, generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables.

Cloro residual: Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

Coagulación: Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.

Coagulantes: Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.

Coloides: Sólidos finamente divididos (que no disuelven) que permanecen dispersos en un líquido por largo tiempo debido a su menor diámetro y a la presencia de una carga eléctrica en su superficie.

Contaminación del agua: Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

Control de calidad del agua potable: Análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución, con el objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Decreto 1575 de 2007.

Cortocircuito: Condición que ocurre en los tanques cuando parte del agua pasa a una velocidad mayor que el resto del fluido, disminuyendo el tiempo de residencia medio de la masa líquida en el reactor.

Desarenador: Componente destinado a la remoción de sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación al propiciar una baja velocidad del flujo. Permite decantar los sólidos gruesos como arena y piedras de las aguas residuales.

Densidad: Relación existente entre la masa de un cuerpo y el volumen ocupado por éste.

Desinfección: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

Desinfectante: Sustancia que tiene el poder de destruir microorganismos patógenos.

Dosificación: Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.

Dosis óptima: Concentración que produce la mayor eficiencia de reacción en un proceso químico.

Dotación: Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Drenaje: Dispositivo para la extracción o inyección de agua de una superficie.

Eficiencia de remoción: Medida de la efectividad de un proceso en la remoción de una sustancia específica.

Efluente: Flujo proveniente de un sistema hidráulico.

Emergencia: Evento repentino e imprevisto que se presenta en un sistema de suministro de agua para consumo humano, como consecuencia de fallas técnicas, de operación, de diseño, de control o estructurales, que pueden ser naturales, accidentales o provocadas que alteran su operación normal o la calidad del agua, y que obliguen a adoptar medidas inmediatas para minimizar las consecuencias.

Ensayo de tratabilidad: Estudios efectuados a nivel de laboratorio o de planta piloto, a una fuente de abastecimiento específica, para establecer el potencial de aplicación de un proceso de tratamiento.

Error: Diferencia entre el error medido y el valor real de la variable observada.

Escherichia Coli (E-Coli): Bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de los enterobacteriaceas y se caracteriza por poseer las enzimas. Se desarrolla a 44°C aproximadamente en medios complejos, fermenta la lactosa liberando ácido y gas, produce indol a partir del triptófano y no produce oxidasa.

Filtración: Proceso mediante el cual se remueve las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

Filtración lenta: Proceso de filtración a baja velocidad.

Filtración rápida: Proceso de filtración a alta velocidad.

Floculación: Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Fuente de abastecimiento de agua o fuente de captación: Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

Impacto ambiental: Afectación del entorno ocasionada por la realización de una obra.

Índice coliforme: Número estimado de microorganismos del grupo coliforme presentes en cien centímetros cúbicos de agua (100 cm³), cuyo resultado se expresa en términos de número más probable (NMP) por el método de los tubos múltiples y por el número de microorganismos en el método del filtro de membrana.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Inspección: revisión del estado de funcionamiento de los sistemas para determinar si se requiere realizar el mantenimiento completo y/o una acción preventiva o correctiva.

Instrumento de medición: Elementos encargados de medir una variable transformándola en una variable fácil de medir.

Lecho de filtración: Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo.

Lechos de secado: Tanques donde se deshidratan y acondicionan los lodos que se generan en los diversos sistemas de tratamiento de aguas, para poderlos disponer posteriormente como materiales sólidos en el relleno sanitario. Consisten en tanques de poca profundidad, con fondo filtrante, que permiten retener los sólidos y extraer los líquidos por percolación y evaporación.

Lodo: Contenido de sólidos en suspensión o disolución que contiene el agua y que se remueve durante los procesos de tratamiento.

Mantenimiento: acciones para garantizar que los sistemas de tratamiento funcionen en condiciones óptimas y se garantice la eficiencia de remoción de la contaminación exigida por la reglamentación aplicable. En estos sistemas se realiza generalmente anual o semestralmente dependiendo de la cantidad de usuarios y la frecuencia de trabajo de cada sistema; pero es la inspección la que determina si se requiere el mantenimiento completo de un sistema de tratamiento en un determinado momento.

Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas.

Mantenimiento correctivo: Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.

Mezcla rápida: Agitación violenta para producir dispersión instantánea de un producto químico en la masa de agua.

Mezcla lenta: Agitación suave del agua con los coagulantes, con el fin de favorecer la formación de los flóculos.

Muestra compuesta de agua: Integración de muestras puntuales tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, preparadas a partir de mezclas de volúmenes iguales o proporcionales al flujo durante el periodo de toma de muestras.

Muestra puntual de agua: Muestra tomada en un punto o lugar en un momento determinado.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Norma de calidad del agua potable: Valores de referencia admisibles para algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad.

Operación: Conjunto de acciones para mantener en funcionamiento un sistema.

Parámetros de control de un proceso: Criterios preestablecidos que se utilizan como base para compararlos con los obtenidos en un proceso, con el fin de controlar o medir la eficiencia del mismo.

Patógenos: Microorganismos que pueden causar enfermedades en otros organismos, ya sea en humanos, animales y plantas.

Pérdida de carga: Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso.

pH óptimo: Valor de pH que produce la máxima eficiencia en un proceso determinado.

Plan operacional de emergencia: Procedimiento escrito que permite a las personas que prestan el servicio público de acueducto, atender en forma efectiva una situación de emergencia.

Planta de potabilización: Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

Población servida o atendida: Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

Polución del agua: Alteración de las características organolépticas, físicas, químicas o microbiológicas del agua como resultado de las actividades humanas o procesos naturales.

Potencial de hidrógeno (pH): Expresión de la intensidad de la condición básica o ácida de un líquido.

Precisión: Define los límites máximo y mínimo de error en un instrumento en condiciones normales de utilización.

Pretratamiento: Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final.

Prueba de jarras: Ensayo de laboratorio que simula las condiciones en que se realizan los procesos de coagulación, floculación y sedimentación en la planta.

Puesta en marcha: Actividades que se realizan cuando un sistema va a empezar a funcionar al final de la etapa constructiva.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Punto de muestreo: Sitio específico destinado para tomar una muestra representativa del cuerpo de agua.

Punto de quiebre en cloración (break point): Adición de cloro al agua hasta que la demanda de cloro ha sido satisfecha, para tener un residual de cloro libre en el agua tratada.

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Registro de control de calidad: Recopilación escrita o digital de los resultados de los análisis del agua que se suministra a la población.

Resalto hidráulico: Discontinuidad de la superficie del agua en la cual el flujo pasa de una manera abrupta de un régimen rápido (supercrítico) a un régimen tranquilo (subcrítico).

Sedimentación: Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

Sistema de suministro de agua potable: Conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano.

Sistema de potabilización: Conjunto de procesos unitarios para purificar el agua y que tienen por objeto hacerla apta para el consumo humano.

Sólidos disueltos: Mezcla de un sólido (soluto) en un líquido solvente en forma homogénea.

Sólidos suspendidos: Pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua; no disueltas.

Subproductos de la desinfección (SPD): Compuestos formados por la reacción del desinfectante con la materia orgánica o sustancia química preexistente en el agua.

Sustancias flotantes: Materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua y que influyen en su apariencia.

Sustancias húmicas: Compuestos orgánicos responsables del color natural del agua, producidos por la extracción de sustancias orgánicas provenientes de la vegetación o por la solubilización de la materia orgánica del suelo.

Tanque de almacenamiento: Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.

Tasa de aplicación superficial (carga superficial): Relación entre el caudal y el área superficial de una determinada estructura hidráulica ($m^3/m^2.día$).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Tiempo de contacto para la desinfección: Tiempo que toma al agua moverse desde el punto de aplicación del desinfectante hasta el punto donde se mide la concentración residual del mismo.

Tiempo teórico de detención (td): Volumen de un reactor (V) dividido por el caudal (Q) con que trabaja o el tiempo teórico que tarda una masa líquida en desplazarse de un punto a otro, suponiendo flujo pistón.

Tiempo de operación: Periodo de funcionamiento de un sistema.

Tratamiento: Conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas en el Decreto 1575 de 2007.

Turbiedad: Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada por las partículas en suspensión.

Unidad de la planta de tratamiento: Cada uno de los procesos de tratamiento.

Valor admisible: Valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua de consumo humano no representa riesgo para la salud del consumidor.

Velocidad de filtración: Caudal de filtración por unidad de área.

Vertedero: Dispositivo hidráulico de rebose de un líquido.

Vida útil: Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

Vigilancia de la calidad del agua: Actividades realizadas por las autoridades competentes para comprobar, examinar e inspeccionar el cumplimiento de las normas de calidad del agua potable establecidas en el Decreto 1575 de 2007.

Zonas muertas: Sitios en un tanque en donde no hay desplazamiento unidimensional de la masa de agua.

24. FORMATOS Y BITÁCORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación, se adjuntan los formatos y la bitácora sugeridos para el control y seguimiento de las actividades de operación y mantenimiento en cada una de las unidades de tratamiento de la planta, los cuales facilitan el seguimiento y consolidado de los datos para vigilancia por la autoridad competente.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

FORMATO 1. DATOS DEL AGUA CRUDA-INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO

 FORMATO 1. DATOS DEL AGUA CRUDA - INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO		MES DE REPORTE:										FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021													
		HORA																							
FECHA	PARÁMETROS DE CONTROL	TURNO DE LA MAÑANA										TURNO DE LA NOCHE													
		7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
	Caudal de entrada (L/s)																								
	pH (Unidades de pH)																								
	Turbiedad (UNT)																								
	Temperatura (°C)																								
	Color (UPC)																								
	Operario en turno																								
	Caudal de entrada (L/s)																								
	pH (Unidades de pH)																								
	Turbiedad (UNT)																								
	Temperatura (°C)																								
	Color (UPC)																								
	Operario en turno																								
	Caudal de entrada (L/s)																								
	pH (Unidades de pH)																								
	Turbiedad (UNT)																								
	Temperatura (°C)																								
	Color (UPC)																								
	Operario en turno																								

FORMATO 2. DATOS DEL AGUA TRATADA-SALIDA DEL TANQUE DE CLORACIÓN

 FORMATO 2. DATOS DEL AGUA TRATADA-SALIDA DEL TANQUE DE CLORACIÓN		MES DE REPORTE:										FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021													
		HORA																							
FECHA	PARÁMETROS DE CONTROL	TURNO DE LA MAÑANA										TURNO DE LA NOCHE										VOLUMEN DE AGUA TRATADA POR DÍA			
		7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00		3:00	4:00	5:00
	Volumen de agua tratada (m ³ /h)																								
	pH (Unidades de pH)																								
	Turbiedad (UNT)																								
	Temperatura (°C)																								
	Color (UPC)																								
	Olor (A o I)																								
	Sabor (A o I)																								
	Cloro residual (mg/L)																								
	Volumen de agua tratada (m ³ /h)																								
	pH (Unidades de pH)																								
	Turbiedad (UNT)																								
	Temperatura (°C)																								
	Color (UPC)																								
	Olor (A o I)																								
	Sabor (A o I)																								
	Cloro residual (mg/L)																								
	Volumen de agua tratada (m ³ /h)																								
	pH (Unidades de pH)																								
	Turbiedad (UNT)																								
	Temperatura (°C)																								
	Color (UPC)																								
	Olor (A o I)																								
	Sabor (A o I)																								
	Cloro residual (mg/L)																								



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

FORMATO 7. MACROMEDIDORES

 E.S.P.G.		FORMATO 7. MACROMEDIDORES								
		MES DE REPORTE:				FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021				
FECHA	HORA	LECTURA DE MACROMEDIDORES (m3)				CONSUMO DIARIO				
		LA MARÍA	BOMBA	CENTRAL 6"	CENTRAL 2"	LA MARÍA	BOMBA	CENTRAL 6"	CENTRAL 2"	TOTAL
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									
	7:00 a. m.									
	7:00 p. m.									

FORMATO 8. CONSUMO DE QUÍMICOS EN LA PTAP

 E.S.P.G.		FORMATO 8. CONSUMO DE QUÍMICOS EN LA PTAP						
		MES DE REPORTE:		FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021				
FECHA	HORA	REPORTE DE CONSUMOS		DESCRIPCIÓN	CONSUMOS DIARIOS QUÍMICOS			
		CLORO (gr)	OXIFLOC (kg)		CLORO (gr)	OXIFLOC (kg)	Hipoclorito (kg)	Silicato (kg)
	7:00 a. m.			Consumo noche día anterior				
	7:00 p. m.			Consumo día				
	7:00 a. m.			Consumo noche día anterior				
	7:00 p. m.			Consumo día				
	7:00 a. m.			Consumo noche día anterior				
	7:00 p. m.			Consumo día				
	7:00 a. m.			Consumo noche día anterior				
	7:00 p. m.			Consumo día				
	7:00 a. m.			Consumo noche día anterior				
	7:00 p. m.			Consumo día				
	7:00 a. m.			Consumo noche día anterior				
	7:00 p. m.			Consumo día				
	7:00 a. m.			Consumo noche día anterior				
	7:00 p. m.			Consumo día				



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

FORMATO 9. BALANCE DE QUÍMICOS MENSUAL

		FORMATO 9. BALANCE DE QUÍMICOS MENSUAL					
		MES DE REPORTE:			FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021		
CLORO		OXIFLOC		HIPOCLORITO		SILICATO	
ENTRADA DE QUIMICOS		ENTRADA DE QUIMICOS		ENTRADA DE QUIMICOS		ENTRADA DE QUIMICOS	
FECHA	CANTIDAD QUE INGRESA (KG)	FECHA	CANTIDAD QUE INGRESA (KG)	FECHA	CANTIDAD QUE INGRESA (KG)	FECHA	CANTIDAD QUE INGRESA (KG)
TOTAL QUE INGRESA (KG)=		TOTAL QUE INGRESA (KG)=		TOTAL QUE INGRESA (KG)=		TOTAL QUE INGRESA (KG)=	
EXISTENCIA MES ANTERIOR (KG)=		EXISTENCIA MES ANTERIOR (KG)=		EXISTENCIA MES ANTERIOR (KG)=		EXISTENCIA MES ANTERIOR (KG)=	
CONSUMO MENSUAL (KG)=		CONSUMO MENSUAL (KG)=		CONSUMO MENSUAL (KG)=		CONSUMO MENSUAL (KG)=	
EXISTENCIA DEL MES (KG)=		EXISTENCIA DEL MES (KG)=		EXISTENCIA DEL MES (KG)=		EXISTENCIA DEL MES (KG)=	

FORMATO 10. TOMA Y ENVÍO DE MUESTRAS A LABORATORIO

		FORMATO 10. TOMA Y ENVÍO DE MUESTRAS A LABORATORIO																							
		MES DE REPORTE:						FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021																	
FECHA	HORA	PUNTO DEMUESTREO								ESTADO DEL TIEMPO			PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS				ANÁLISIS SOLICITADO		DATOS DE ENVÍO MUESTRA			OPERARIO RESPONSABLE			
		(Señale con una (X) el punto de muestreo elegido)								Señale con una (X)			Cloro residual (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbiedad (UNT)	pH (Unidades de pH)	Señale con una (X)		FECHA	HORA	FACTURA				
1	2	3	4	5	6	7	8	Soleado	Nublado	Lluvias	Microbiológico	Físicoquímico													



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

FORMATO 11. PURGA Y LIMPIEZA DE LOS FLOCULADORES

		FORMATO 11. PURGA Y LIMPIEZA DE LOS FLOCULADORES							
		MES DE REPORTE:			FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021				
FECHA	HORA	LIMPIEZA DE LAS UNIDADES		CAUDAL PARA LAVADO (L/s)	DURACIÓN DE LA PURGA (min)	VOLUMEN DE AGUA GASTADO EN EL LAVADO (m3)	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA Y PAREDES		OPERARIO A CARGO
		Señale con una (X) la unidad purgada					Señale con una (X)		
		Floculador 1	Floculador 2				SI	NO	

FORMATO 12. PURGA Y LIMPIEZA DEL SEDIMENTADOR

		FORMATO 12. PURGA Y LIMPIEZA DEL SEDIMENTADOR					
		MES DE REPORTE:			FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021		
FECHA	HORA	CAUDAL PARA LAVADO (L/s)	DURACIÓN DE LA PURGA (min)	VOLUMEN DE AGUA GASTADO EN EL LAVADO (m3)	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA Y PAREDES		OPERARIO A CARGO
					Señale con una (X)		
					SI	NO	



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

FORMATO 13. PURGAS Y EXTRACCIÓN DE MATERIAL EN LECHOS DE SECADO

		FORMATO 13. PURGAS Y EXTRACCIÓN DE MATERIAL EN LECHOS DE SECADO								
		MES DE REPORTE:				FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021				
FECHA	HORA	PURGAS A LECHOS DESECADO		EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE LOS LECHOS DESECADO				DISPOSICIÓN FINAL		OPERARIO A CARGO DE LA ACTIVIDAD
		Celdas purgadas		EXTRACCIÓN DE MATERIAL		PESO DE MATERIAL EXTRAÍDO (KG)	Marque con una (X)			
		Marque con una (X) las celdas purgadas 1	2	Marque con una (X) la celda extraída 1	2		Relleno sanitario	Zonas verdes PTAP	Otra	

FORMATO 14. INSPECCIÓN DE BOCATOMA, DESARENADOR Y ADUCCIÓN

		FORMATO 14. INSPECCIÓN DE BOCATOMA, DESARENADOR Y ADUCCIÓN					
		MES DE REPORTE:			FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021		
FECHA	HORA	INSPECCIÓN DE UNIDADES				PERSONAL ENCARGADO DE LA REVISIÓN	OBSERVACIONES GENERALES DE LA INSPECCIÓN REALIZADA
		Marque con una (X) la unidad revisada					
		Bocatoma		Desarenador	Aducción		
1	2						



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

FORMATO 15. MANTENIMIENTOS GENERALES EN LA PTAP

		FORMATO 15. MANTENIMIENTOS GENERALES EN LA PTAP											OBSERVACION	OPERARIO A CARGO DE LA ACTIVIDAD
		MES DE REPORTE:						FECHA DE ELABORACIÓN: 15/MAYO/2021						
		MANTENIMIENTOS GENERALES												
		Marque con una (X) la estructura a la cual se le hizo limpieza o mantenimiento												
FECHA	HORA	Bocatoma		Desarenador	Filtros	Zona de entrada PTAP	Poda de la PTAP	Tanque de cloración	Tanque de almacenamiento	Tanque la María	Tanque Central	Tanque Bomba		
		1	2											

FORMATO 16. INSPECCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

		FORMATO 16. INSPECCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	
		MES DE REPORTE:	FECHA DE ELABORACIÓN:
		15/MAYO/2021	
FECHA	HORA	PERSONA ENCARGADA DE LA REVISIÓN	OBSERVACIONES GENERALES DE LA INSPECCIÓN REALIZADA



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAP GRANADA

Fecha de elaboración y entrega: 29/06/2021

Fin del manual de operación y mantenimiento de la PTAP Granada



Fecha de envío: 25/03/2021

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL MUNICIPIO DE GRANADA: CONVENIO 281 – 2020: PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA PARA REALIZAR EL ARRANQUE, ESTABILIZACIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL OPERATIVO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE: ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE GRANADA, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO, AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE, AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO, EL CORREGIMIENTO DE LA PIÑUELA EN EL MUNICIPIO DE COCORNÁ Y EL CORREGIMIENTO DE BUENOS AIRES EN EL MUNICIPIO DE SAN LUIS Y REALIZAR ASESORÍA TÉCNICA Y ACOMPAÑAMIENTO EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR URBANA DEL MUNICIPIO DE ABEJORRAL BAJO LA MODALIDAD DE ACCESO REMOTO.

Macías Ospina Astrid Lorena¹, Londoño Vélez Santiago², Molina Pérez Francisco³

Contenido del manual

Ultima visita técnica realizada a la PTAR Granada: 2 de marzo de 2021
Presentación del manual: 3 de marzo de 2021
Aprobación del manual: 11 de marzo de 2021

Editor y registro fotográfico: A. L. Macías Ospina.

Resumen

El manual de operación y mantenimiento de la PTAR Granada es un documento técnico de consulta para todo el personal interesado, en especial del personal operativo. El objetivo del manual es consolidar y facilitar el acceso a la información de todo lo relacionado con la operación rutinaria y no rutinaria de la PTAR Granada. Este manual tiene recomendaciones de buenas prácticas operativas y sirve como herramienta de consulta para tomar decisiones para el funcionamiento adecuado de la PTAR. Este manual tiene el detalle de cada una de las unidades de tratamiento, frecuencias de limpieza rutinaria y no rutinaria, frecuencias de medición de parámetros fisicoquímicos, que hacen parte del monitoreo y control rutinario. Además, tiene los formatos de seguimiento a la operación.

La operación exige un alto nivel de compromiso, orden, claridad en la documentación, y capacidad técnica para asumir con responsabilidad el funcionamiento de la PTAR.

Palabras clave: PTAR, buenas prácticas, Manual.

¹Macías Ospina Astrid Lorena: Ingeniera Sanitaria, ingeniera residente de la PTAR Granada.

²Londoño Vélez Santiago: Ingeniero Sanitario, asesor técnico de PTAR.

³Molina Pérez Francisco: Ingeniero sanitario, Especialista en Ingeniería Ambiental, MSc. en Estudios Avanzados, MSc. en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, PhD. en Ingeniería Química y Ambiental, Profesor Titular, Universidad de Antioquia, Coordinador grupo GAIA, Coordinador del Convenio Interadministrativo 281-2020 Cornare – UdeA.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ingeniería



Fecha de envío: 25/03/2021



Lugar: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas (PTAR) del municipio de Granada.
©Fotografía: Santiago Londoño Vélez.



Fecha de envío: 25/03/2021

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	OBJETIVOS.....	7
2.1.	Objetivo general.....	7
2.2.	Objetivos específicos.....	7
3.	CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LA PTAR.....	8
3.1.	Principales riesgos en la PTAR.....	8
3.2.	Uso de equipos.....	9
3.3.	Movimientos de las estructuras de la PTAR.....	9
4.	UBICACIÓN DEL MUNICIPIO.....	9
5.	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.....	11
5.1.	Estimación del caudal de aguas residuales domésticas por día.....	11
5.2.	Estimación de la carga orgánica de aguas residuales domésticas por día.....	13
5.3.	Estimación de la concentración de la DBO ₅ en el agua residual.....	13
6.	NORMATIVIDAD VIGENTE PARA LA PTAR.....	14
7.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO.....	15
8.	SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	17
8.1.	Sistema de alcantarillado.....	17
8.1.1.	Mantenimiento del sistema de alcantarillado.....	17
8.2.	Caudal de diseño de la PTAR.....	18
8.3.	Canal de entrada.....	18
8.3.1.	Frecuencia de limpieza.....	19
8.3.2.	Operación y mantenimiento del canal de entrada.....	19
8.4.	Unidad de cribado.....	21
8.4.1.	Frecuencia de limpieza.....	21
8.4.2.	Operación y mantenimiento del cribado.....	22
8.5.	Canal desarenador.....	22
8.5.1.	Frecuencia de limpieza.....	23
8.5.2.	Operación y mantenimiento del desarenador.....	23
8.5.3.	Identificación de válvulas en el desarenador.....	25
8.6.	Medio de aforo y control de velocidades: Canaleta Parshall de 3''.....	25
8.6.1.	Estimación del caudal de operación de la PTAR.....	26
8.6.2.	Frecuencia de limpieza.....	28
8.6.3.	Operación y mantenimiento de la canaleta Parshall.....	28
8.7.	Bypass después de los tratamientos preliminares.....	29



Fecha de envío: 25/03/2021

8.7.1.	Operación y mantenimiento del bypass después de preliminares	29
8.8.	Sedimentador primario de alta tasa.....	30
8.8.1.	Evaluación del tiempo de retención hidráulico en el sedimentador	31
8.8.2.	Frecuencia de limpieza en el sedimentador.....	32
8.8.3.	Operación y mantenimiento en el sedimentador primario de alta tasa	33
8.8.4.	Identificación de válvulas de purga.....	34
8.8.5.	Procedimiento para purgar el sedimentador primario de alta tasa.....	35
8.9.	Filtros anaerobios de flujo ascendente.....	35
8.9.1.	Microbiología anaerobia	37
8.9.2.	Evaluación del tiempo de retención hidráulico en los FAFA.....	39
8.9.3.	Frecuencia de limpieza en los FAFA	40
8.9.4.	Operación y mantenimiento en los FAFA.....	40
8.9.5.	Identificación de válvulas de purga.....	41
8.9.6.	Criterios y frecuencia de purga	42
8.9.7.	Procedimiento para purgar los FAFA	42
8.10.	Digestor de lodos.....	42
8.10.1.	Múltiples de distribución	43
8.10.2.	Frecuencia de limpieza de los múltiples de distribución	44
8.10.3.	Operación y mantenimiento de los múltiples de distribución.....	44
8.10.4.	Frecuencia de limpieza del digestor de lodos.....	45
8.10.5.	Operación y mantenimiento del digestor de lodos	45
8.10.6.	Identificación de válvulas de toma de muestra y purga.....	47
8.10.7.	Criterios de purga del digestor de lodos.....	47
8.10.8.	Procedimiento para purgar el digestor de lodos	48
8.10.9.	Quemador de biogás	48
8.10.10.	Operación y mantenimiento del quemador de biogás	49
8.11.	Red de drenaje de la PTAR.....	49
8.12.	Lechos de secado	51
8.12.1.	Frecuencia de retiro de los biosólidos	52
8.12.2.	Operación y mantenimiento de los lechos de secado	52
8.12.3.	Identificación de las válvulas de los lechos.....	54
8.13.	Fuente receptora	55
9.	GESTION DE SUBPRODUCTOS EN LA PTAR.....	55
10.	PREPARACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS	58
11.	BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO	59
12.	BUENAS PRÁCTICAS DE DOCUMENTACIÓN	60



Fecha de envío: 25/03/2021

13. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	60
14. MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.....	61
15. RECOMENDACIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR	65
16. PARÁMETROS DE CONTROL MEDIDOS EN LA PLANTA	66
16.1. Caudal.....	66
16.2. pH.....	67
16.3. Temperatura.....	68
16.4. Sólidos sedimentables.....	68
16.5. Alcalinidad	69
16.6. Potencial de óxido-reducción (ORP)	72
16.7. Perfil de lodos.....	72
17. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y CONTROL	73
17.1. Competencia y formación del personal operativo.....	73
17.2. Personal mínimo requerido.....	73
17.3. Funciones del supervisor de la PTAR.....	74
17.4. Funciones del personal operativo.....	74
17.4.1. Canal de entrada.....	75
17.4.2. Unidad de cribado	75
17.4.3. Desarenador	75
17.4.4. Canaleta Parshall.....	75
17.4.5. Sedimentador primario de alta tasa	75
17.4.6. Filtros anaerobios de flujo ascendente	76
17.4.7. Digestor de lodos	76
17.4.8. Lechos de secado	76
17.5. Estimación de la eficiencia de remoción del sistema	76
18. IDENTIFICACIÓN DE VÁLVULAS Y COMPUERTAS	78
18.1. Operación de las válvulas	83
19. MANTENIMIENTO GENERAL	84
19.1. Mantenimiento preventivo.....	85
19.2. Mantenimiento correctivo.....	85
20. CONTROLES DIARIOS.....	86
21. CONTROLES SEMANALES	87
22. CONTROLES MENSUALES	87
23. HORARIO DE OPERACIÓN DE LA PTAR.....	88
24. PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA	88
25. PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE INUNDACIÓN.....	89



Fecha de envío: 25/03/2021

26.	IMPLEMENTOS BÁSICOS PARA LA OPERACIÓN	90
27.	NORMATIVIDAD DE INTERÉS EN LA PTAR	91
28.	FICHAS TÉCNICAS DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA PTAR	92
29.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
30.	RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	93
31.	ANEXOS	94
32.	FORMATOS PARA EL MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA PTAR.....	96
32.1.	Formatos para el mantenimiento de la PTAR.....	97
32.2.	Bitácora de la PTAR.....	119

FIGURAS

Fig 1.	Condiciones de seguridad para el riesgo de caídas.....	9
Fig 2.	Ubicación del municipio de Granada.....	10
Fig 3.	Ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de Granada.....	11
Fig 4.	Planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Granada.....	16
Fig 5.	Diagrama de flujo del sistema de tratamiento.....	17
Fig 6.	Mantenimiento del sistema de alcantarillado.....	18
Fig 7.	Canal de entrada.....	19
Fig 8.	Limpieza del canal de entrada.....	20
Fig 9.	Unidad de cribado.....	21
Fig 10.	Operación de la unidad de cribado.....	22
Fig 11.	Desarenadores.....	23
Fig 12.	Extracción del material en el canal desarenador.....	24
Fig 13.	Limpieza final en el desarenador.....	25
Fig 14.	Válvulas en los desarenadores.....	25
Fig 15.	Esquema de las zonas de la canaleta Parshall.....	26
Fig 16.	Canaleta Parshall de 3''.....	26
Fig 17.	Operación de la canaleta Parshall.....	29
Fig 18.	Vertedero lateral después de preliminares.....	29
Fig 19.	Sedimentador primario de alta tasa.....	31
Fig 20.	Limpieza del sobrenadante en el sedimentador primario de alta tasa.....	33
Fig 21.	Limpieza en la zona de entrada del sedimentador primario.....	34
Fig 22.	Numeración de las válvulas de purga del sedimentador primario de alta tasa.....	34
Fig 23.	Accionamiento de las válvulas de purga del sedimentador.....	35
Fig 24.	Filtros anaerobios de flujo ascendente.....	36
Fig 25.	Proceso aerobio y anaerobio en los tratamientos de aguas residuales.....	37
Fig 26.	Etapas de los procesos anaerobios.....	38
Fig 27.	Limpieza del sobrenadante de los filtros.....	40
Fig 28.	Operario realizando disposición del material extraído en los FAFA.....	41
Fig 29.	Válvulas de purga de los filtros anaerobios.....	41
Fig 30.	Múltiples de distribución en el digestor de lodos.....	44
Fig 31.	Limpieza en los múltiples de distribución con hidrolavadora.....	45
Fig 32.	Digestor anaerobio de lodos.....	43
Fig 33.	Limpieza del sobrenadante en el digestor de lodos.....	46
Fig 34.	Limpieza de las campanas del digestor de lodos.....	46
Fig 35.	Numeración de válvulas en el digestor de lodos.....	47



Fecha de envío: 25/03/2021

Fig 36. Accionamiento de las válvulas en el digestor de lodos.....	47
Fig 37. Quemador de biogás.....	49
Fig 38. Lechos de secado.....	52
Fig 39. Operación de los lechos de secado.	53
Fig 40. Operario reponiendo arena en los lechos de secado.	53
Fig 41. Disposición final del lodo seco digerido.....	54
Fig 42. Identificación de las válvulas de purga en los lechos.	55
Fig 43. Fuente receptora.	55
Fig 44. Productos químicos utilizados en la PTAR Granada.	59
Fig 45. Implementos de laboratorio en la caseta de operación.....	61
Fig 46. Toma de muestras en el canal de entrada.	62
Fig 47. Toma de muestra en el sedimentador para pH y temperatura.	63
Fig 48. Toma de muestras en el sedimentador para sólidos sedimentables.	63
Fig 49. Toma de muestras en el efluente de los filtros anaerobios.....	64
Fig 50. Toma de muestras efluente del digestor.	65
Fig 51. Toma de muestras a diferentes alturas del digestor de lodos.	65
Fig 52. Medición de pH y temperatura.	68
Fig 53. Medición de sólidos sedimentables	69
Fig 54. Medición de alcalinidad.	71
Fig 55. Posición de las válvulas.....	83

TABLAS

Tabla 1. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar.....	12
Tabla 2. Valores máximos admisibles según la Resolución 0631 del 2015.	14
Tabla 3. Resultados de la medición del caudal mediante Canaleta Parshall de 3”	27
Tabla 4. Red de drenaje de la PTAR Granada.	50
Tabla 5. Producción de biosólidos y frecuencia de análisis	56
Tabla 6. Instrumentos de laboratorio para la operación de la PTAR Granada.	61
Tabla 7. Numeración de válvulas de purga.	78
Tabla 8. Numeración de válvulas de toma de muestra.	80
Tabla 9. Numeración de válvulas de lechos de secado.....	80
Tabla 10. Identificación de compuertas.	81



Fecha de envío: 25/03/2021

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales se originan en los hogares, instituciones, oficinas e industrias, y pueden ser diluidas con agua lluvia, aguas subterráneas y aguas superficiales. No tratar las aguas residuales antes de su descarga en los cuerpos receptores tiene como consecuencia efectos dañinos sobre la salud humana y el ambiente, como la generación de olores, el agotamiento del oxígeno disuelto y la liberación de nutrientes, contaminantes tóxicos y patógenos (López, Buitrón, García, & Cervantes, 2017).

Para el tratamiento de las aguas residuales se diseñan y construyen plantas de tratamiento de agua residual. Una PTAR debe estar diseñada de tal manera que, cuando se opere adecuadamente, entregue en forma continua el caudal y calidad de efluente requerido (Romero, 2000), por esto es imprescindible tener un personal operativo capacitado en la operación y mantenimiento de la PTAR y contar con: las herramientas, instrumentos y equipos de laboratorio para el control y seguimiento de las unidades de tratamiento; logrando así la eficiencia en la remoción del material contaminante y cumpliendo con la normatividad ambiental vigente.

Este manual va dirigido al personal operativo y a los supervisores de la PTAR Granada. Este manual es una guía que permite orientar al personal operativo en cada una de las funciones que debe realizar en la PTAR. Este manual contiene las actividades de operación, mantenimiento, supervisión, registro en bitácora, formatos de seguimiento y control que deben realizar los operarios de la PTAR Granada. Incluso, se detallan los procedimientos de limpieza, mantenimiento y los parámetros fisicoquímicos en las unidades de tratamiento preliminar, primario, secundario y tratamiento de lodos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Presentar una guía conceptual para desarrollar de manera adecuada las actividades de limpieza, operación, mantenimiento, seguimiento y control de la PTAR Granada.

2.2. Objetivos específicos

- Detallar las características de las unidades de tratamiento y los procedimientos de limpieza, operación y mantenimiento de dichas unidades.
- Especificar los procedimientos para medir los parámetros fisicoquímicos de control y definir los puntos de toma de muestra de la PTAR Granada.
- Proponer prácticas de operación y mantenimiento ocupacional y ambientalmente seguras para garantizar la salud del personal operativo y reducir el impacto ambiental.



- Consignar los instrumentos y equipos de laboratorio necesarios para la operación y mantenimiento de la PTAR Granada.

3. CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LA PTAR

Las condiciones de seguridad se refieren a los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los operarios de la PTAR Granada. De forma general, se recomienda a la Empresa de Servicios Públicos adquirir y mantener funcionales y en buen estado los implementos de protección personal y las herramientas para la operación y mantenimiento de la PTAR. Disponer de los números de emergencia (ambulancia, bomberos, cruz roja, hospitales, etc.) y capacitar de forma constante al personal operativo sobre las técnicas de primeros auxilios (salud y seguridad en el trabajo). A continuación, se presentan algunos aspectos de seguridad que deben tenerse en cuenta durante las actividades en la PTAR Granada.

3.1. Principales riesgos en la PTAR

- **Riesgos biológicos:** El agua residual es un vector potencial de enfermedades por contacto. Patógenos presentes en el agua residual como bacterias, virus, hongos, etc., incluyendo el virus SARs-CoV-2; pueden tener un efecto adverso sobre la salud humana. Para evitar estos riesgos el personal operativo debe tener al día sus vacunas, usar ropa e implementos de protección personal (mascarilla, lentes y guantes) que cubran las partes expuestas del cuerpo, no consumir alimentos ni bebidas en las zonas operativas, lavar y desinfectar con frecuencia sus manos y ducharse al terminar su jornada laboral. Consultar de inmediato con un médico, en caso de presentar alguna irritación en el cuerpo o síntomas respiratorios.
- **Riesgos químicos:** El tratamiento del agua residual requiere el uso de productos químicos como ácido sulfúrico y cal agrícola. El personal operativo debe tener en cuenta las buenas prácticas de laboratorio, almacenar los productos en lugares ventilados y usar los elementos de protección personal. En caso de un contacto accidental, enjuagar con abundante agua y acudir al médico si se presenta alguna reacción.
- **Riesgos con gases:** En la PTAR se liberan gases tóxicos como el ácido sulfhídrico, metano, entre otros. Cuando se requiera abrir las campanas del digestor de lodos, el personal operativo debe tener mascarillas con filtros apropiados para esta labor y evitar el contacto directo con los gases producidos. En caso de exposición a gases que generen mareo o cualquier otra emergencia, el operario debe ir a un lugar fresco con buena ventilación y consultar con un médico.
- **Riesgos de caídas:** Las caídas en la PTAR pueden ocasionar fracturas o dislocaciones al personal operativo. Para evitar estos riesgos de caídas es importante que los operarios estén

capacitados en trabajo seguro de alturas. El personal operativo se debe asegurar con arnés de seguridad y línea de vida en alturas considerables como en el uso de las válvulas de los filtros (ver. **Fig 1.a**), utilizar siempre las pasarelas y escaleras ubicadas en las unidades de tratamiento (ver. **Fig 1.b**) y caminar con cuidado por la PTAR, haciendo uso correcto de las escaleras adosadas para desplazarse.



(a)



(b)

Fig 1. Condiciones de seguridad para el riesgo de caídas.

(a) *Uso de arnés y línea de vida, (b) Uso de las pasarelas y escalera adosada en la PTAR.*

3.2. Uso de equipos

En la PTAR Granada se cuenta con implementos y equipos de laboratorio como el pH-metro, beakers, probetas de vidrio, buretas, conos Imhoff, entre otros. Estos equipos deben manipularse de forma correcta según las directrices sugeridas por la ingeniera residente que asesoró el proceso de puesta en marcha. El personal operativo debe ser cuidadoso al utilizar cada uno de estos implementos, se sugiere usarlos únicamente dentro de la caseta y tomar las muestras con jarras plásticas para evitar accidentes y daños en equipos.

3.3. Movimientos de las estructuras de la PTAR

En la PTAR Granada se deben utilizar con frecuencia las compuertas de los tratamientos preliminares y las válvulas de las unidades de tratamiento primario y secundario. El personal operativo debe familiarizarse con esta operación y realizar movimientos seguros y cómodos que no pongan en riesgo su salud, evitando así caídas o lesiones.

4. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO

El municipio de Granada se encuentra ubicado en el Nororiente del departamento de Antioquia y pertenece a la subregión del Oriente Antioqueño, con su jurisdicción en Cornare (ver. **Fig 2**). Limita al Norte con El Peñol, Guatapé y San Rafael, al Sur con Cocorná, al Oriente con San Carlos



Fecha de envío: 25/03/2021

y San Luis y al Occidente con Santuario y Cocorná. El municipio se encuentra localizado a 77 km de Medellín y geográficamente se encuentra ubicado entre las cuencas de los ríos San Matías, Cocorná y Calderas, afluentes de embalses hidroeléctricos. Su altura sobre el nivel del mar varía entre valores de 950 y 2.500 m, teniendo una altura de 2.050 m.s.n.m., en la cabecera municipal, la cual es atravesada en la parte Oriental por la quebrada Santa Bárbara. El municipio tiene una temperatura promedio de 18°C y una extensión territorial de 183 km², de los cuales 0,67 km² corresponden al área urbana. (CORNARE, 2013)

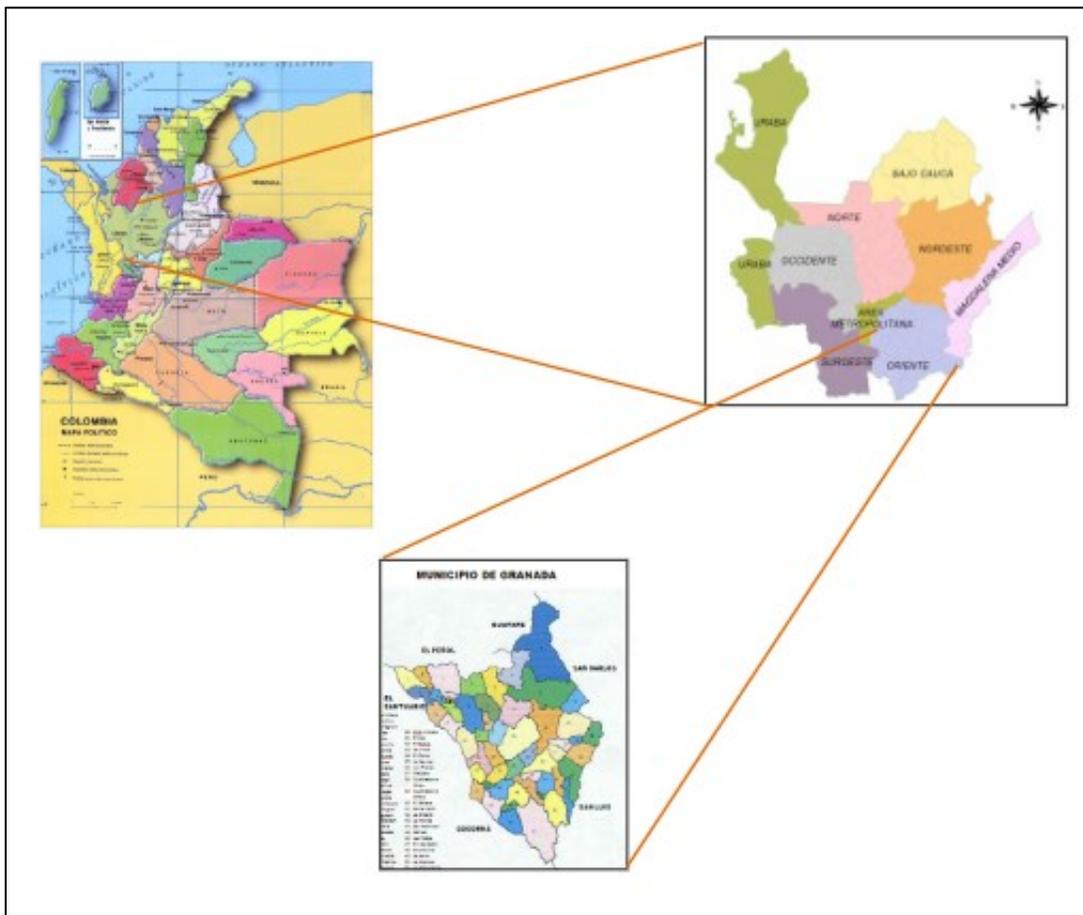


Fig 2. Ubicación del municipio de Granada.

Nota. Tomado del informe de diseño del plan maestro de alcantarillado del municipio de Granada.

La PTAR Granada se encuentra ubicada al Norte del Municipio a un costado de la quebrada Santa Bárbara, a la cual se vierte el efluente final de la PTAR (ver. **Fig 3**).



Fig 3. Ubicación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de Granada.

Nota. Imagen tomada de Google Earth.

5. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

El agua residual es la combinación de residuos líquidos o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf & Eddy, 2014). Las aguas residuales domésticas, transportan básicamente excrementos humanos y orina y por ende contribuyen principalmente con materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales, además las aguas provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, son aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo y grasas (Romero, 2000).

5.1. Estimación del caudal de aguas residuales domésticas por día

A partir de la proyección de la población, el caudal de aguas residuales domésticas (Q_D) por día se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$Q_D = C_R \times P \times D_{NETA}$$

Donde:

- **Dotación neta (D_{NETA}):** Se debe determinar haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del



Fecha de envío: 25/03/2021

servicio de acueducto, o en su defecto recopilada en Sistema Único de Información (SIU) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar.

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/hab-d)
>2000 m.s.n.m.	120
1000-2000 m.s.n.m.	130
<1000 m.s.n.m.	140

Nota. Tomado de Resolución 0330 del 2017.

- **P:** Número de habitantes proyectados.
- **CR:** Coeficiente de retorno, el cual debe estimarse a partir de análisis de información existente en la localidad y/o mediciones de campo realizadas por la persona prestadora de servicio. De no contar con datos se toma un valor de 0,85 ([Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2017](#)).

Conclusión: La dotación neta máxima para la PTAR Granada es de **120 L/hab·día**

Además, según el DANE la población proyectada para el año 2021 es de 9.915 habitantes para la totalidad del municipio, teniendo 5.604 habitantes en la cabecera municipal y 4.311 en los centros poblados o zonas rurales. El coeficiente de retorno para la estimación del caudal es de 0,85, según lo que propone la resolución 0330 del 2017, ya que no se cuenta con información existente sobre este valor. Utilizando la ecuación para el caudal de aguas residuales domésticas por día, se tiene que:

$$Q_D = 0,85 \times 9.915 \text{ hab} \times \frac{120 \text{ L}}{\text{hab. d}}$$

$$Q_D = 1.011.330 \text{ L/d}$$

$$Q_D = 1.011.330 \frac{\text{L}}{\text{d}} \times \frac{1 \text{ d}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_D = 11,70 \text{ L/s} \checkmark$$

El caudal de aguas residuales domésticas por día en la PTAR de Granada es de (1011.3 m³/día), (1.011.330 L/d) lo cual equivale a 11,7 L/s.

Aclaración: Esta es sólo una porción que equivale a un aporte del caudal de agua residual doméstica, si se desea conocer un estimado de lo que ingresa a la PTAR se debe calcular:



Fecha de envío: 25/03/2021

Q_D : Caudal de aguas residuales domésticas (m^3/s)

Q_I : Caudal de aguas residuales industriales (m^3/s)

Q_C : Caudal de aguas residuales comerciales (m^3/s)

Q_{IN} : Caudal de aguas residuales institucionales (m^3/s)

Q_{CE} : Caudal de aguas residuales por conexiones erradas (m^3/s)

Q_{INF} : Caudales por infiltración (m^3/s)

Para finalizar, se determina el caudal medio diario de aguas residuales:

$$QMD = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

QMD : Caudal medio de aguas residuales

5.2. Estimación de la carga orgánica de aguas residuales domésticas por día

Según la resolución 0330 del 2017, el aporte per cápita de DBO_5 para aguas residuales está en el intervalo de 25 a 80 g/hab/d, sugiriendo un valor de 50 g/hab/d. Teniendo en cuenta lo anterior y la proyección de la población del municipio de Granada para el año 2021 (9.915 habitantes), se estima la carga orgánica de aguas residuales domésticas por día.

Carga orgánica de aguas residuales domésticas = población \times aporte per cápita de DBO_5

$$\text{Carga orgánica} = 9915 \text{ hab} \times 50 \frac{\text{g}}{\text{hab. d}}$$

$$\text{Carga orgánica} = 495.750 \frac{\text{g}}{\text{d}} \times \frac{\text{kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$\text{Carga orgánica} = 495,75 \frac{\text{kg } DBO_5}{\text{d}} \checkmark$$

Nota. El valor de 495,75 kg DBO_5 /d es una estimación de la carga orgánica de aguas residuales domésticas por día actualmente en la PTAR y permite elegir la tabla de la Resolución 0631 del 2015 presentada en el título siguiente para evaluar los valores máximos admisibles de los diferentes parámetros.

5.3. Estimación de la concentración de la DBO_5 en el agua residual

Para estimar la concentración de DBO_5 en el agua residual, se tiene en cuenta el caudal de aguas residuales domésticas y la carga orgánica de DBO_5 .

$$[DBO_5] = \frac{\text{Carga orgánica}}{Q_D}$$



Fecha de envío: 25/03/2021

$$[DBO_5] = \frac{495,75 \frac{kg DBO_5}{d} \times \frac{1000000 mg DBO_5}{1 kg DBO_5}}{1.011.330 \frac{L}{d}}$$

$$[DBO_5] = 490,19 \frac{mg DBO_5}{L} \checkmark$$

Aclaración. Este valor de $490,19 \frac{mg}{L} DBO_5$ es alto, una de las razones es que se toma como parámetro fisicoquímico el aporte de DBO_5 por persona que equivale a un valor de 50 gr / hab * día, según la recomendación de la resolución 0330 de 2017, lo que posiblemente eleva la carga orgánica actual. Esto se aclara ya que generalmente cuando se realizan muestreos de ARD los aportes por persona de este parámetro específico son menores. Dicho esto, se toman los valores de la resolución 0330 de 2017 porque son una guía valiosa para realizar las diferentes proyecciones de diseño. Por otro lado, hay un aporte de aguas lluvias que contribuyen con la dilución del agua residual doméstica para las plantas que cuentan con alcantarillado tipo combinado. Además de aportes por infiltración y conexiones erradas que minimizan la concentración de DBO_5 en el agua residual doméstica.

6. NORMATIVIDAD VIGENTE PARA LA PTAR

El funcionamiento de la PTAR Granada se rige por la normatividad vigente. En la normatividad se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Durante la operación de la PTAR, se debe considerar el Artículo 8 del Capítulo V de dicha resolución, en el cual se establecen los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas – ARD de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD y ARnD) de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de agua superficiales. Además, el Artículo 5, sobre el parámetro de temperatura y de la zona de mezcla térmica.

La carga orgánica estimada para la PTAR sugiere la **Tabla 2**, que muestra las cargas menores a 625 kg DBO_5/d .

Tabla 2. Valores máximos admisibles según la Resolución 0631 del 2015.

RESOLUCIÓN 0631 DEL 2015: Carga menor a 625 kg DBO_5/d		
PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ADMISIBLE
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O_2	180,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L O_2	90,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	90,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte



Fecha de envío: 25/03/2021

HIDROCARBUROS

Hydrocarbons Totales (HTP)	mg/L	Análisis y Reporte
----------------------------	------	--------------------

COMPUESTOS DE FÓSFORO

Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte

COMPUESTOS DE NITRÓGENO

Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte

Nota. Tomado de la Resolución 0631 del 2015. Los valores máximos permisibles presentados en la [Tabla 2](#) serán útiles para los muestreos de agua residual en la PTAR Granada.

7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO

La Planta de Tratamiento de Agua Residual del Municipio de Granada cuenta con tratamiento preliminar, primario, secundario y tratamiento de los lodos. (ver. [Fig 4](#) y [Fig 5](#)).

El agua residual del municipio es transportada por medio del alcantarillado que conecta con el interceptor que direcciona el agua a la PTAR Granada.

- **(1) Canal de entrada:** o canal de aproximación que direcciona el agua residual que ingresa a la PTAR Granada.
- **(1) Vertedero o aliviadero lateral:** para evacuar el caudal de excesos de la PTAR.
- **(2) Rejillas:** en paralelo para la remoción de sólidos gruesos. Se recomienda el funcionamiento de una línea, la otra debe permanecer aislada.
- **(2) Canales desarenadores:** en paralelo que permiten la remoción de arenas. Se recomienda el funcionamiento de una línea y otra aislada.
- **(1) Canaleta Parshall de 3'':** para la medición del caudal y control de velocidades de las unidades preliminares.
- **(1) Bypass o vertedero lateral después de preliminares:** que permite aislar el agua residual que no se desea ingresar a los sedimentadores.
- **(2) Módulos de Sedimentación Primaria de Alta Tasa:** que funcionan en paralelo cada uno de 57 m³, cuentan con paneles tipo colmena y se encargan de remover principalmente sólidos suspendidos.
- **(2) Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente (FAFA):** en paralelo (cada uno de 90 m³), cuya función es transformar parcialmente la materia orgánica presente en el agua residual.

- **(1) Digestor anaerobio:** con volumen de 117 m^3 , que transforma los lodos primarios del Sedimentador de Alta Tasa.
- **(4) Lechos de secado,** los cuales se encargan de la deshidratación de la materia orgánica, del lodo purgado proveniente del digestor de lodos y de los FAFA.



Fig 4. PTAR del municipio de Granada.

Nota. ©Fotografía tomada por: Santiago Londoño Vélez.

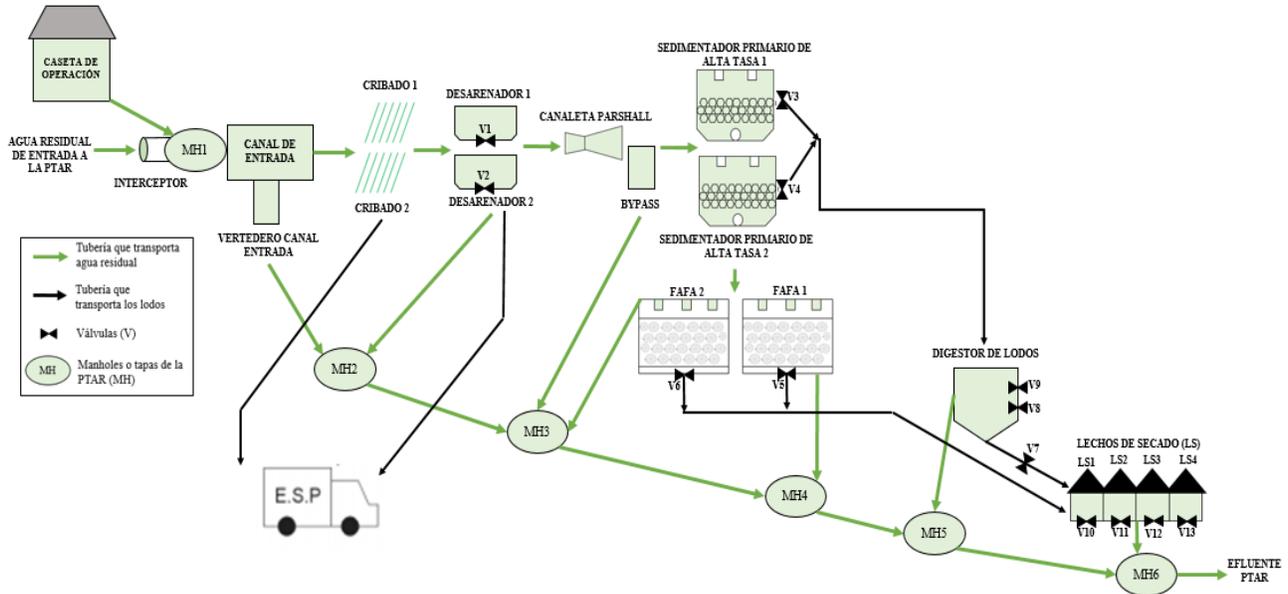


Fig 5. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento.

Nota: Realizado por Astrid Lorena Macías Ospina.

8. SISTEMA DE TRATAMIENTO

8.1. Sistema de alcantarillado

El alcantarillado del municipio de Granada es tipo combinado, es decir aquel que capta y conduce simultáneamente las aguas residuales y pluviales. Según Úsuga (2013) el servicio de alcantarillado del área urbana del municipio de Granada tiene una cobertura del 92 %.

8.1.1. Mantenimiento del sistema de alcantarillado

El alcantarillado combinado de Granada está compuesto por (2) zonas principales que se encargan de recoger las aguas residuales de todo el municipio, las cuales se unen en una cámara de inspección que luego lleva las aguas hacia la PTAR Granada. El mantenimiento de la red de alcantarillado se debe hacer cada (3) meses para ambas zonas, el procedimiento a seguir por el personal operativo es el siguiente:

- Revisar cada una de las cámaras de inspección cercanas a la PTAR. Verificar que el paso del agua residual sea normal (ver. Fig 6.a).
- En caso de encontrar obstrucción, retirar los residuos que estén obstruyendo el paso del agua (ver. Fig 6.b).

- Si continua la obstrucción, utilizar una tubería flexible y delgada en PVC que permita destaponar, como se muestra en (ver. **Fig 6.c**).



(a)



(b)



(c)

Fig 6. Mantenimiento del sistema de alcantarillado.

(a) Revisión de las cámaras, (b) Extracción de residuos, (c) Desobstrucción de la cámara.

8.2. Caudal de diseño de la PTAR

El caudal de diseño de la PTAR es de 20 L/s, según el dimensionamiento del sedimentador primario presentado en el informe: *SaneAmbiente Ltda (1999) Ajustes al diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, informe final*.

El caudal de diseño según la evaluación hidráulica del sedimentador primario puede variar hasta 25,04 L/s \approx 25 L/s. el cual se asigna en *la actualización de los estudios y diseños de preinversión para el plan maestro de alcantarillado del área urbana del municipio de Granada, informe de diseño del año (2013)*. Este informe es suministrado por la E.S.P. de Granada.

8.3. Canal de entrada

Es la estructura en la cual descarga la tubería del interceptor de conducción en la planta de tratamiento (Galeano & Rojas, 2016). En esta unidad se depositan piedras, gravilla, algunas arenas y elementos con gran peso que son transportados por el alcantarillado, por esto su limpieza se limita a retirar el material depositado y así evitar que el agua residual sea evacuada por el vertedero de excesos sin ningún tratamiento (Ochoa, 2010).

A la PTAR de Granada, llegan las aguas residuales de la cabecera urbana a través de (1) interceptor de diámetro de 12'', el cual recibe también las aguas residuales generadas en la caseta de operación para transportarlas hacia el canal de entrada. El canal de entrada tiene dimensiones de 0,8 m de ancho, 1,9 m de largo y 0,7 m de altura (ver. **Fig 7.a**).

El canal de entrada tiene en su estructura un vertedero o aliviadero lateral con compuerta ajustable. El vertedero lateral tiene una altura (P) de 20 cm. Incluso, en el canal donde está el vertedero se

tiene una tubería de diámetro de 12'' para evacuar el agua de excesos y una tubería de diámetro de 6'', que se encarga de recoger las aguas lluvias de la caseta de operación para transportarlas hacia el aliviadero (ver. **Fig 7.b**).

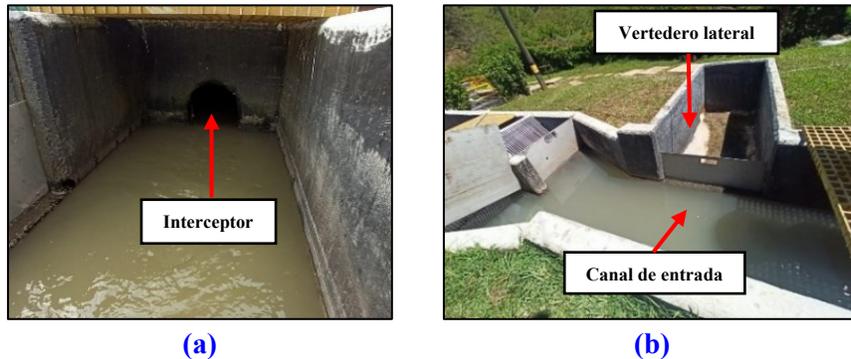


Fig 7. Canal de entrada.

(a) Interceptor, (b) Canal de entrada y aliviadero lateral.

8.3.1. Frecuencia de limpieza

La frecuencia de limpieza de esta unidad es cada 15 días, ya que se sedimenta poco material. La limpieza se realiza posterior a los días con fuertes lluvias, en los cuales se arrastra mayor material hacia la PTAR, por lo general no es necesario retirar el material sedimentado en este en los días soleados o de lluvias leves, por lo tanto la frecuencia de limpieza es de (1) a (2) veces al mes o según las necesidades del sistema.

Sin embargo, a pesar de sedimentarse poco material, se propone revisar diariamente el canal de entrada con una pala. Así se asegura que no se encuentre material acumulado en este, ya que puede variar según las condiciones climáticas del municipio.

8.3.2. Operación y mantenimiento del canal de entrada

El operario diariamente debe revisar el canal de entrada con una pala para decidir hacer la limpieza la unidad de tratamiento. En caso de encontrar material sedimentado, el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Tener las herramientas necesarias a la mano para la limpieza de la unidad: pala, cepillo y recipiente con volumen conocido y agujeros en el fondo.
- Retirar el material sedimentado en el canal de entrada, mediante una pala y posteriormente depositarlo en el recipiente (ver. **Fig 8**).



Fig 8. Limpieza del canal de entrada.

- Medir el volumen retirado y diligenciar el **Formato 1**. Volumen del material extraído (canal de entrada).
- Escurrir el material extraído en el recipiente durante 3 días, o hasta evidenciar que el material se encuentra seco.
- Depositar el material extraído y con baja humedad en un trincho. El trincho puede estar a los alrededores de la PTAR, teniendo en cuenta que se sedimenta poco material y por lo general son gravas y arenas. En caso de sedimentarse materia orgánica, lo cual no es común en esta unidad de tratamiento, depositar en los lechos de secado con su posterior adición de cal agrícola para evitar proliferación de vectores.
- Finalmente, limpiar las paredes y el fondo del canal de entrada mediante un cepillo al terminar la extracción del material sedimentado.

En la operación del canal de entrada, es importante considerar los afluentes no rutinarios. En caso de presentarse, lo cual no es común en la PTAR Granada, el operario debe:

- Tomar una muestra del vertimiento mediante una jarra de plástico.
- Medir pH, temperatura, sólidos sedimentables, reportar el olor, color y duración del vertimiento y diligenciar el **Formato 5**. Control de pH, temperatura y sólidos sedimentables de afluentes no rutinarios.
- Si el operario verifica pH menores a 5 en el afluente de la PTAR con una duración superior a 60 minutos. Valor que representa un riesgo para el tratamiento anaerobio. El personal debe abrir la compuerta del bypass después de preliminares y evitar el paso del agua residual a los tratamientos posteriores.

Para la operación del **vertedero lateral**, en caso de tener lluvias fuertes el operario debe:

- Remover la compuerta del vertedero lateral, para aliviar el caudal de excesos de entrada a la

PTAR.

8.4. Unidad de cribado

El cribado es la unidad que se utiliza para separar material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla (Romero, 2000), normalmente es la primera operación unitaria que se utiliza en una planta de tratamiento de aguas residuales y se encarga de retirar el material que pueda dañar equipos, bloquear válvulas, boquillas, canales, tuberías y accesorios, lo cual crea problemas de operación y mantenimiento de la planta (Qasim & Zhu, 2018).

La unidad de cribado de la PTAR Granada, cuenta con (2) rejillas en paralelo que se clasifican como media (gruesa) por su separación entre barras (entre 0,015 m y 0,025 m), cada una con su respectiva compuerta, canastilla y pasarela para que el personal operativo retire los residuos de manera segura (ver. Fig 9).

Cada canal de la unidad de cribado tiene dimensiones de 0,8 m de ancho, 2,35 m de largo y 0,7 m de altura. Cada rejilla cuenta con 30 barros, con variación de espaciamiento entre 15 a 25 mm y con espesor y longitud de la barra de 6 mm y 0,9 m, respectivamente.



Fig 9. Unidad de cribado.

8.4.1. Frecuencia de limpieza

La frecuencia de limpieza de las rejillas es mínimo (3) veces en el día o según las necesidades evidenciadas por el personal operativo en la unidad de tratamiento. En los días con lluvias fuertes donde se dan los picos del caudal, se arrastra mayor material hacia el cribado, por lo cual es vital hacer la limpieza más de tres veces, garantizando siempre la rejilla sin residuos sólidos y el libre paso del agua a través de ella.

8.4.2. Operación y mantenimiento del cribado

Mantener una sola línea de la unidad de cribado en funcionamiento. Posterior a la revisión de las rejillas a lo largo del día, para tomar la decisión de su limpieza dependiendo de la cantidad de residuos sólidos que se encuentren en esta, el personal operativo debe:

- Arrastrar los residuos retenidos en las rejillas hacia la canastilla, ubicándose en el soporte y haciendo un movimiento de abajo hacia arriba mediante un cepillo o rastrillo a lo largo de la reja, procurando que pase el material orgánico hacia el canal desarenador (ver. **Fig 10.a**).
- Dejar escurrir los residuos en la canastilla por unos minutos y depositarlos en el recipiente dispuesto en la unidad de tratamiento (ver. **Fig 10.b**).
- Pesar el material extraído al final del día, mediante una balanza (ver. **Fig 10.c**) y reportar el valor en el **Formato 2**. Kilogramos de material extraído (Cribado).



(a)



(b)



(c)

Fig 10. Operación de la unidad de cribado.

(a) Limpieza de las rejjas, (b) Limpieza de la canastilla, (c) Pesado del material extraído.

- Almacenar los residuos a lo largo de la semana en un recipiente con tapa, para evitar proliferación de vectores y olores, hasta que sean recogidos por el camión de la E.S.P de Granada para disposición final.

8.5. Canal desarenador

El desarenador se usa para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales. También, protege el equipo mecánico del desgaste anormal y reduce la formación de depósitos pesados en tuberías, canales y conductos, además minimizan la frecuencia de limpieza de los digestores, en aquellos casos que se presenta una acumulación excesiva de arena en dichas unidades (**Romero, 2000**). El mecanismo de remoción de arena es simplemente por sedimentación: los granos de arena van al fondo del tanque por sus mayores dimensiones y

densidad, mientras que la materia orgánica, que se deposita con lentitud, permanece en suspensión y pasa a las unidades aguas abajo (Sperling & Lemos Chernicharo, 2005).

En la PTAR Granada se cuenta con (2) desarenadores de flujo horizontal en paralelo, cada uno con compuerta ajustable para su aislamiento. Cada desarenador tiene una tubería de 3'' ubicada en la tolva y con su respectiva válvula para evacuar el agua residual y proceder con la limpieza del canal. Las dimensiones de esta unidad de tratamiento son: ancho de 0,8 m, largo de 2 m, altura de la tolva de 0,3 m y altura total de 0,9 m (ver. Fig 11).

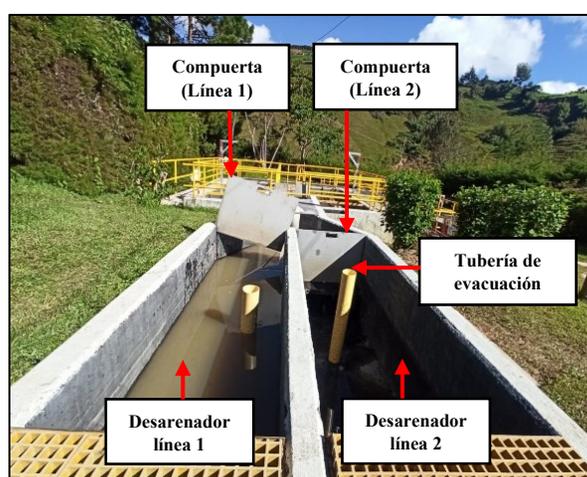


Fig 11. Desarenadores.

8.5.1. Frecuencia de limpieza

La frecuencia de limpieza del canal desarenador es de (1) vez a la semana o según las necesidades identificadas por el personal operativo en el canal. Se recomienda realizar la limpieza iniciando la semana, con el fin de que el material extraído, arenas, no permanezca por tiempo prolongado en la PTAR y así, sea recogido a mitad de semana por el camión recolector para su disposición final.

8.5.2. Operación y mantenimiento del desarenador

Mantener una sola línea del canal desarenador en funcionamiento. La otra línea debe permanecer fuera de servicio hasta que se realice la limpieza de la línea que se encuentre en funcionamiento. El personal operativo debe verificar todos los días el nivel del material en la tolva del desarenador, con el fin de evitar el arrastre de arenas hacia el sedimentador primario de alta tasa, ya que puede causar obstrucciones de válvulas y tuberías. El procedimiento para la limpieza del desarenador es el siguiente:

- Verificar que las válvulas de los desarenadores se encuentren cerradas.
- Retirar las compuertas del módulo que se encuentra por fuera de servicio, permitiendo el paso

del agua residual por este.

- Cerrar las compuertas de la línea en funcionamiento, a la cual se le desea hacer la limpieza. Así mismo, revisar que las compuertas sellen de forma correcta, para aislar por completo el módulo o línea.
- Abrir la válvula del módulo que requiere la limpieza o mantenimiento.
- Esperar por unas horas, hasta que drene el agua residual por la tubería perforada y el material sedimentado en la tolva esté seco. Durante este tiempo, revisar que la tubería perforada no se obstruya, para facilitar el paso del agua por los orificios.
- Extraer el material de la tolva del desarenador, mediante una pala y depositarlo en canecas para su transporte a relleno sanitario (ver **Fig 12**). Registrar el volumen extraído y reportar en el **Formato 15**. Volumen de material extraído (Desarenador). En caso de tener materia orgánica, extraerla en lo posible, mediante canecas y transportarla a la zona de entrada del sedimentador primario de alta tasa.



Fig 12. Extracción del material en el canal desarenador.

- El personal operativo limpia el desarenador y la reja de la misma línea porque comparten el canal que transporta el agua residual. Por lo tanto, el personal operativo retira la tubería perforada y limpia las paredes y el fondo del desarenador con un cepillo y abundante agua (manguera) (ver. **Fig 13.a** y **Fig 13.b**), igualmente realiza la limpieza de la reja y la canastilla (ver. **Fig 13.c**).



(a)



(b)



(c)

Fig 13. Limpieza final en el desarenador.

(a) Limpieza de las paredes (b) Limpieza del fondo (c) Limpieza de la reja y la canastilla.

8.5.3. Identificación de válvulas en el desarenador

Cada canal desarenador tiene una válvula (ver. **Fig 14.a**), que se utiliza para evacuar el agua residual y realizar el mantenimiento de cada línea (ver. **Fig 14.b**). El agua residual que sale del canal desarenador va a la fuente receptora.



(a)



(b)

Fig 14. Válvulas en los desarenadores.

(a) Numeración de las válvulas en los desarenadores, (b) Accionamiento de la válvula 2 correspondiente al desarenador 2.

8.6. Medio de aforo y control de velocidades: Canaleta Parshall de 3''

La canaleta Parshall es una estructura para la medición del caudal y control de velocidades, que se incluye entre los métodos de régimen crítico, creada por Ralph L, un ingeniero de Servicio de Riego del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (ver. **Fig 15**). Es una canaleta de corta longitud con tres zonas diferenciadas: una sección convergente, una sección central llamada garganta y una sección divergente. (Azevedo Netto, 1998).

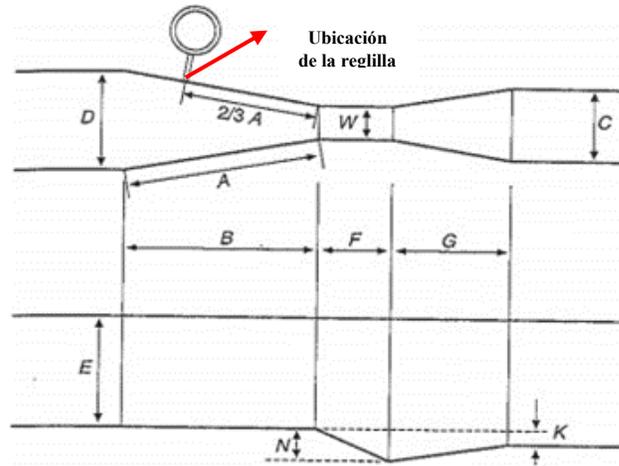


Fig 15. Esquema de las zonas de la canaleta Parshall.

Nota. Tomada del Manual de Hidráulica de Acevedo Netto.

La PTAR Granada tiene una canaleta Parshall de 3'' para medición de caudal y control de velocidades. La canaleta tiene su respectiva reglilla ubicada a la distancia correspondiente (2/3 A) (ver. **Fig 16**).



Fig 16. Canaleta Parshall de 3''.

8.6.1. Estimación del caudal de operación de la PTAR

Para estimar el caudal de operación en la planta de tratamiento se utiliza la ecuación establecida en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ([Comisión Nacional de Agua, 2015b](#)), para canaleta Parshall de 3'' ($W=3''$), la cual se presenta a continuación.

$$Q = 0,176 * H_a^{1,547}$$

Q: Caudal en m³/s

H_a: Altura de la lámina de agua en m



Por ejemplo, si se desea hallar el caudal de operación de la PTAR Granada, se debe hacer lo siguiente:

- Medir la altura de la lámina de agua (H_a) en centímetros (cm) en la reglilla ubicada en la canaleta Parshall y convertir a metros (m), ya que en la ecuación la altura debe ir en estas unidades. Así, suponiendo una altura de 14 cm:

$$H_a = 14 \text{ cm} = 14 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,14 \text{ m}$$

- Luego, utilizar la ecuación, reemplazando el valor de la altura de la lámina de agua en (m) para obtener el caudal afluente en (m^3/s), así:

$$Q = 0,1765 \times 0,14^{1,547} = 0,00842 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Para finalizar, si se requiere reportar el caudal en L/s, hacer la conversión de unidades:

$$Q = 0,00842 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 8,42 \text{ L/s}$$

A continuación, en la **Tabla 3** se presentan los resultados de las estimaciones del caudal a diferentes alturas de la lámina de agua.

Tabla 3. Resultados de la medición del caudal mediante Canaleta Parshall de 3''

MEDICIÓN DEL CAUDAL				MEDICIÓN DEL CAUDAL			
Altura lámina de agua (cm)	Altura lámina de agua (m)	Caudal (m^3/s)	Caudal (L/s)	Altura lámina de agua (cm)	Altura lámina de agua (m)	Caudal (m^3/s)	Caudal (L/s)
1	0,01	0,0001	0,14	10,5	0,11	0,0054	5,40
1,5	0,02	0,0003	0,27	11	0,11	0,0058	5,80
2	0,02	0,0004	0,42	11,5	0,12	0,0062	6,22
2,5	0,03	0,0006	0,59	12	0,12	0,0066	6,64
3	0,03	0,0008	0,78	12,5	0,13	0,0071	7,07
3,5	0,04	0,0010	0,99	13	0,13	0,0075	7,52
4	0,04	0,0012	1,21	13,5	0,14	0,0080	7,97
4,5	0,05	0,0015	1,46	14	0,14	0,0084	8,43
5	0,05	0,0017	1,71	14,5	0,15	0,0089	8,90
5,5	0,06	0,0020	1,99	15	0,15	0,0094	9,38
6	0,06	0,0023	2,27	15,5	0,16	0,0099	9,87
6,5	0,07	0,0026	2,57	16	0,16	0,0104	10,36
7	0,07	0,0029	2,88	16,5	0,17	0,0109	10,87
7,5	0,08	0,0032	3,21	17	0,17	0,0114	11,38
8	0,08	0,0035	3,55	17,5	0,18	0,0119	11,90
8,5	0,09	0,0039	3,90	18	0,18	0,0124	12,44
9	0,09	0,0043	4,26	18,5	0,19	0,0130	12,97
9,5	0,10	0,0046	4,63	19	0,19	0,0135	13,52
10	0,10	0,0050	5,01	19,5	0,20	0,0141	14,07
				20	0,20	0,0146	14,64



Facultad de Ingeniería

Fecha de envío: 25/03/2021

Altura lámina de agua (cm)	Altura lámina de agua (m)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (L/s)	Altura lámina de agua (cm)	Altura lámina de agua (m)	Caudal (m ³ /s)	Caudal (L/s)
20,5	0,21	0,0152	15,21	30,5	0,31	0,0281	28,12
21	0,21	0,0158	15,78	31	0,31	0,0288	28,83
21,5	0,22	0,0164	16,37	31,5	0,32	0,0296	29,56
22	0,22	0,0170	16,96	32	0,32	0,0303	30,28
22,5	0,23	0,0176	17,56	32,5	0,33	0,0310	31,02
23	0,23	0,0182	18,17	33	0,33	0,0318	31,76
23,5	0,24	0,0188	18,78	33,5	0,34	0,0325	32,51
24	0,24	0,0194	19,41	34	0,34	0,0333	33,26
24,5	0,25	0,0200	20,03	34,5	0,35	0,0340	34,02
25	0,25	0,0207	20,67	35	0,35	0,0348	34,79
25,5	0,26	0,0213	21,31	35,5	0,36	0,0356	35,56
26	0,26	0,0220	21,96	36	0,36	0,0363	36,34
26,5	0,27	0,0226	22,62	36,5	0,37	0,0371	37,12
27	0,27	0,0233	23,28	37	0,37	0,0379	37,91
27,5	0,28	0,0240	23,95	37,5	0,38	0,0387	38,71
28	0,28	0,0246	24,63	38	0,38	0,0395	39,51
28,5	0,29	0,0253	25,32	38,5	0,39	0,0403	40,31
29	0,29	0,0260	26,01	39	0,39	0,0411	41,13
29,5	0,30	0,0267	26,70	39,5	0,40	0,0419	41,95
30	0,30	0,0274	27,41	40	0,40	0,0428	42,77

Fuente: Elaboración propia.

Nota. El agua residual doméstica no debe exceder una altura máxima de 25 cm medida en la reglilla de la canaleta Parshall para garantizar que se está tratando un caudal de 20 L/s.

8.6.2. Frecuencia de limpieza

La frecuencia de limpieza de la canaleta Parshall es de (1) vez a la semana o según las necesidades que identifique el personal operativo de la PTAR. El personal operativo debe observar todos los días el estado de la canaleta para tomar la decisión de su limpieza, es ideal que esta se encuentre libre de material adherido en las paredes y en el fondo.

8.6.3. Operación y mantenimiento de la canaleta Parshall

El mantenimiento y limpieza de la canaleta Parshall consiste en pasar o rozar un cepillo suave por las paredes y el fondo, con el fin de remover el material adherido.

En la operación, el personal operativo debe:

- Cada hora, medir la altura de la lámina de agua en la canaleta Parshall, mediante la reglilla ubicada en esta (ver. **Fig 17.a**).
- Observar la correspondencia de la altura de la lámina de agua con el caudal, mediante la **Tabla 3**, la cual se encuentra ubicada en la caseta de operación (ver. **Fig 17.b**) y reportar el valor del caudal en el **Formato 3**. Reporte diario de caudales.



(a)



(b)

Fig 17. Operación de la canaleta Parshall.

(a) Medición de la altura de la lámina de agua, (b) Correspondencia de la lámina de agua con el caudal.

8.7. Bypass después de los tratamientos preliminares

La PTAR Granada tiene con un vertedero lateral después de preliminares. El vertedero lateral tiene una tubería de 12'' para evacuar el agua de excesos directamente a la fuente receptora Santa Bárbara (ver. **Fig 18**). El vertedero no tiene con una altura (P), es decir, el fondo del canal está a la misma altura del vertedero. La connotación de vertedero la da la compuerta ajustable que es la que controla el paso del agua residual a la fuente receptora.

El bypass tiene dimensiones de 0,6 m de ancho y 0,8 m de largo. La compuerta tiene un ancho de 0,3 m y altura de 0,7 m, arrojando así una altura total del canal de 1,1 m.

**Fig 18.** Vertedero lateral después de preliminares.

8.7.1. Operación y mantenimiento del bypass después de preliminares

El vertedero lateral después de preliminares se usa en la PTAR Granada, en el momento de aislar o sacar de operación los módulos de sedimentación primaria de alta tasa. Esto se hace en caso de necesitar mantenimiento y limpieza o por alguna situación de emergencia como el ingreso de un



afluente no rutinario que ponga en riesgo los tratamientos posteriores, asegurando así un tratamiento preliminar como mínimo antes de la descarga a la quebrada Santa Bárbara.

Además, la compuerta del bypass después de preliminares es útil para evacuar los excesos de caudal mayores al de diseño (Qd) y caudal máximo horario (QMH) debido al aporte de lluvias, garantizando el tratamiento preliminar previo a la descarga y previniendo el ingreso a la unidad de tratamiento primario.

Para el funcionamiento del vertedero lateral es necesario retirar la compuerta manual. La compuerta manual debe estar instalada de forma permanente. Se retira solo para la utilización del vertedero cuando se supere el caudal de diseño de la PTAR y del sedimentador primario. El caudal de diseño es de 20 L/s, pero según la evaluación hidráulica del sedimentador, el caudal puede variar hasta 25 L/s sin afectaciones en el funcionamiento del sedimentador.

8.8. Sedimentador primario de alta tasa

En estas unidades se dan procesos de sedimentación de alta velocidad, ya que, al tener placas o tubos inclinados, el área de sedimentación efectiva aumenta siendo la suma del área de cada placa proyectada sobre la superficie horizontal, por lo tanto, la profundidad de caída de las partículas y el tiempo de sedimentación entre placas disminuye significativamente comparado con un sedimentador común. Además, no tiene efectos del viento y el flujo es laminar con menos cortocircuitos. Tiene algunas desventajas como las condiciones sépticas si se tiene un periodo prolongado de depósito de lodo y la posible obstrucción de los tubos internos o canales (Qasim & Zhu, 2018).

Posterior a la canaleta Parshall, el caudal de la PTAR Granada se divide en (2) dos módulos de Sedimentador Primario de Alta Tasa, construidos en concreto, cada uno de 57 m^3 aproximadamente (ver. Fig 19.a). Los módulos funcionan en paralelo, tienen una compuerta ajustable en la entrada, cada uno con un canal en la zona de entrada. El canal de la zona de entrada conecta a dos tuberías perforadas que permiten el ingreso del flujo en forma ascendente por cada sedimentador, además cada módulo cuenta con una tubería perforada en el fondo para la purga de lodos primarios hacia el digestor de lodos (ver. Fig 19.b).

Esta tubería de evacuación de los lodos primarios cuenta su respectiva válvula para el transporte de forma directa al digestor anaerobio. Cada módulo del sedimentador tiene (2) dos canaletas dientes de sierra para la recolección del efluente, las cuales se unen en un canal común para transportar el efluente del sedimentador a los filtros anaerobios (ver. Fig 19.c).

Cada módulo tiene un largo de 6 m, ancho de 2,75 m y altura total de 3,8 m (altura útil de 3,45 m), que corresponde a la altura medida hasta las canaletas dientes de sierra.

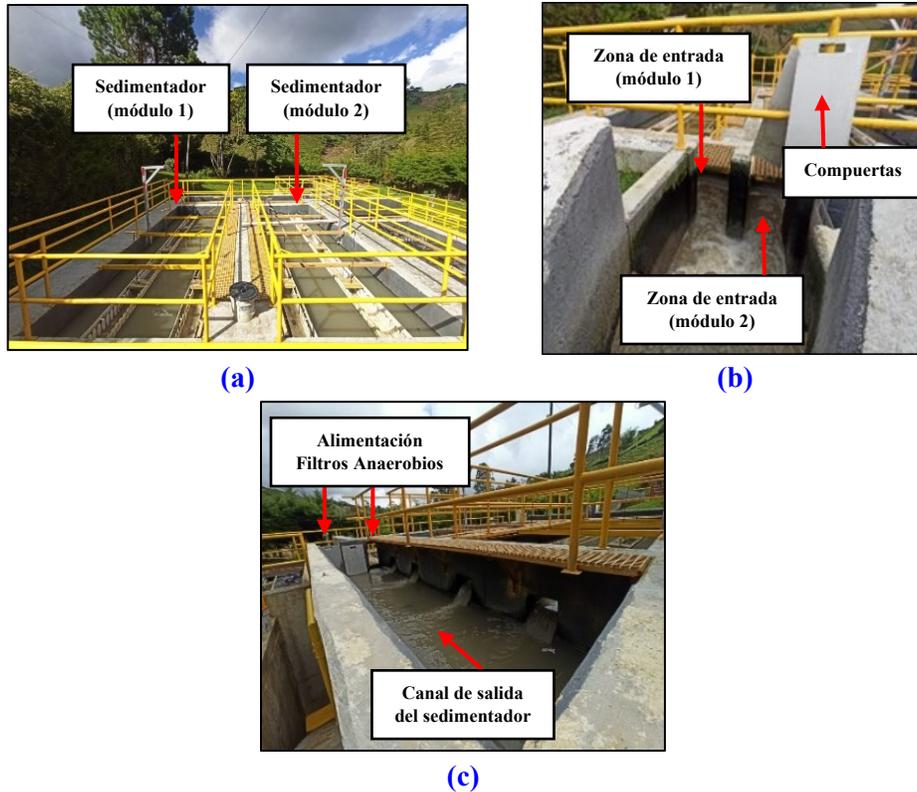


Fig 19. Sedimentador primario de alta tasa.

(a) Módulos de sedimentación primaria de alta tasa, (b) Zona de entrada al sedimentador primario, (c) Zona de salida del sedimentador.

8.8.1. Evaluación del tiempo de retención hidráulico en el sedimentador

Para estimar el tiempo de retención hidráulico en cada módulo del sedimentador es necesario encontrar el volumen.

Volumen de cada módulo del sedimentador (V_s) = Ancho \times Largo \times Altura útil

$$V_s = 6 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 3,45 \text{ m}$$

$$V_s = 56,925 \text{ m}^3 \checkmark \approx 57 \text{ m}^3$$

$$V_s = 57 \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$V_s = 57.000 \text{ L} \checkmark$$

Nota. Las medidas son suministradas por la ingeniera residente en la PTAR Granada, según las mediciones realizadas y verificadas por medio de los informes de diseño de la PTAR Granada, se pueden presentar algunas variaciones con respecto al informe de actualización del diseño. El volumen de 57 m^3 es un valor aproximado para cada módulo del



Fecha de envío: 25/03/2021

sedimentador. Debido a que el sedimentador primario de alta tasa no es del todo rectangular, se realiza de esta forma por facilidad en las estimaciones. Por otro lado, se tomó la altura útil del sedimentador, debido a que es la altura máxima a la cual llega el agua en cada módulo.

Para hallar el tiempo de retención hidráulico en los sedimentadores, se debe tener en cuenta que estos funcionan en paralelo, por lo tanto, el caudal de diseño en cada unidad es de **25 L/s** aprox., según el informe de ajuste de diseño.

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

TRH: Tiempo de retención hidráulico en cada sedimentador.

V: Volumen de cada unidad: 57.000 L = 57 m³.

Q: Caudal de entrada a cada sedimentador = 25 L/s.

Con caudal de 20 L/s	Con caudal de 25 L/s
$TRH = \frac{57 \text{ m}^3}{0.020 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$	$TRH = \frac{57 \text{ m}^3}{0.025 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$
$TRH = 2.850 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}$	$TRH = 2.280 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}$
TRH = 0.79 h = 48 minutos ✓	TRH = 0.63 h = 38 minutos ✓

Aclaración: Se realiza el cálculo con dos caudales, ya que según el dimensionamiento del sedimentador está diseñado con 20 L/s para cada módulo, sin embargo, según una evaluación hidráulica realizada, el caudal puede variar hasta 25 L/s.

Nota: En el Artículo 189 de La Resolución 0330 del 2017, se recomienda que el tiempo de retención hidráulico en sedimentadores primarios, debe oscilar entre **1,5 y 2,5 h**. Sin embargo, la resolución no especifica el tiempo de retención para sedimentadores primarios de alta tasa, según (Qasim & Zhu, 2018) (2018, p. 145) tanto los sedimentadores de alta tasa de tubo como los de placa pueden tener un tiempo de retención menor a **20 minutos**, con lo cual se afirma que el tiempo de **38 minutos** y **48 minutos** son óptimos para el tratamiento, asegurando así un proceso de sedimentación eficiente.

8.8.2. Frecuencia de limpieza en el sedimentador

La frecuencia de limpieza del sobrenadante en el sedimentador primario de alta tasa es de mínimo (2) veces en el día o según las necesidades identificadas por el personal operativo en la unidad de tratamiento. Se propone realizar la limpieza en condiciones normales: una vez en la mañana y otra vez en la tarde. Además del sobrenadante, es necesario recoger el material flotante en la zona de entrada de cada módulo, la cual tiene una frecuencia de limpieza de (1) vez a la semana, el personal

operativo debe inspeccionar la zona de entrada, para verificar el requerimiento de más de una limpieza semanal.

Limpiar las canaletas dientes de sierra. Se recomienda remover el material adherido a las paredes y el fondo (1) vez a la semana o en el momento que se observe lama excesiva en esta estructura. Además, se sugiere limpiar el canal de salida del sedimentador primario como mínimo (1) vez al mes.

8.8.3. Operación y mantenimiento en el sedimentador primario de alta tasa

La operación y mantenimiento del sedimentador primario de alta tasa consiste en la limpieza del sobrenadante, la limpieza de la zona de entrada, la limpieza de las canaletas dientes de sierra y la purga de la unidad de tratamiento hacia el digestor de lodos. A continuación, se describe, el procedimiento a seguir por parte del personal operativo para la limpieza de la unidad.

En la limpieza del sobrenadante, verificar a lo largo del día si la unidad de tratamiento lo requiere, en caso de necesitar limpieza el operario debe:

- Extraer el material flotante mediante un cedazo, depositarlo en un balde y tapanlo para evitar olores ofensivos y proliferación de vectores (ver. [Fig 20](#)).



Fig 20. Limpieza del sobrenadante en el sedimentador primario de alta tasa.

- Diligenciar el **Formato 6**. Limpieza del sobrenadante en el sedimentador primario.
- Al final del día, depositar el material en los múltiples de distribución del digestor en caso de contener solo lodos, por el contrario, si el material extraído tiene residuos sólidos, recolectar para disposición final.

Para la limpieza de la zona de entrada, el personal operativo debe:

- Remover las rejas de la zona de entrada de cada módulo.

- Extraer el material, mediante un cedazo y depositarlo en baldes (ver. **Fig 21**). Registrar el volumen extraído en el **Formato 22**. Volumen extraído en la zona de entrada del sedimentador primario.



Fig 21. Limpieza en la zona de entrada del sedimentador primario.

- Recolectar el material extraído en los baldes, con sus respectivas tapas y llevar a disposición final.

La limpieza en las canaletas dientes de sierra y del canal efluente, consiste en pasar un cepillo procurando remover la lama adherida a la estructura, tanto en el fondo como en las paredes. Hacer uso de la manguera para finalizar con la limpieza. Se recomienda contar con una hidrolavadora en la PTAR Granada, para realizar con mayor facilidad este mantenimiento.

8.8.4. Identificación de válvulas de purga

Cada módulo de sedimentación primaria de alta tasa tiene una válvula de purga que se conecta a una tubería común. La tubería común se encarga de transportar los lodos primarios hacia el digestor anaerobio (ver. **Fig 22** y **Fig 23**).

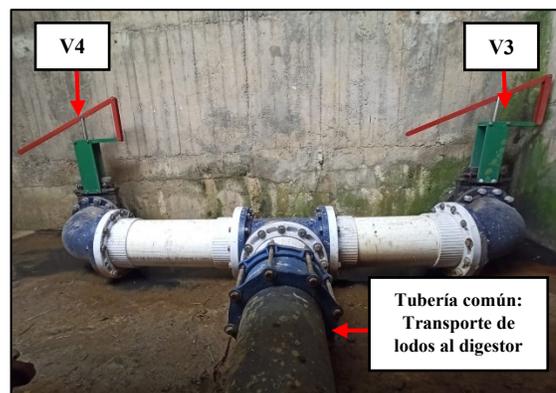


Fig 22. Numeración de las válvulas de purga del sedimentador primario de alta tasa.



(a)



(b)

Fig 23. Accionamiento de las válvulas de purga del sedimentador.

(a) Válvula 3 correspondiente al módulo 1, (b) Válvula 4 correspondiente al módulo 2.

8.8.5. Procedimiento para purgar el sedimentador primario de alta tasa

El sedimentador primario de alta tasa se purga ⁴ cada dos horas en la PTAR Granada con duración de 10 segundos por ambas válvulas. El procedimiento para purgar el sedimentador es el siguiente:

- Abrir la válvula 3, correspondiente al módulo 1 del sedimentador, accionando la palanca hacia arriba. Esta se abre alrededor de 3/4 y la duración de la purga debe ser de 5 segundos, al transcurrir este tiempo cerrar la válvula accionando hacia abajo (ver. **Fig 23.a**).
- Abrir la válvula 4, correspondiente al módulo 2 del sedimentador, accionando la palanca hacia arriba. Esta se abre alrededor de 1/2, ya que fluye menor cantidad de lodos en la válvula 4 comparada con la válvula 3. La duración de la purga es de 5 segundos, completando así 10 segundos por ambos módulos, al finalizar este tiempo se cierra la válvula accionando hacia abajo (ver. **Fig 23.b**).
- Registrar la purga en el **Formato 7**. Reporte diario de purgas del sedimentador.

Nota. Durante la puesta en marcha, la ingeniera y el personal operativo consideran la duración de las purgas de 10 segundos de manera que el flujo de agua residual que llega al canal de distribución del digestor no sobrepase el canal. Duraciones en las purgas superiores a 10 segundos ponen en riesgo el funcionamiento del digestor.

8.9. Filtros anaerobios de flujo ascendente

El filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) es un sistema de tratamiento de aguas residuales con biopelícula fija para la remoción de materia orgánica en condiciones anaerobias, mediante

⁴ **Purga:** Se refiere a la evacuación de lodos primario del sedimentador al digestor de lodos.

procesos de transformación de la materia orgánica principalmente en biogás, que se llevan a cabo por microorganismos que se encuentran adheridos a una superficie sólida, el afluente es alimentado por la parte inferior del reactor y opera inundado. Entre las ventajas de un FAFA está el poder tratar altas cargas de DQO, tener volúmenes pequeños del reactor y una operación simple. Las limitaciones son el costo del material de empaque, problemas operacionales y mantenimiento asociado con la posible acumulación de sólidos (Comisión Nacional de Agua, 2015).

En la PTAR se tienen (2) dos filtros anaerobios de flujo ascendente en concreto, cada uno de **90 m³** (ver. **Fig 24.a**). Los filtros funcionan en paralelo, con una zona de entrada en forma de canal que permite el ingreso del flujo del agua residual (ver. **Fig 24.b**). Los filtros tienen como material de empaque rosetas plásticas y cada uno cuenta con (3) tres canaletas dientes de sierra para la recolección del efluente, estas se unen en un canal independiente por filtro para transportar el agua a la fuente receptora (ver. **Fig 24.c**). Cada filtro tiene válvulas purga para la evacuación de lodos hacia los lechos de secado.

Cada filtro tiene dimensiones de 5,8 m de largo y 3,8 m de ancho. Además, una altura total de 4,4 m y altura útil de 4,0 m que corresponde a la altura tomada hasta la canaleta dientes de sierra.

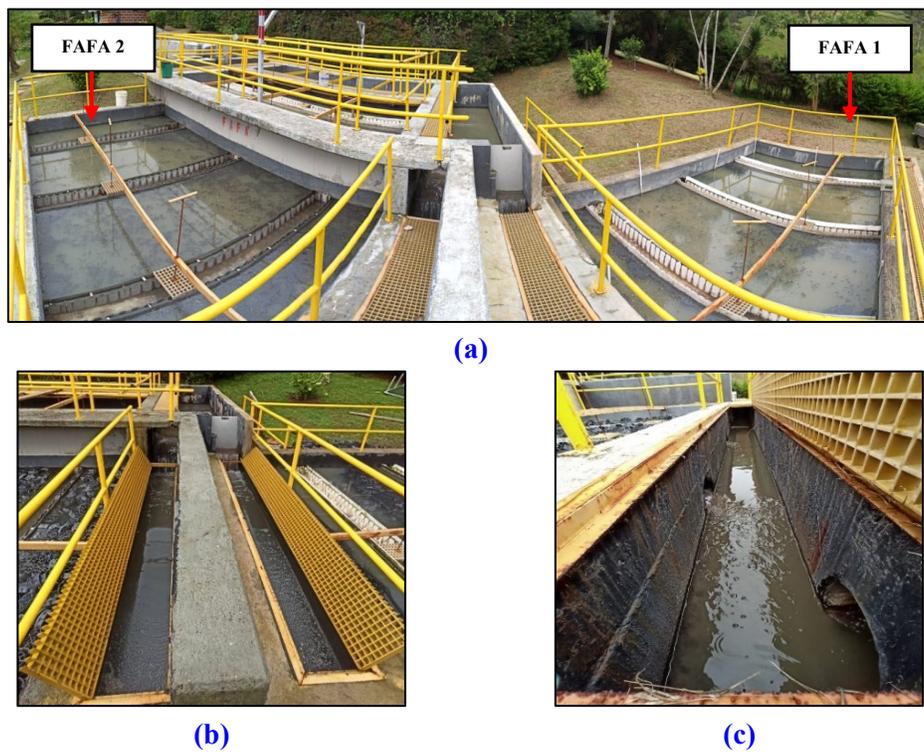


Fig 24. Filtros anaerobios de flujo ascendente.

(a) Filtro anaerobio 1 y Filtro anaerobio 2, (b) Zonas de entrada, (c) Zonas de salida.

8.9.1. Microbiología anaerobia

El tratamiento biológico de las aguas residuales se basa en la función natural de las bacterias para cerrar ciclos elementales (por ejemplo, de C, N y P) en la tierra, estos tratamientos pueden ser aerobios (presencia de oxígeno) y anaerobios (ausencia de oxígeno) (ver. [Fig 25](#)). El proceso de tratamiento anaerobio involucra una compleja red trófica, en la cual la materia orgánica se degrada secuencialmente por una gran variedad de microorganismos. El consorcio microbiano involucrado en conjunto convierte la materia orgánica y finalmente es mineralizada a metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), amonio (NH_3), ácido sulfhídrico (H_2S) y agua (H_2O) ([López et al., 2017](#)).

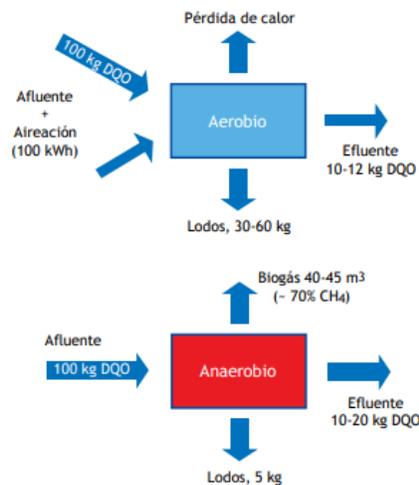


Fig 25. Proceso aerobio y anaerobio en los tratamientos de aguas residuales.

Tomado de: [López et al., 2017](#).

En el proceso anaerobio se tienen cuatro categorías de bacterias implicadas en la transformación de moléculas orgánicas complejas en moléculas más simples, como las del metano y el dióxido de carbono. Estos grupos bacterianos operan en una relación sinérgica y clasifican la digestión anaerobia en cuatro etapas (ver. [Fig 26](#)).

- **Bacterias hidrolíticas:** Los consorcios de bacterias anaerobias descomponen las moléculas orgánicas complejas (proteínas, celulosa, lignina, lípidos) en moléculas monómeras solubles semejantes a aminoácidos, glucosa, ácidos grasos y glicerol. Esta etapa del proceso se conoce como hidrólisis ([Comisión Nacional de Agua, 2015](#)).

- Bacterias fermentativas acidogénicas:** Las bacterias acidogénicas, transforman los azúcares, aminoácidos y ácidos grasos a ácidos orgánicos, alcoholes y cetonas, acetato, CO₂ e hidrógeno. El acetato es el principal producto de fermentación de los carbohidratos. La etapa donde intervienen este tipo de bacterias es la acidogénesis (Comisión Nacional de Agua, 2015).
- Bacterias acetogénicas:** Las bacterias acetogénicas (bacterias productoras de acetato y H₂), convierten los ácidos grasos y alcoholes en acetato, hidrógeno y dióxido de carbono, que son utilizados por los microorganismos metanogénicos. Este grupo requiere tensiones bajas de hidrógeno para la conversión de ácidos grasos, por lo que se necesita un seguimiento frecuente de la concentración de hidrógeno. Bajo una alta presión parcial de H₂, la formación de acetato disminuye y el sustrato es convertido en ácido propiónico, ácido butírico y etanol, en lugar de metano. Esta etapa del proceso se conoce como acetogénesis (Comisión Nacional de Agua, 2015).
- Arqueas metanogénicas:** Las arqueas metanogénicas se encargan de lograr el paso final en la conversión anaerobia global de la materia orgánica a metano y dióxido de carbono. Esta etapa es llamada metanogénesis, es la cuarta y última etapa de la degradación anaerobia de la materia orgánica, en la cual el grupo de las archeae metanogénicas se encarga de reducir el dióxido de carbono utilizando al hidrógeno como donador de electrones y de descarboxilar acetato para formar CH₄ (López et al., 2017).

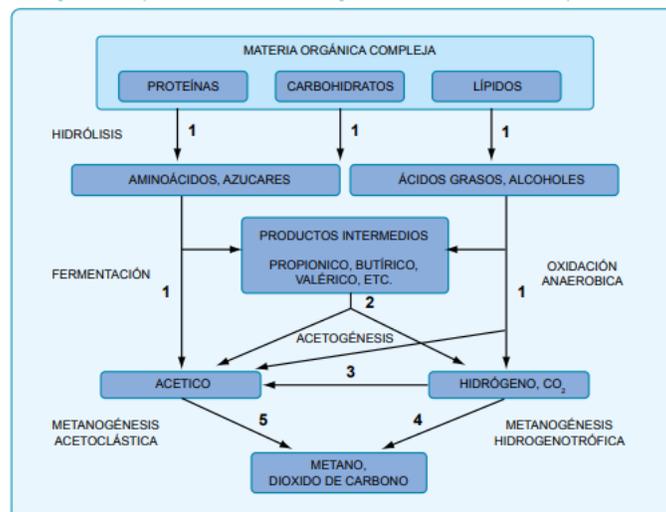


Fig 26. Etapas de los procesos anaerobios.

Tomado de: Manual de Biogás (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2011).



8.9.2. Evaluación del tiempo de retención hidráulico en los FAFA

Para el volumen de los filtros anaerobios, se tiene:

$$\text{Volumen de cada filtro } (V_f) = \text{Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Altura útil}$$

$$V_f = 3,8 \text{ m} \times 5,8 \text{ m} \times 4,0 \text{ m}$$

$$V_f = 88,16 \text{ m}^3 \approx 90 \text{ m}^3 \checkmark$$

$$V_f = 88,16 \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}$$

$$V_f = 88.160 \text{ L} \approx 90.000 \checkmark$$

Aclaración: Cada filtro anaerobio tiene un volumen de 90 m^3 aprox., cada uno. Son (2) unidades en paralelo, por lo tanto, el caudal de diseño utilizado para la estimación del tiempo de retención hidráulico es de 20 L/s para cada uno.

Para la estimación del tiempo de retención hidráulico en los filtros anaerobios, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{TRH} = \frac{V}{Q}$$

TRH: Tiempo de retención hidráulico en cada filtro.

V: Volumen del filtro anaerobio: $88.160 \text{ L} = 88,16 \text{ m}^3 \approx 90 \text{ m}^3$.

Q: Caudal de diseño que ingresa a cada filtro = 20 L/s.

Nota. Para los filtros anaerobios no se realizan evaluaciones hidráulicas del caudal de diseño. Según el informe de actualización de diseño, los filtros se dimensionaron para caudales de 20 L/s, cada uno.

Con caudal de 20 L/s	Con caudal de 25 L/s
$\text{TRH} = \frac{90 \text{ m}^3}{0.020 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$	$\text{TRH} = \frac{90 \text{ m}^3}{0.025 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$
$\text{TRH} = 4.500 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}$	$\text{TRH} = 3.600 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}$
<p>TRH = 1,25 h ✗</p>	<p>TRH = 1 h ✗</p>

Nota. Según [Sperling & Lemos Chernicharo \(2005, p. 734\)](#), un estudio realizado por el Programa Nacional Brasileño de Investigaciones en Saneamiento Básico, utilizando filtros anaerobios llenos de lecho de piedra, mostró que son capaces de producir efluentes que cumplen con los estándares de descarga menos estrictos ($\text{DBO} \leq 60 \text{ mg/L}$, $\text{SST} \leq 40 \text{ mg/L}$), cuando opera bajo tiempos de retención hidráulico que varían de 4 a 10 horas. Con lo anterior, se concluye que el tiempo de retención hidráulico para los filtros anaerobios de flujo ascendente en la PTAR de Granada (**1,25 h**) es bajo, lo cual podría implicar que el agua residual afluente no esté el suficiente tiempo en contacto con los

microorganismos de crecimiento adherido en el material de empaque ocasionando poca degradación o transformación de la materia orgánica presente en el agua y por ende altas concentraciones de DBO y sólidos en el efluente.

8.9.3. Frecuencia de limpieza en los FAFA

La limpieza del sobrenadante en los filtros anaerobios de flujo ascendente se realiza (2) veces en el día o dependiendo de la necesidad de la unidad de tratamiento, el personal operativo debe inspeccionar a lo largo del día y determinar la necesidad de su limpieza. Además, es necesario remover el material adherido en las canaletas dientes de sierra, con una frecuencia de (1) vez a la semana. Se sugiere realizar (1) limpieza mensual en el canal efluente de los filtros.

8.9.4. Operación y mantenimiento en los FAFA

La operación y mantenimiento de los filtros anaerobios de flujo ascendente, se basa en la limpieza del sobrenadante de cada filtro, la limpieza de las canaletas dientes de sierra y la purga de la unidad de tratamiento.

Para la limpieza del sobrenadante en cada uno de los filtros, el personal operativo debe:

- Extraer el material flotante mediante un cedazo (ver. [Fig 27.a](#)) y depositarlo en el balde dispuesto en la unidad de tratamiento (ver. [Fig 27.b](#)).



(a)



(b)

Fig 27. Limpieza del sobrenadante de los filtros.

(a) Limpieza del sobrenadante, (b) Operario usando el balde dispuesto en la unidad.

- Diligenciar el **Formato 8**. Limpieza del sobrenadante en los filtros anaerobios.
- Depositar en los múltiples del digester de lodos, el material flotante (lodo re-suspendido) recolectado durante todo el día en el balde (ver. [Fig 28](#)).

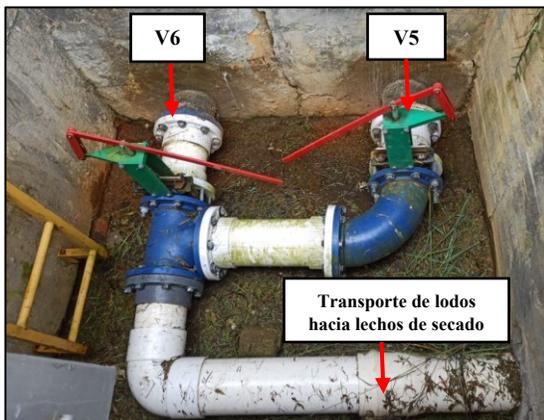


Fig 28. Operario realizando disposición del material extraído en los FAFA.

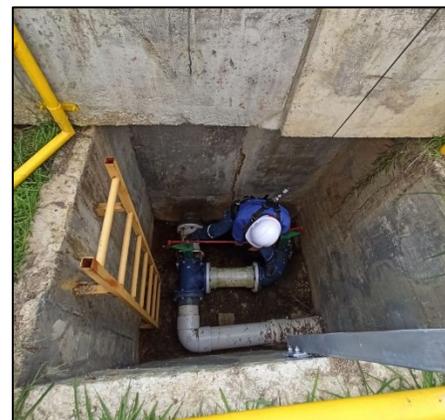
El mantenimiento de las canaletas dientes de sierra y el canal efluente, consiste en pasar un cepillo removiendo el material adherido en el fondo y las paredes, así mismo, hacer uso de una manguera para terminar su limpieza. Se propone usar una hidrolavadora para realizar esta operación con mayor facilidad, ya que con el cepillo no se logra remover por completo los sólidos adheridos a la estructura.

8.9.5. Identificación de válvulas de purga

Cada uno de los filtros tiene válvula de purga que transporta el lodo hacia los lechos de secado (ver. **Fig 29**).



(a)



(b)

Fig 29. Válvulas de purga de los filtros anaerobios.

(a) Numeración de las válvulas de purga, (b) Accionamiento de la válvula 6.



8.9.6. Criterios y frecuencia de purga

Se estima que la frecuencia de purga en los filtros anaerobios sea de (6) meses. Sin embargo, el personal operativo debe tener en cuenta los criterios para la purga de la unidad e inspeccionar de forma periódica, con el fin de tomar dicha decisión antes o después del tiempo propuesto. Los criterios para purgar la unidad de tratamiento son los siguientes:

- Tener en cuenta el lodo re-suspendido, en caso de observar una cantidad excesiva en el efluente de los filtros.
- Verificar el historial de la caracterización en el efluente de los filtros y notar los cambios en los parámetros, como pH, temperatura, alcalinidad y sólidos sedimentables. En caso de que la eficiencia en los sólidos sedimentables esté disminuyendo, es decir que la concentración en el efluente sea alta, indica la necesidad una purga en la unidad de tratamiento.

Nota. El personal operativo accionará las válvulas purga de los filtros anaerobios una vez a la semana para evitar obstrucciones en la tubería que afecten el accionamiento de las válvulas.

8.9.7. Procedimiento para purgar los FAFA

Al tomar la decisión para purgar según los criterios mencionados, el procedimiento a seguir por parte del personal operativo es el siguiente:

- Abrir la válvula del lecho de secado que se encuentre disponible para la purga. Dependiendo de la cantidad de lodo necesario para la purga, se decide el número de lechos a utilizar.
- Abrir la válvula de purga del filtro que se requiera purgar, accionando la palanca hacia arriba.
- Cuando se haya purgado la cantidad de lodo (controlado por la altura de 25 cm en los lechos de secado), cerrar la válvula del filtro accionando la palanca hacia abajo.
- Esperar unos minutos hasta que se evacúe todo el lodo hacia los lechos y proceder a cerrar la válvula del lecho de secado utilizado para la purga.

Aclaración: Se recomienda no exceder los 25 cm en la altura del lodo purgado a los lechos de secado, así se garantiza que el medio filtrante no se colmate y funcione de manera adecuada.

8.10. Digestor de lodos

La digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales se aplica a la estabilización de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos en contacto con los lodos en un ambiente libre de oxígeno y en condiciones favorables para su crecimiento y reproducción. (Sperling, Fernando, & Andreoli, 2007).

La digestión anaerobia se usa principalmente para estabilizar lodos primarios y lodos secundarios. El proceso de digestión convencional es el de tasa baja, en estos digestores el lodo se dosifica intermitentemente, sin mezcla y sin calentamiento y ocurre una estratificación de cuatro zonas: capa de espuma, capa de sobrenadante, capa de sólidos en digestión activa y capa de sólidos digeridos inertes. El sobrenadante y el lodo digerido se extraen periódicamente (Romero, 2000).

El digestor anaerobio de 117 m^3 es necesario para digerir los lodos extraídos del sedimentador primario de alta tasa. El digestor está construido en concreto y cuenta con dos tuberías en el fondo conectadas a los lechos de secado para la purga de la unidad, la cual se hace mediante una válvula ubicada cerca a los lechos (ver. Fig 30.a). El digestor cuenta también con sus respectivas válvulas de toma de muestras ubicadas a 1,0 m y 1,5 m del fondo y el efluente es recolectado mediante (2) dos canaletas dientes de sierra que se unen en un canal común para transportar el flujo a la fuente receptora Santa Bárbara (ver. Fig 30.b).



(a)



(b)

Fig 30. Digestor anaerobio de lodos.

(a) Módulo del digestor de lodos, (b) Zona de salida del efluente.

8.10.1. Múltiples de distribución

Los múltiples son estructuras que permiten la alimentación uniforme del digestor, es una parte importante de la unidad de tratamiento, ya que la eficiencia del sistema depende sustancialmente de la buena distribución del caudal (Sperling & Lemos Chernicharo, 2005).

La purga del sedimentador primario se conecta con el digestor mediante una tubería de $\text{Ø}10''$, que se encarga de transportar los lodos a la zona de entrada de la unidad de tratamiento, en la cual se tienen (4) cuatro múltiples de distribución (ver. Fig 31), cada uno con una tubería de diámetro de $4''$, que transporta el flujo hacia el fondo del digestor, ingresando así de forma ascendente mediante una tubería perforada que distribuye de forma uniforme los lodos por toda la unidad de tratamiento.

Nota: Se sugiere la instalación de múltiples de alimentación entre 6 y 8", los cambios en el diámetro de las tuberías de $\varnothing 10''$ a $\varnothing 4''$ tienen una afectación en la dinámica de purga del sedimentador primario, debido a que el tirante del lodo aumenta en el canal de distribución con riesgo de rebose.



Fig 31. Múltiples de distribución en el digestor de lodos.

8.10.2. Frecuencia de limpieza de los múltiples de distribución

En los múltiples de distribución se adhiere material a las paredes y el fondo con el paso del tiempo, por lo cual es necesario realizar la limpieza (1) vez al mes o más según la inspección diaria realizada a la estructura por parte del personal operativo.

8.10.3. Operación y mantenimiento de los múltiples de distribución

La operación y mantenimiento en los múltiples, consiste en la limpieza de la estructura y el control de las obstrucciones en las tuberías que distribuyen el caudal de forma homogénea en el digestor anaerobio.

- Para la limpieza de los múltiples de distribución, el personal operativo debe utilizar un cepillo y una manguera para remover el material adherido a las paredes y el fondo. Se recomienda, si es posible, utilizar una hidrolavadora para obtener mejores resultados en la limpieza (ver. **Fig 32**).



Fig 32. Limpieza en los múltiples de distribución con hidrolavadora.

El personal operativo debe inspeccionar diariamente el ingreso correcto de los lodos purgados del sedimentador primario al digestor de lodos. Se verifica la posible obstrucción de los múltiples, lo cual se evidencia en el momento que los lodos sobrepasen el canal de distribución de forma repetitiva. En caso de obstrucción, el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Utilizar una manguera e ingresarla a las tuberías, para que la presión del agua ayude a extraer el material o residuo que se encuentra taponando el múltiple.
- Diligenciar el **Formato 11**. Control y seguimiento de obstrucciones en los múltiples de distribución del digestor de lodos.

8.10.4. Frecuencia de limpieza del digestor de lodos

En el digestor de lodos es necesario extraer el material sobrenadante (2) veces en el día o según las necesidades en la unidad de tratamiento. Se recomienda realizar limpieza en las canaletas dientes de sierra con una frecuencia de (1) vez semanal y la limpieza del canal recolector del efluente mínimo (1) vez en el mes. Además, se debe extraer el material de las campanas del digestor cada (6) meses después de quemar biogás.

8.10.5. Operación y mantenimiento del digestor de lodos

La operación y mantenimiento del digestor de lodos consiste en la limpieza del sobrenadante, las canaletas dientes de sierra y las campanas, además la purga del lodo hacia los lechos de secado.

Para hacer la limpieza del sobrenadante el personal operativo debe:

- Extraer el material sobrenadante, mediante un cedazo y depositarlo en el balde dispuesto en la unidad de tratamiento para su limpieza (ver. **Fig 33**).



Fig 33. Limpieza del sobrenadante en el digestor de lodos.

- Diligenciar el **Formato 9**. Limpieza del sobrenadante en el digestor de lodos.
- En caso de que el material extraído sea solo lodos, llevar a lechos de secado al finalizar del día. Si contiene además residuos sólidos, es necesario recolectar para disposición final.

En la limpieza de las campanas del digestor, el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Quemar biogás previo a la actividad de limpieza.
- Abrir las cámaras de inspección de las campanas del digestor y esperar por unos minutos para expulsar el biogás sobrante.
- Extraer el material mediante un cedazo y recolectar para disposición final (ver. **Fig 34**).



Fig 34. Limpieza de las campanas del digestor de lodos.

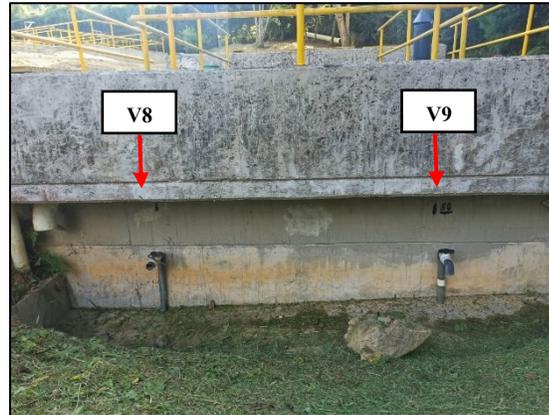
La limpieza en las canaletas dientes de sierra y el canal recolector del efluente, se realiza mediante cepillo y manguera, procurando remover los sólidos adheridos en las paredes y el fondo. Se recomienda usar hidrolavadora para facilitar la actividad.

8.10.6. Identificación de válvulas de toma de muestra y purga

El digestor de lodos cuenta con una válvula de purga (ver. **Fig 35.a** y **Fig 36.a**) y (2) válvulas de toma de muestras (**Fig 35.b** y **Fig 36.b**).



(a)



(b)

Fig 35. Numeración de válvulas en el digestor de lodos.

(a) *Válvula de purga*, (b) *Válvulas para toma de muestra*.



(a)



(b)

Fig 36. Accionamiento de las válvulas en el digestor de lodos.

(a) *Accionamiento de la válvula de purga*, (b) *Accionamiento de la válvula de muestreo*.

8.10.7. Criterios de purga del digestor de lodos

Previo a la toma de decisiones para purgar el digestor de lodos, es importante tener en cuenta cada uno de los criterios establecidos para hacer dicha operación.

- Realización de ensayos del perfil de lodos, en los cuales se obtengan resultados que indiquen una cantidad apreciable de lodo en las diferentes alturas del digestor.
- Observar cambios de color en el agua residual, más oscuro de lo normal. Igualmente,



Fecha de envío: 25/03/2021

evidenciar lodos re-suspendidos de manera repetitiva en la superficie del digestor, lo cual indica que la unidad de tratamiento contiene una cantidad de lodo considerable en el fondo, que causa el ascenso de este.

- Caracterizaciones rutinarias en el digestor, como el historial de medición de sólidos sedimentables. Evidenciar aumentos en la concentración de este parámetro, que indiquen arrastres de sólidos en el efluente y por ende una necesidad de purga.

8.10.8. Procedimiento para purgar el digestor de lodos

Al cumplir cada uno de los criterios para hacer la purga en el digestor de lodos, el procedimiento a seguir por el personal operativo es el siguiente:

- Abrir la válvula del lecho de secado en el cual se desea hacer la purga. Dependiendo de la cantidad de lodo que se requiera purgar y la disponibilidad en los lechos de secado, se toma la decisión del número de lechos a utilizar.
- Abrir la válvula de purga del digestor de lodos, purgar el lodo que se requiera y cerrarla para finalizar el proceso.
- Cuando se evacúe toda la cantidad de lodo, cerrar las válvulas de los lechos de secado utilizadas.

Aclaración: Se recomienda no exceder los 25 cm en la altura del lodo purgado a los lechos de secado, así se garantiza que el medio filtrante no se colmate y funcione correctamente.

8.10.9. Quemador de biogás

Los procesos de digestión anaeróbica producen biogás, que es básicamente una mezcla de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), pequeñas concentraciones de nitrógeno, oxígeno, sulfuro de hidrógeno (H_2S) y trazas de hidrocarburos volátiles. La producción de biogás está directamente asociada con la alimentación de los lodos, la producción máxima en digestores alimentados a intervalos regulares a lo largo del día ocurre normalmente 2 horas después de cada alimentación. Las tuberías de distribución de biogás deben estar claramente identificadas y mantenerse en buen estado de funcionamiento y deben evitarse los espacios confinados a lo largo de su recorrido en la planta de tratamiento (Sperling et al., 2007).

La PTAR Granada, cuenta con un quemador de biogás en el digestor anaerobio de lodos (ver. **Fig 37**).



Fig 37. Quemador de biogás.

8.10.10. Operación y mantenimiento del quemador de biogás

La operación del quemador de biogás consiste en revisar la estructura de forma periódica, abrir la válvula de paso, encender el mechero y verificar la producción de biogás. Se debe cronometrar la duración de la quema y diligenciar el **Formato 10**. Quema del biogás (subproducto) del digestor de lodos.

El personal operativo debe verificar con frecuencia semanal las tuberías de transporte de biogás, evitando escape o fugas hacia la atmosfera. Así mismo, considerar el reemplazo de accesorios en la estructura en caso de deterioro.

8.11. Red de drenaje de la PTAR

La red de drenaje de la PTAR se refiere al transporte del agua residual de excesos en los tratamientos preliminares y su transporte hacia la fuente receptora. A continuación, en la **Tabla 4** se presenta la red de drenaje, que incluye todas las cámaras de inspección de la PTAR Granada y el transporte del efluente de las unidades de tratamiento que descargan a la Quebrada Santa Bárbara.



Fecha de envío: 25/03/2021

Tabla 4. Red de drenaje de la PTAR Granada.

NUMERACIÓN DEL MANHOLL (MH)	FUNCIÓN	FOTOGRAFÍAS
<p>MH-1</p>	<p>Recibe las aguas residuales del interceptor del alcantarillado y las producidas en la caseta de operación. Transporta el agua residual a la entrada de la PTAR (canal de entrada).</p>	
<p>MH-2</p>	<p>Recibe las aguas residuales de excesos del vertedero lateral y las aguas que fraguan en la limpieza del desarenador. Transporta el agua residual hacia la cámara 3 (MH-3).</p>	
<p>MH-3</p>	<p>Recibe las aguas residuales del MH-2, aguas de excesos del bypass después de preliminares y el efluente del FAFA 2. Transporta el agua residual hacia la cámara 4 (MH-4).</p>	
<p>MH-4</p>	<p>Recibe aguas residuales del MH-3 y del efluente del FAFA 1. Transporta el agua residual hacia la cámara 5 (MH-5).</p>	

MH-5

Recibe aguas residuales del MH-4 y del efluente del digester de lodos. Transporta el agua residual hacia la cámara 6 (MH-6).



MH-6

Recibe aguas residuales del MH-5, el filtrado de los lechos y el bypass de los lechos de secado. Transporta el agua residual a la fuente receptora (Quebrada Santa Bárbara).



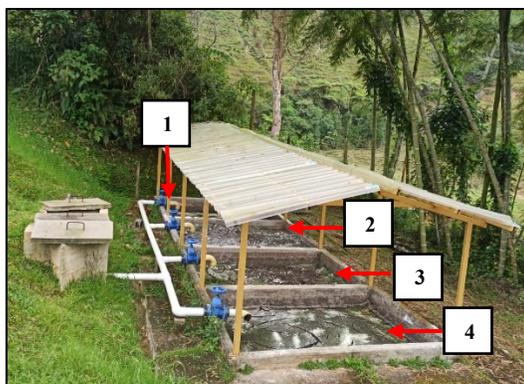
Nota: Ir al diagrama de flujo de la PTAR (ver. [Fig 5](#)) para complementar la información presentada en esta tabla y evidenciar el orden de las cámaras de inspección o (MH) con mayor claridad, dependiendo de su numeración correspondiente.

8.12. Lechos de secado

El proceso consiste en un tanque, generalmente rectangular y de concreto en el cual se elimina el agua por evaporación y percolación. En el interior del tanque, los siguientes elementos permiten el drenaje del agua de los lodos: medio de drenaje, capa de apoyo y sistema de drenaje ([Sperling et al., 2007](#)).

Para el tratamiento de los lodos primarios y secundarios, la planta cuenta con (4) cuatro lechos de secado de 2 m de ancho y 3 m de largo, construidos en concreto y con arena como medio filtrante (ver. [Fig 38.a](#)), cada uno con su respectiva válvula de purga para el ingreso a las unidades.

Previo a las válvulas de entrada del lodo a los lechos de secado, se tiene una estructura en concreto (caja de mezcla de lodos) donde se unen las tuberías de purga de los filtros anaerobios y del digester de lodos, en la cual se encuentra ubicado el bypass de los lechos de secado (ver. [Fig 38.b](#)). En esta estructura ingresan los lodos de los filtros anaerobios y del digester antes de enviarlos hacia cada lecho de secado. Además, cada lecho de secado tiene una tubería perforada en el fondo para transportar el clarificado hacia la fuente receptora Santa Bárbara.



(a)



(b)

Fig 38. Lechos de secado.

(a) Numeración lechos de secado, (b) Estructura antes de los lechos de secado.

8.12.1. Frecuencia de retiro de los biosólidos

La frecuencia de retiro de los biosólidos en los lechos de secado es entre 1 a 3 meses. Esta frecuencia varía dependiendo de las condiciones climáticas que se presenten en el municipio de Granada, ya que, en los días soleados la pérdida de humedad de los lodos es mayor. Por lo anterior, el personal operativo debe verificar de forma continua el estado de los biosólidos en los lechos de secado y retirarlos en el momento adecuado.

8.12.2. Operación y mantenimiento de los lechos de secado

La operación en los lechos de secado consiste en las purgas provenientes del digestor de lodos y los filtros anaerobios de flujo ascendente y el retiro de los biosólidos. El personal operativo debe:

- Para purgar lodo a los lechos de secado, abrir la válvula correspondiente al lecho que se va a utilizar. Posterior a esto abrir la válvula de la unidad de tratamiento a purgar, ya sea el digestor de lodos o los filtros anaerobios. Durante la purga es importante observar la estructura a la cual se dirigen los lodos antes de ir a los lechos, ya que en ocasiones puede taponarse la tubería de transporte y aumentar el nivel ocasionando rebose de los lodos por fuera de la estructura, en este caso se debe cerrar la válvula de la unidad de tratamiento y destaponar. Para finalizar el proceso de purga, cerrar las válvulas de la unidad de tratamiento purgada y después cerrar las válvulas utilizadas de los lechos.
- Medir la altura de la torta de lodo y diligenciar el **Formato 18**. Purgas de lodo digerido.
- Después de cada purga, agregar cal agrícola en el bache de los lodos para evitar proliferación de vectores y olores (ver. **Fig 39.a**) y limpiar la estructura en concreto ubicada antes de los lechos con ayuda de cepillo y manguera (ver. **Fig 39.b**).

- Hacer un seguimiento del lodo en cada celda durante (3) días posterior a la purga, midiendo una vez al día la altura de la torta del lodo, mediante una varilla y cinta métrica (ver. **Fig 39.c**). Reportar en el **Formato 19**. Seguimiento del lodo en cada celda.



(a)



(b)



(c)

Fig 39. Operación de los lechos de secado.

(a) Adición de cal agrícola, (b) Limpieza de la estructura en concreto, (c) Seguimiento de la altura del lodo.

- Reponer arena en cada una de las celdas (ver. **Fig 40**), cuando se observe que ha disminuido su cantidad en los lechos de manera considerada y reportar en el **Formato 21**. Volumen de arena repuesta.

**Fig 40.** Operario reponiendo arena en los lechos de secado.

- Retirar los biosólidos, cuando se verifique que están completamente secos (ver. **Fig 41.a**). Durante el tiempo de secado, se recomienda mezclar el lodo en varias ocasiones para mejorar su deshidratación en la capa inferior. Una alternativa para utilizar los biosólidos (lodo seco) es en el mejoramiento de suelos en reforestación de suelos degradados. Además, de utilizarlo para plantaciones ornamentales en los alrededores de la PTAR (ver. **Fig 41.b**). Medir la cantidad

extraída mediante baldes con volumen conocido y registrarlo en el **Formato 20**. Volumen del lodo seco digerido.



(a)



(b)

Fig 41. Lodo seco digerido.

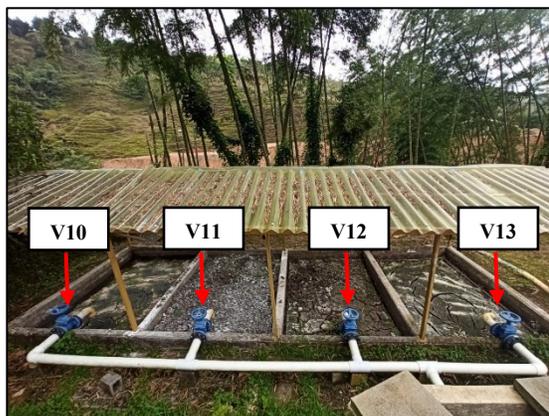
(a) Extracción de biosólidos, (b) Lodo seco digerido.

Aclaración: La disposición del lodo seco digerido en la PTAR Granada, depende del monitoreo y la caracterización de los biosólidos, así al tener su clasificación respectiva según lo estipulado en el Decreto 1287 del 2014 se analizan sus posibles usos. Se recomienda realizar una caracterización cada año para evaluar algún cambio en la disposición final de este material.

- El mantenimiento de los lechos de secado consiste en podar y retirar la vegetación que crece en las celdas con el paso del tiempo.

8.12.3. Identificación de las válvulas de los lechos

Cada celda de los lechos de secado cuenta con su respectiva válvula de purga, las cuales permiten el ingreso del lodo (ver. **Fig 42**).



(a)



(b)

Fig 42. Identificación de las válvulas de purga en los lechos.

(a) Numeración de las válvulas, (b) Accionamiento de la válvula 13.

8.13. Fuente receptora

El casco urbano del municipio de Granada está ubicado en la parte media de una vertiente larga, separada por las quebradas La María, Occidente y Panteón, que drenan a la quebrada **Santa Bárbara**, la cual cruza la cabecera urbana por el borde noroccidental y recibe las aguas que se descargan de la planta de tratamiento de agua residual (ver. **Fig 43**). Tiene su nacimiento a 2 km al noroeste del casco urbano a una altura de 2.400 m.s.n.m. (**CORNARE, 2013**).

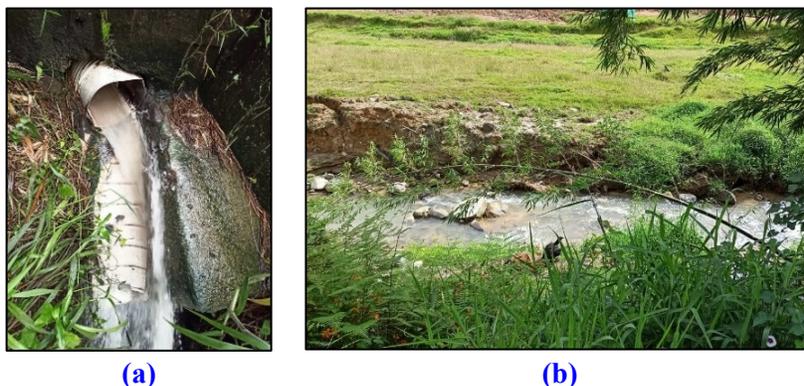


Fig 43. Fuente receptora.

(a) Estructura de entrega del efluente, (b) Quebrada Santa Bárbara.

9. GESTION DE SUBPRODUCTOS EN LA PTAR

En la PTAR Granada, además del agua tratada, se generan los siguientes subproductos en el tratamiento de las aguas residuales:

- **Canal de entrada:** Arenas y gravas, las cuales se secan y disponen en los alrededores de la PTAR.
- **Cribado:** Residuos sólidos, que van a disposición final (en el relleno sanitario).
- **Desarenador:** Arenas y materia orgánica, que son llevados a disposición final (en el relleno sanitario).
- **Sedimentador primario:** Material flotante extraído, el cual por lo general va a disposición final, debido a la presencia de residuos sólidos y materia orgánica en el caso de la zona de entrada.
- **Filtros anaerobios de flujo ascendente:** Material flotante, el cual es llevado a los múltiples de distribución en el digestor de lodos.
- **Digestor de lodos:** Material flotante, que va a disposición final en caso de contener residuos sólidos o se lleva a lechos de secado si contiene solo lodos. Además, se genera biogás en el



quemador.

- **Lechos de secado:** Biosólidos, resultantes de la deshidratación de los lodos provenientes del digestor de lodos y de los filtros anaerobios de flujo ascendente.

La gestión de los subproductos mencionados, en particular de los biosólidos, el biogás y el agua tratada, se encuentra estipulada en la Resolución 0330 del 2017 (Reglamento técnico para el sector de Agua potable y Saneamiento básico) en el Título 2 ‘Requisitos técnicos’, Capítulo 5 ‘Sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales’ y Sección 5 ‘Gestión de subproductos del tratamiento de agua residual, con los siguientes artículos.

Nota. El termino disposición final significa que los subproductos son dispuestos en un relleno sanitario.

Caracterización de lodos y biosólidos (Art. 207): Para la caracterización de lodos y biosólidos del tratamiento de las aguas residuales, deben obtenerse muestras, tanto para propósitos operativos, de aprovechamiento y disposición final, así como para el seguimiento por parte de las autoridades ambientales. Con el fin de obtener muestras representativas, es indispensable considerar los siguientes aspectos:

1. Lugar de la muestra
2. Instalación del muestreo (Permanente o temporal).
3. Presencia de condiciones de riesgo (gases de carácter explosivo).
4. Condiciones hidráulicas (flujo a presión, canales abiertos, etc).
5. Naturaleza del lodo o biosólido que se va a muestrear (completamente mezclado, estratificado, etc).
6. Dosificación del flujo (volumétrico).
7. Tipo de análisis (patógenos, metales, pH, nutrientes).
8. Periodo de muestreo (horario, diario, semanal).
9. Métodos para preservación de la muestra.
10. La caracterización de los parámetros que es necesario medir debe incluir, como mínimo, cadmio, cromo total, cobre, plomo, mercurio, níquel, zinc, molibdeno, arsénico, selenio, coliformes fecales, huevos de helmintos viables, salmonella sp y virus entéricos.
11. La frecuencia de muestreo está relacionada con la cantidad de biosólidos producidos en la planta de tratamiento de aguas residuales, como se evidencia a continuación:

Tabla 5. Producción de biosólidos y frecuencia de análisis

Producción de biosólidos toneladas/año de biosólido (base seca)	Frecuencia mínima de análisis
< 300	Anual
300 - 1500	Semestral



Fecha de envío: 25/03/2021

>1500 - 15000

Trimestral

>15000

Mensual

Nota: Tomado de la Resolución 0330 del 2017 (p. 128)

Caracterización de gas (Art. 208): Los parámetros que deben medirse son: gas metano (CH_4), sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de carbono (CO_2), compuestos orgánicos volátiles (COV) y vapor de agua; este análisis debe realizarse cada tres meses con caudal medio de diseño igual o superior a 100 L/s. Para caudal inferior, como es el caso de la PTAR Granada, la frecuencia será de por lo menos una vez cada seis meses.

Control de olores en las plantas de tratamiento (Art 209): Para el control de olores, tener en cuenta las disposiciones establecidas en la Resolución 1541 de 2013 sobre niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y los planes de contingencia para emisiones de olores ofensivos. Para efectos de reducirlos y controlarlos, deben contemplarse las siguientes medidas:

1. Realizar confinamiento y cobertura de procesos en áreas de tratamiento preliminar o en sedimentadores primarios.
2. Evaluar la captación y tratamiento de emisiones odoríferas ofensivas para el retorno de la planta.
3. Reducir al mínimo el tiempo de retención de los lodos en el sedimentador primario y el secundario.
4. Adicionar caudales recirculados odoríferos tan próximos como sea posible a los procesos aeróbicos del tratamiento secundario.
5. Agrupar las fuentes principales de olor cuando sea posible, para permitir el uso de medidas de reducción comunes.
6. Utilizar barreras vivas y plantas aromatizantes.
7. Minimizar la turbulencia y evitar caídas en la línea hidráulica.
8. Buscar que se produzcan sumergencias en las tuberías que conecten los diferentes procesos del reactor (digestor de lodos para el caso de la PTAR Granada).

Tratamiento y aprovechamiento de biogás en la PTAR (Art.10): Debido al alto potencial de efecto invernadero del metano (CH_4), proveniente ya sea de los reactores anaerobios o de los sistemas digestores de lodos, como es el caso de la PTAR Granada, se debe como mínimo quemar la porción no aprovechada de biogás, con el fin de transformarlo en CO_2 . Es altamente recomendable su aprovechamiento dado su alto poder calorífico, siempre y cuando el costo beneficio del proyecto sea favorable.



Fecha de envío: 25/03/2021

Aprovechamiento de subproductos (Art. 12): Se debe contemplar el aprovechamiento de subproductos del tratamiento del agua residual (biogás, biosólidos y agua tratada), mediante una evaluación económica y cumpliendo con la normatividad vigente. En caso de los biosólidos considerar el Decreto 1287 de 2014 para clasificarlos y considerar sus posibles usos.

10. PREPARACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS

En la PTAR Granada se utilizan los siguientes productos químicos necesarios para la operación del sistema de tratamiento. Se recomienda el uso de los elementos de protección personal (mascarilla, guantes y camisa manga larga o bata de laboratorio) para la manipulación de estos productos, almacenarlos de forma correcta, separados de los demás elementos y en un lugar con buena ventilación, además, tener a la mano las fichas técnicas de estos productos para su adecuada manipulación.

- **Ácido sulfúrico (H_2SO_4):** Es un reactivo utilizado con frecuencia en la PTAR Granada como titulante en la medición de la alcalinidad, indispensable para verificar el comportamiento de los procesos biológicos en los filtros anaerobios y el digestor de lodos. Por lo general, este producto viene en concentraciones preparadas para su uso (0,02 N o 0,01 N), sin necesidad de hacer una dilución (ver. [Fig 44.a](#)).
- **Cal agrícola o cal hidratada:** Es un producto usado en los lechos de secado, después de las purgas a la unidad de tratamiento. Es importante para disminuir la propagación de vectores y olores en los lodos purgados y se agrega en la zona superficial de la cama del lodo (ver. [Fig 44.b](#)).
- **Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$):** Es una sustancia utilizada para la estabilización de las unidades de tratamiento (filtros anaerobios y digestor de lodos). El bicarbonato de sodio se debe usar en la PTAR Granada cuando se desestabilice el funcionamiento de los filtros y el digestor. El historial en las relaciones AI/AT es fundamental para la toma de decisiones.

Aclaración: Por lo general, si el sistema de tratamiento tiene una correcta operación y funcionamiento, no es necesario añadir bicarbonato de sodio. En caso de tomar la decisión de agregarlo, debe dosificarse a la entrada de las unidades en cuestión (filtros anaerobios o digestor de lodos), teniendo en cuenta el caudal de ingreso a la PTAR.



(a)



(b)

Fig 44. Productos químicos utilizados en la PTAR Granada.*(a) Ácido sulfúrico, (b) Cal hidratada.*

11. BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Las buenas prácticas de laboratorio deben adquirirse por parte del personal operativo para la medición de parámetros de control en la PTAR Granada, de esta forma se evita la alteración de las muestras y la información obtenida en estas y se garantiza la seguridad de los operarios.

Según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ([American Public Health Association, 2017](#)), título 1090-B Safe Laboratory Practices, las recomendaciones a seguir por parte del personal operativo para obtener buenas prácticas en el laboratorio son las siguientes:

- Desarrollar y fomentar hábitos seguros, evitar la exposición innecesaria a productos químicos por cualquier vía.
- No oler ni probar productos químicos como el ácido sulfúrico.
- Usar los elementos de protección personal que incluyan protección ocular (gafas), protección de la piel (guantes y bata de laboratorio) y protección respiratoria cuando se requiera (mascarilla). Inspeccionar los guantes y probarlos antes de usarlos
- No comer, beber, fumar, masticar chicle ni aplicar cosméticos en áreas donde haya químicos de laboratorio. Lavar siempre las manos antes de realizar estas actividades.
- No almacenar, manipular ni consumir alimentos o bebidas en áreas de almacenamiento de cristalería y utensilios que también se utilizan para operaciones de laboratorio.
- Manipular y almacenar la cristalería de laboratorio con cuidado para evitar daños. Utilizar el equipo únicamente para el propósito para el que fue diseñado.
- Lavar bien las áreas de piel expuesta después de cada medición.
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada, con los productos químicos y el equipo debidamente etiquetados y almacenados. Limpiar el área de trabajo al finalizar una operación.



- Realizar una adecuada separación de residuos. Disponer por separados los guantes y tapabocas de los residuos ordinarios. Depositar los desechos químicos en un recipiente debidamente rotulado.
- Tener las fichas de seguridad de los productos químicos utilizados.
- Evitar la contaminación de las muestras. Purgar los recipientes antes de tomar la muestra y lavarlos con agua limpia después de cada medición. Rotular los recipientes de toma de muestras con la siguiente información: sitio de muestreo, fecha y hora de la toma y nombre del personal operativo.
- Calibrar el pH-metro cada que sea necesario. Lavar el pH-metro con agua destilada antes y después de cada medición. En caso de no tener agua destilada, lavar con agua limpia.

12. BUENAS PRÁCTICAS DE DOCUMENTACIÓN

La recolección de información en la PTAR Granada debe estar documentada de forma correcta, para esto es importante que el personal operativo siga las siguientes recomendaciones:

- Diligenciar cada uno de los formatos de mantenimiento de la PTAR Granada. En estos formatos se consigna la información de las limpiezas de las unidades de tratamiento y los parámetros de control medidos en la PTAR mediante registros diarios, semanales o mensuales. Los formatos se deben diligenciar de forma digital por esto es importante tener un respaldo de los documentos en la nube (OneDrive) y guardar constantemente en el documento de Excel a lo largo de la jornada laboral. El personal operativo debe crear una copia de los formatos cada mes para tener el registro mensual de la información.
- Tener un registro diario en la bitácora de la PTAR. La bitácora incluye las actividades realizadas como las limpiezas en las unidades de tratamiento y los parámetros de control, adición de químicos, condiciones climáticas (soleado, nublado, lluvioso, despejado, parcialmente nublado, soleado y despejado, etc.) y las eventualidades de la PTAR como daños en las tuberías, visitas técnicas, jornadas de muestreo, entregas de productos químicos e instrumentos de laboratorio, etc. Se recomienda tener la bitácora impresa, usar lapicero negro y escribir con letra legible, evitar el uso de resaltadores y correctores, usar la hora militar, llenar los espacios en blanco con N/A (No aplica) y se debe incluir la firma del personal operativo involucrado.

13. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Para la operación rutinaria de la PTAR Granada se requieren algunos implementos y herramientas básicas, que permiten realizar el seguimiento de los diferentes componentes, hacer el análisis fisicoquímico mediante los parámetros de control, tomar las muestras en los diferentes puntos

estratégicos, tomar decisiones en cuanto a medidas preventivas y/o correctivas dentro del sistema de tratamiento, entre otras (ver. **Fig 45**). Por lo tanto, se sugiere tener en la PTAR los instrumentos presentados en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Instrumentos de laboratorio para la operación de la PTAR Granada.

Equipos y materiales	Consumibles
<ul style="list-style-type: none"> • (1) pH-metro con termómetro. • (1) Flexómetro. • (5) Beakers de 1000 mL. • (2) Probetas de 100 mL. • (2) Probetas de 500 mL. • (2) Probetas de 1000 mL. • (2) Buretas. • (1) Soporte para bureta. • (2) Conos Imhoff con su respectivo soporte. • (4) Jarras plásticas para toma de muestras. • (1) Tablero en acrílico. • (1) Calculadora. • (1) Computador de escritorio (Opcional). • (1) Escritorio y sillas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido sulfúrico para medir alcalinidad (0,02 N). • Jabón antibacterial. • Isodine. • Alcohol. • Toallas absorbentes. • Mascarillas. • Guantes de nitrilo. • Cal agrícola o hidratada para lechos de secado. • Botiquín de primeros auxilios. • Agua destilada. • Cuadernos, lapiceros y bitácoras. • Cinta de enmascarar.



(a)



(b)

Fig 45. Implementos de laboratorio en la caseta de operación.

(a) Interior de la caseta, (b) Equipos e implementos de laboratorio.

14. MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

En la operación de la PTAR Granada, es necesario tomar muestras de aguas residual doméstica en diferentes puntos, para medir los parámetros fisicoquímicos de control necesarios en el

mantenimiento de la PTAR. Se recomienda, realizar una jornada de muestreo anual, con el fin de evaluar eficiencias en las unidades de tratamiento en los parámetros que no son posibles medir in situ.

A continuación, se presentan los puntos específicos de la PTAR Granada, en los cuales se toman muestras de aguas residuales domésticas:

- **Afluente de la PTAR:** Esta muestra puntual se toma en el canal de entrada de la PTAR Granada (ver. **Fig 46**), su objeto principal es conocer el estado inicial del agua residual que ingresa a las unidades de tratamiento. Es necesario medir los siguientes parámetros:
 - ✓ pH y temperatura.
 - ✓ Sólidos sedimentables.
 - ✓ Alcalinidad.



(a)



(b)

Fig 46. Toma de muestras en el canal de entrada.

(a) Punto de muestreo, (b) Operario tomando la muestra de agua residual.

- **Efluente sedimentador primario de alta tasa:** En este punto es importante tomar muestras para conocer el estado intermedio del tratamiento de las aguas residuales, verificar la remoción de sólidos sedimentables en la unidad de tratamiento y garantizar que no se presenten procesos de digestión anaerobia dentro de los módulos de sedimentación, ya que esta no es su función. La muestra se toma en diferentes puntos del sedimentador, dependiendo del parámetro a medir.
 - ✓ pH y temperatura: Se toma en el canal de salida del sedimentador (Alimentación filtros anaerobios) (ver. **Fig 47**).



(a)



(b)

Fig 47. Toma de muestra en el sedimentador para pH y temperatura.

(a) Punto de muestreo, (b) Operario tomando muestra de agua residual.

- ✓ **Sólidos sedimentables:** Este parámetro debe medirse en cada módulo por separado, por lo cual el punto de muestreo es a la salida de cada canaleta dientes de sierra. Se hace una muestra compuesta por módulo, tomando igual volumen de ambas canaletas (ver. **Fig 48**).



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig 48. Toma de muestras en el sedimentador para sólidos sedimentables.

(a) Puntos de muestreo, (b) y (c) Toma de muestras en cada canaleta para componer, (d) Operario componiendo muestra de cada canaleta.

- **Efluente PTAR:** El objetivo de este punto de muestreo es conocer las condiciones de salida del agua residual hacia la fuente receptora, evaluar las condiciones ambientales para los

microorganismos anaerobios y la toma de decisiones en caso de obtener resultados que no son óptimos para el proceso de tratamiento. Las muestras en este punto se toman en el canal de salida de los filtros anaerobios y se miden los siguientes parámetros (ver. **Fig 49**).

- ✓ pH y temperatura: Se toma una muestra compuesta, conformada por dos muestras puntuales de igual volumen en cada uno de los filtros.
- ✓ Sólidos sedimentables: Se hacen para cada filtro por separado con una muestra puntual.
- ✓ Alcalinidad: Este parámetro también se mide para cada uno de los filtros
- ✓ Potencial redox (ORP): Medición para cada filtro.



Fig 49. Toma de muestras en el efluente de los filtros anaerobios.

(a) Punto de muestreo filtro 2, **(b)** Operario tomando muestra del filtro 2, **(c)** Punto de muestreo filtro 1, **(d)** Operario tomando muestra del filtro 1.

- **Efluente digester de lodos:** En este punto es importante hacer seguimiento a parámetros que indican el correcto funcionamiento del proceso anaerobio y las purgas adecuadas de la unidad de tratamiento hacia los lechos de secado. Se toman muestras en el efluente del reactor (canal de salida) (ver. **Fig 50**) y en las válvulas de toma de muestras (1,0 y 1,5 m) (ver. **Fig 51**) y se miden los siguientes parámetros:
 - ✓ pH y temperatura: Se miden tanto en el efluente del reactor como a las diferentes alturas, además después de hacer una purga se toma una muestra en los lechos de secado para conocer las condiciones en el fondo del reactor.
 - ✓ Sólidos sedimentables: Se realiza la medición para el efluente del digester.
 - ✓ Alcalinidad: Se mide únicamente en el efluente del digester.
 - ✓ Potencial Redox (ORP): Se realiza para el efluente y las diferentes alturas.
 - ✓ Perfil de lodos: Se realiza mediante las válvulas de toma de muestra.



(a)



(b)

Fig 50. Toma de muestras efluente del digester.

(a) Punto de muestreo, (b) Operario tomando la muestra.



(a)



(b)



(c)

Fig 51. Toma de muestras a diferentes alturas del digester de lodos.

(a) Punto de muestreo a 1,5 m del fondo, (b) Punto de muestreo a 1,0 m del fondo, (c) Punto de muestreo del fondo del digester.

15. RECOMENDACIONES BÁSICAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR

A continuación, se presentan algunas recomendaciones y observaciones generales que debe tener en cuenta el personal operativo para la operación y mantenimiento de la PTAR.

- Comprender el objetivo de cada unidad de tratamiento, el sentido de flujo del agua residual y de los lodos generados.
- Tener a la mano todas las herramientas e instrumentos necesarios para la operación y el mantenimiento.
- Realizar las actividades rutinarias de limpieza con la frecuencia recomendada en el presente manual. El personal operativo debe observar y vigilar de forma continua los componentes de



la PTAR y ser críticos para cambiar estas frecuencias, teniendo en cuenta la necesidad de cada unidad de tratamiento.

- Tener claros los puntos de toma de muestra y las frecuencias de cada uno de los parámetros de control. Los operarios deben tener conocimiento de la importancia de medir cada uno de los parámetros, para tomar decisiones preventivas y correctivas en los procesos llevados a cabo en las unidades de tratamiento.
- Reconocer las válvulas de la PTAR Granada. Tener en cuenta el objetivo, la apertura y el cierre de cada una de ellas para su óptimo funcionamiento.
- Realizar la disposición adecuada de los subproductos generados en el tratamiento de las aguas residuales en cada unidad (arenas, gravas, material flotante y biosólidos).
- Inspeccionar las estructuras de la PTAR con frecuencia. Esto con el fin de evidenciar daños que puedan perturbar el proceso de tratamiento.
- Evaluar el comportamiento del caudal a lo largo de la jornada laboral. En caso de evidenciar una disminución o aumento significativo, revisar las cámaras de inspección previas a la PTAR para descartar un taponamiento. Se sugiere hacer inspecciones constantes a la red de alcantarillado para evitar este tipo de situaciones que alteran el caudal de ingreso a la PTAR.
- Ejecutar los planes de contingencia e inundación cuando sea necesario.
- Reportar al supervisor de la PTAR Granada en caso de presentarse una situación irregular.

16. PARÁMETROS DE CONTROL MEDIDOS EN LA PLANTA

En la PTAR Granada, además de la operación rutinaria de las unidades de tratamiento, es necesario que el personal operativo realice la medición de algunos parámetros de control, indispensables para verificar el correcto funcionamiento de los procesos y tomar decisiones a tiempo que puedan mejorar el tratamiento del agua residual que ingresa a la PTAR.

16.1. Caudal

El caudal es un parámetro importante para conocer la dinámica del agua residual entrante a la PTAR, permite obtener información de caudales máximos, mínimos y promedios y horas pico del caudal y con esto evaluar otros parámetros como el tiempo de retención hidráulico y cargas afluentes. Además, puede compararse con el caudal de diseño, para la toma de decisiones en cuanto a la cantidad de agua que es posible tratarse en la PTAR y estimar así en qué momento debe utilizarse el bypass para evacuar caudales de excesos.

El caudal en la PTAR Granada se mide **cada hora** en la canaleta Parshall de 3". Para esto se observa la altura de la lámina de agua en la reglilla ubicada en la unidad, se verifica la correspondencia de la lámina de agua (cm) con el caudal (L/s) mediante la tabla ubicada en la caseta y se diligencia el **Formato 3**. Reporte diario de caudales.

16.2. pH

El pH es la medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, aguas residuales en concentración adversa del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y afectan los microorganismos (Romero, 2000). Este parámetro es un indicador del buen funcionamiento de los tratamientos anaerobios (filtros anaerobios y digestor de lodos), los microorganismos productores de metano tienen un crecimiento óptimo entre 6,6 y 7,4 unidades de pH, así mismo deben evitarse pH inferiores a 6,0 y superiores a 8,3, ya que pueden inhibir a los microorganismos metanogénicos (Sperling & Lemos Chernicharo, 2005), por esto es importante medir el pH a la salida de las unidades de tratamiento, además, de verificar el cumplimiento en la normatividad vigente (6-9 unidades de pH).

En la PTAR Granada se debe medir este parámetro cada **dos o tres horas** entre las 7:00 y 22:00 y cada **tres horas** entre las 22:00 y 7:00 en el afluente de la PTAR, efluente del sedimentador y efluente de los filtros. En el efluente del digestor de lodos se mide **dos veces en el día**, en la mañana y en la noche (ver. Fig 52). La medición se hace usando el método potenciométrico con el pH-metro y el procedimiento a seguir por el personal operativo es el siguiente:

- Tomar la muestra en los diferentes puntos de medición.
- Encender el pH-metro y lavar el electrodo con agua destilada
- Introducir el electrodo en la muestra de agua y medir pH y temperatura.
- Diligenciar el **Formato 4**. Control de pH y temperatura de afluentes y efluentes.
- Limpiar el electrodo con agua destilada y guardarlo en el recipiente para la próxima medición.





Fig 52. Medición de pH y temperatura.

16.3. Temperatura

La temperatura es importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, las operaciones y los procesos de tratamiento; es un parámetro que afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana (Romero, 2000). Se sugiere que la temperatura se encuentre en el rango mesofílico (30-35 °C) para el crecimiento óptimo de los microorganismos anaerobios (Sperling & Lemos Chernicharo, 2005), además se debe verificar el cumplimiento de la normatividad para vertimientos en este parámetro (Valor máximo admisible de 40°C).

La temperatura se mide en los mismos puntos y con igual frecuencia del pH, así mismo el proceso para medirla es igual, ya que el pH-metro arroja los valores de pH y temperatura.

16.4. Sólidos sedimentables

Se consideran sólidos sedimentables a aquellos que sedimentan en el fondo de un Cono Imhoff en un tiempo de 60 minutos. Representan la cantidad de sólidos sedimentables removidos en las unidades de tratamiento y, por lo tanto, permiten evaluar eficiencias en este parámetro, además de dar cumplimiento a la normatividad vigente en la descarga final a la fuente receptora.

Los sólidos sedimentables se deben medir **todos los días** para el efluente de la PTAR (efluente filtros anaerobios) y el efluente del digestor y **dos veces semanales** en el afluente de la PTAR (canal de entrada) y efluente de cada módulo de sedimentación primaria (ver. Fig 53). El análisis de sólidos sedimentables se realiza por gravimetría, el procedimiento a seguir por el personal operativo es el siguiente:

- Tomar una muestra de 1 L en el punto de muestreo y agregar al cono Imhoff.
- Esperar por 45 minutos y registrar el volumen de sólidos sedimentados.
- Esperar 15 minutos más, y registrar el volumen sedimentado en 60 minutos.
- Diligenciar el **Formato 13.** Medición de sólidos sedimentables.



Fig 53. Medición de sólidos sedimentables.

16.5. Alcalinidad

La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad de neutralizar ácidos, puede generarse por hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio, siendo la causa más común los bicarbonatos de calcio y magnesio (Romero, 2000).

La medida de la alcalinidad se puede usar como parámetro indicador de la estabilidad del proceso de degradación anaerobia. Un síntoma típico de funcionamiento anómalo de un reactor anaerobio es el incremento de la concentración de ácidos orgánicos y la correspondiente disminución de la alcalinidad bicarbonato, lo cual ocurre cuando la producción de dichos ácidos sobrepasa su consumo por parte de las arqueas metanogénicas, este proceso se denomina acidificación y es el responsable principal de los fallos en digestores anaerobios (Molina & Rodriguez, 2011).

En el proceso de medición, se halla la alcalinidad total (AT) debida al bicarbonato y a los ácidos grasos volátiles, la alcalinidad parcial (AP) debida al bicarbonato, y la alcalinidad intermedia (AI), calculada como la diferencia entre las alcalinidades total (AT) y parcial (AP), la cual representa en forma aproximada el aporte de alcalinidad debida a la concentración de AGV. (Jenkins, Morgan, & Sawyer, 1983). El parámetro para el control del proceso es la relación (AI/AT), la cual debe ser menor a 0,3, indicando así que no se están acumulando ácidos en el sistema.

Sugerimos para la medición de la alcalinidad en la PTAR Granada:

- En el afluente: medir **una vez** a la semana.
- Tenemos (2) dos alternativas en el efluente de cada filtro anaerobio: primera, medir una vez al día; segunda, medir **dos veces** a la semana. Consideramos que la segunda alternativa tiene como objetivo controlar el gasto del ácido sulfúrico (H_2SO_4) basados en el intervalo de resultados de la AI/AT durante el monitoreo de los filtros. Incluso, con esta alternativa no ponemos en riesgo su funcionamiento.



- En efluente del digester de lodos: medir **dos veces** a la semana (ver. **Fig 54**).

El procedimiento se realiza mediante una titulación con ácido sulfúrico y los datos se registran en el **Formato 12**. Medición de alcalinidad. El personal operativo debe:

- Tomar la muestra con una jarra en el punto específico. Medir 50 mL con una probeta y agregar en el recipiente para el ensayo.
- Agregar el ácido sulfúrico (H_2SO_4) a la bureta. Tener en cuenta la concentración del ácido, la cual por lo general es de 0,02 N.
- Medir el pH inicial de la muestra y registrarlo. Igualmente se debe verificar el volumen inicial del ácido en la bureta.
- Comenzar a adicionar el ácido a la muestra hasta llegar a un pH de 5,75. Durante la medición se debe agitar suavemente la muestra de forma constante utilizando el electrodo del pH-metro.
- Registrar el volumen gastado hasta pH de 5,75.
- Continuar agregando ácido a la muestra hasta llegar a un pH de 4,3.
- Registrar el volumen gastado hasta pH de 4,3
- Hallar y registrar la alcalinidad total (AT), alcalinidad parcial (AP), alcalinidad intermedia (AI) y la relación AI/AT, con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Alcalinidad total (AT)} = \frac{V_{pH=4,3} \times N H_2SO_4 \times 50000}{V_{muestra}}$$

$$\text{Alcalinidad parcial (AP)} = \frac{V_{pH=5,75} \times N H_2SO_4 \times 50000}{V_{muestra}}$$

$$\text{Alcalinidad intermedia (AI)} = AT - AP$$

$$\text{Relación } \frac{AI}{AT} < 0,3$$

Donde:

$V_{pH=5,75}$: Volumen de ácido sulfúrico gastado hasta pH de 5,75.

$V_{pH=4,3}$: Volumen de ácido sulfúrico gastado hasta pH de 4,3.

$V_{muestra}$: Volumen de la muestra (50 mL)

$N H_2SO_4$: Normalidad del ácido sulfúrico utilizado (Generalmente 0,02 N)

50000: Conversión de unidades (normalidad (N) a mg $CaCO_3/L$.)



Fig 54. Medición de alcalinidad.

Ejemplo: Determinación de alcalinidad.

- Se toma una muestra de 50 mL para la titulación ($V_{\text{muestra}}=50\text{mL}$).
- La concentración del ácido sulfúrico es de 0,02 N ($N \text{ H}_2\text{SO}_4=0,02 \text{ N}$).
- Se gasta 6,5 mL de ácido sulfúrico para llegar a pH de 5,75 ($V_{\text{pH}=5,75}=6,5 \text{ mL}$).
- Se gasta 8,7 mL de ácido sulfúrico para llegar a pH de 4,3 ($V_{\text{pH}=4,3}=8,7 \text{ mL}$).

Teniendo estos datos, se halla:

➤ Alcalinidad parcial (AP):

$$(AP) = \frac{V_{\text{pH}=5,75} \times N \text{ H}_2\text{SO}_4 \times 50000}{V_{\text{muestra}}}$$

$$(AP) = \frac{6,5 \text{ mL} \times 0,02 \text{ N} \times 50000}{50 \text{ mL}} = 130 \frac{\text{mg CaCO}_3}{\text{L}}$$

➤ Alcalinidad total (AT):

$$(AT) = \frac{V_{\text{pH}=4,3} \times N \text{ H}_2\text{SO}_4 \times 50000}{V_{\text{muestra}}}$$

$$(AT) = \frac{8,7 \text{ mL} \times 0,02 \text{ N} \times 50000}{50 \text{ mL}} = 174 \frac{\text{mg CaCO}_3}{\text{L}}$$

➤ Alcalinidad intermedia (AI):

$$(AI) = AT - AP$$

$$(AI) = 174 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 130 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 44 \frac{\text{mg CaCO}_3}{\text{L}}$$

➤ Relación AI/AT:



Fecha de envío: 25/03/2021

$$\frac{AI}{AT} = \frac{44 \text{ mg-CaCO}_3/\text{L}}{174 \text{ mg-CaCO}_3/\text{L}} = 0,25 < 0,3$$

Como la relación AI/AT es menor a 0,3, indica que el proceso anaerobio está funcionando de forma correcta, no se están acumulando ácidos grasos volátiles en el sistema de tratamiento y por lo tanto no es necesario agregar bicarbonato.

Aclaración: En caso de tener una relación mayor a 0,3 de forma repetitiva en los FAFA o en el digestor de lodos, se debe evaluar el historial de las mediciones antes de tomar la decisión final de agregar bicarbonato de sodio. Además, se debe dosificar teniendo en cuenta el caudal de entrada a la PTAR.

16.6. Potencial de óxido-reducción (ORP)

El potencial de óxido reducción se utiliza en las aguas residuales para monitorear las condiciones anaerobias estrictas. En un tratamiento anaerobio, los valores de ORP deben estar por debajo de -200 mV (milivoltios).

En la PTAR Granada, se recomienda medir el potencial óxido-reducción **una vez** a la semana, en el efluente de cada filtro anaerobio, efluente del digestor y a sus diferentes alturas. Este parámetro se mide mediante una sonda, similar a la del pH. El procedimiento es el siguiente:

- Tomar la muestra del agua residual en el punto específico de muestreo.
- Introducir la sonda en la muestra y medir el ORP.
- Diligenciar el **Formato 14**. Medición de ORP en el efluente de los filtros, efluente del digestor y a las diferentes alturas.

16.7. Perfil de lodos

El perfil de lodos ayuda a evaluar la altura del lodo en el fondo del digestor, de modo que sea uno de los criterios para purgar la unidad de tratamiento.

Este parámetro debe medirse cada **20 días** o **1 mes**, dependiendo de las necesidades del digestor de lodos. Para realizar la medición, el operario debe:

- Tomar dos muestras de 1 L cada una, mediante un beaker a las diferentes alturas del digestor de lodos (1,0 m y 1,5 m).
- Dejar sedimentar durante 20 minutos y registrar el volumen de lodo sedimentado para cada altura en el **Formato 16**. Perfil de lodos.
- Medir pH y temperatura en ambas muestras y diligenciar el **Formato 17**. Medición de pH y temperatura en las diferentes alturas del digestor de lodos.
- Evaluar el resultado del perfil de lodos. Si el volumen de lodo sedimentado para ambas alturas es mayor a 500 mL y se cumplen los demás criterios mencionados en el numeral 8.10.7,



Fecha de envío: 25/03/2021

entonces purgar la unidad de tratamiento.

- Después de purgar, tomar una muestra de lodo en los lechos de secado. Esta muestra corresponde al fondo del digestor. Medir en la muestra pH y temperatura y diligenciar el **Formato 17**. Medición de pH y temperatura en las diferentes alturas del digestor de lodos.

17. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y CONTROL

A continuación, se presentan temas importantes que complementan la operación y control de la PTAR Granada.

17.1. Competencia y formación del personal operativo

El personal operativo debe estar capacitado en temas relacionados con el manejo de plantas de tratamiento, esto con el objetivo de adoptar los conocimientos y las herramientas necesarias para adquirir buenas prácticas de operación y mantenimiento en la PTAR Granada. Además, estas capacitaciones introducen al personal operativo en la correcta toma de decisiones, teniendo en cuenta los parámetros de control medidos y sus análisis respectivos.

El personal operativo debe tener conocimiento como mínimo en los siguientes temas:

- Definición del agua residual y sus usos. Importancia del tratamiento de las aguas y función de una planta de tratamiento de agua residual.
- Definición y funcionalidad de cada una de las unidades de tratamiento de la PTAR.
- Importancia de la periodicidad de limpieza de las unidades de tratamiento.
- Gestión de los subproductos generados en el tratamiento de las aguas residuales.
- Normatividad Colombiana aplicada a la PTAR.
- Medición de parámetros de control, su frecuencia e importancia.
- Métodos de aforo utilizados comúnmente.
- Tiempo de retención hidráulico y su importancia.
- Toma de muestras de aguas residuales.
- Eficiencias de remoción de un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Conversión de unidades de medida y estadística básica.
- Buenas prácticas de laboratorio (BPL) y buenas prácticas de documentación (BPD).
- Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

17.2. Personal mínimo requerido

Para la operación y mantenimiento de la PTAR Granada se sugiere tener el siguiente personal:

- (3) operarios, debidamente capacitados en manejo de plantas de tratamiento de agua residual.



- (1) supervisor.

17.3. Funciones del supervisor de la PTAR

El supervisor debe apoyar el personal operativo en la toma de decisiones que no afecten el proceso de tratamiento, guiar en las buenas prácticas de mantenimiento y operación y velar por la seguridad de cada operario. A continuación, se presentan algunas de las funciones específicas que debe llevar a cabo el supervisor de la PTAR Granada:

- Capacitar al personal operativo en los temas de interés que fomenten las buenas prácticas de operación y mantenimiento.
- Coordinar el trabajo en la PTAR. Asignar funciones a los operarios, mediante reglas internas de trabajo.
- Asegurar las buenas prácticas de laboratorio y documentación. Vigilar que el personal operativo esté diligenciando de forma correcta bitácoras y formatos.
- Observar los procedimientos realizados por el personal operativo y garantizar que se estén realizando de forma correcta. Corregir y enseñar en caso de evidenciar un mal proceso.
- Reiterar las normas de seguridad al interior de la PTAR para evitar posibles accidentes.
- Inspeccionar el inventario de herramientas y consumibles que se requieran. Solicitar los materiales faltantes a la E.S.P cuando sea necesario.
- Coordinar y planificar las jornadas de monitoreo. Así mismo, tener un historial de las eficiencias de la PTAR para la toma de decisiones preventivas y correctivas.

17.4. Funciones del personal operativo

El personal operativo debe ejecutar todas las actividades de mantenimiento, operación y control de la PTAR Granada, sus funciones son las siguientes:

- Realizar las actividades de limpieza rutinaria de cada una de las unidades de tratamiento.
- Medir los parámetros de control en la PTAR como caudal, pH, temperatura, sólidos sedimentables, ORP, alcalinidad y perfil de lodos. Tener en cuenta los puntos de muestreo y las frecuencias recomendadas en el presente manual.
- Purgar las unidades de tratamiento cuando lo requieran. Ser críticos en la decisión de las purgas y considerar los criterios de purga para hacer dicha actividad. Hacer seguimiento al lodo en los lechos de secado y retirar el biosólido cuando sea necesario.
- Quemar biogás en el digestor de lodos cuando lo requiera y sea posible.
- Revisar con frecuencia el sistema de alcantarillado para evitar posibles obstrucciones del agua residual que ingresa a la PTAR.



- Solucionar de forma técnica las obstrucciones, fugas o daños que se presenten en los equipos o unidades de tratamiento. Cualquier daño que el operario no pueda resolver, debe informarlo al supervisor y registrarlo en las bitácoras.
- Diligenciar las bitácoras y formatos de forma ordenada y clara.
- Tener disposición para capacitarse y aprender.
- Usar los elementos de protección personal de forma correcta.
- Cumplir con el horario laboral establecido en su contrato. Informar con antelación al supervisor de la PTAR, en caso de requerir cambios de turnos.
- Comunicar al supervisor de la PTAR anomalías presentadas en la jornada laboral.
- Conservar en buen estado las estructuras y zonas verdes de la PTAR. Realizar la actividad de poda cuando sea necesario y velar por mantener aseada y ordenada la caseta de operación, incluyendo la zona de laboratorio.

A continuación, se presenta un resumen de las actividades rutinarias de limpieza y control de la PTAR Granada que deben ser realizadas por el personal operativo en cada unidad de tratamiento.

17.4.1. Canal de entrada

- Inspeccionar diario el canal de entrada y realizar la limpieza si es necesario, retirando el material depositado en la unidad de tratamiento.
- Tomar muestras para medir pH, temperatura, sólidos sedimentables y alcalinidad.

17.4.2. Unidad de cribado

- Realizar la limpieza de la unidad de cribado varias veces durante la jornada laboral, retirando el material sólido retenido en las rejillas. Se debe operar una sola línea del cribado.

17.4.3. Desarenador

- Retirar el material sedimentado en el desarenador semanalmente. Operar una línea de la unidad de tratamiento y utilizar la otra para cambiar el canal en la operación de limpieza.

17.4.4. Canaleta Parshall

- Medir el caudal cada hora. Observar la altura de la lámina de agua en la reglilla y su correspondencia con el caudal mediante la tabla ubicada en la caseta de operación.

17.4.5. Sedimentador primario de alta tasa

- Limpiar el sobrenadante del sedimentador mínimo dos veces durante la jornada laboral.



- Purgar cada dos horas hacia el digestor de lodos con duración de 5 segundos por cada válvula.
- Retirar semanalmente el material flotante de la zona de entrada de la unidad de tratamiento.
- Tomar muestras a la salida para medir pH, temperatura y sólidos sedimentables.

17.4.6. Filtros anaerobios de flujo ascendente

- Limpiar el sobrenadante en los filtros anaerobios mínimo dos veces durante la jornada laboral.
- Tomar muestras a la salida de la unidad de tratamiento para medir pH, temperatura, sólidos sedimentables, ORP y alcalinidad.
- Purgar la unidad cuando sea necesario. Tener en cuenta los criterios de purga para filtros anaerobios.

17.4.7. Digestor de lodos

- Realizar la limpieza del sobrenadante del digestor mínimo dos veces durante el día.
- Tomar muestras en el efluente del digestor para medir pH, temperatura, sólidos sedimentables, ORP y alcalinidad.
- Tomar muestras en las diferentes alturas del digestor de lodos (1,0 m y 1,5 m) para hacer el ensayo del perfil de lodos y medir pH, temperatura y ORP en cada altura.
- Purgar la unidad de tratamiento cuando se cumpla con los criterios de purga. Tomar una muestra en los lechos de secado después de la purga y medir pH y temperatura.
- Retirar el material flotante acumulado en las campanas del digestor cada 6 meses.
- Quemar biogás cuando se requiera. Inspeccionar de forma periódica, prender el mechero y verificar la producción de biogás.

17.4.8. Lechos de secado

- Adicionar cal agrícola posterior a las purgas en la superficie de la cama del lodo.
- Reponer arena en el fondo de los lechos antes de las purgas cuando se evidencie faltante de la misma.
- Hacer un seguimiento de la altura del lodo durante tres días después del proceso de purga.
- Retirar el biosólido cuando se evidencie que el lodo está seco (2 a 3 meses).

17.5. Estimación de la eficiencia de remoción del sistema

La eficiencia de remoción es de vital importancia para verificar que los procesos llevados a cabo en el sistema de tratamiento están operando de forma óptima, removiendo una cantidad



Fecha de envío: 25/03/2021

considerable de los parámetros presentados en la Resolución 0631 del 2015 (Artículo 8). La eficiencia de remoción se puede calcular para los sólidos sedimentables medidos in situ o para otros parámetros que no son posibles medirse en la PTAR Granada como DBO₅, DQO, sólidos totales, grasas y aceites, entre otros, mediante una jornada de monitoreo. La ecuación para calcular la eficiencia es la siguiente.

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{\text{Afluyente} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) - \text{Efluyente} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}{\text{Afluyente} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} \times 100$$

A continuación, se presenta el procedimiento para calcular la eficiencia de remoción de la PTAR Granada. Se halla una eficiencia teórica de DBO₅, que sirve como ejemplo para que el personal operativo realice el cálculo con valores reales cuando lo requiera.

1. Conocer la concentración afluyente de la DBO₅ o del parámetro en cuestión.

En este ejemplo se toma el valor teórico hallado en el numeral 5.3. Estimación de la concentración de la DBO₅ en el agua residual.

$$\text{Afluyente} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = 490,19 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{L}}$$

2. Conocer la concentración efluyente de la DBO₅ o del parámetro en cuestión.

Para este caso se utiliza el valor máximo admisible de DBO₅ para el efluyente, presentado en la Resolución 0631 del 2015 Artículo 8 (ver. [Tabla 2](#)).

$$\text{Efluyente} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = 90 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{L}}$$

3. Calcular la eficiencia de remoción, utilizando la ecuación.

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{490,19 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{L}} - 90 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{L}}}{490,19 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{L}}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = \frac{400,19 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{L}}}{490,19 \frac{\text{mg DBO}_5}{\text{L}}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de remoción (\%)} = 81,6 \%$$

La eficiencia teórica de remoción en DBO₅ de la PTAR Granada para cumplir con la normatividad vigente de vertimientos (Resolución 0631 del 2015) es del 81,6 %. Esta eficiencia varía dependiendo de los resultados de las jornadas de monitoreo.

18. IDENTIFICACIÓN DE VÁLVULAS Y COMPUERTAS

Las unidades de tratamiento de la PTAR Granada tienen válvulas de purga y válvulas de toma de muestra. Estas válvulas facilitan la operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento. La PTAR Granada no tiene válvulas de flujo de agua residual que deban estar abiertas durante el funcionamiento rutinario. La PTAR tiene compuertas que permiten el ingreso o aislamiento del agua residual. A continuación, en la **Tabla 7**, **Tabla 8** y **Tabla 9** se presenta la numeración de las válvulas y su función. En la **Tabla 10** se muestran las compuertas.

Tabla 7. Numeración de válvulas de purga.

NÚMERO DE LA VÁLVULA	FUNCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
1	Purga para la línea 1 del desarenador. Se utiliza en la limpieza de la unidad (ver. Fig 14).	
2	Purga para la línea 2 del desarenador (ver. Fig 14).	
3	Purga del módulo 1 de sedimentación primaria de alta tasa hacia el digester de lodos (ver. Fig 22).	



Fecha de envío: 25/03/2021

4 Purga del módulo 2 de sedimentación primaria de alta tasa hacia el digestor de lodos (ver. **Fig 22**).



5 Purga del filtro anaerobio de flujo ascendente 1 hacia lechos de secado (ver. **Fig 29**).



6 Purga del filtro anaerobio de flujo ascendente 2 hacia los lechos de secado (ver. **Fig 29**).



7 Purga del digestor de lodos a los lechos de secado (ver. **Fig 35**).



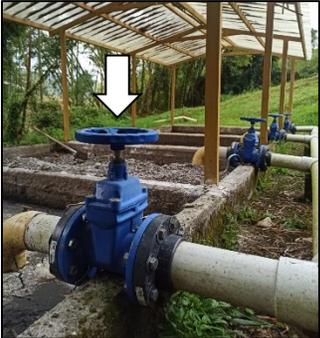


Fecha de envío: 25/03/2021

Tabla 8. Numeración de válvulas de toma de muestra.

NÚMERO DE LA VÁLVULA	FUNCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
8	Toma de muestras del digestor de lodos a 1,0 m de altura desde el fondo (ver. Fig 35).	
9	Toma de muestras del digestor de lodos a 1,5 m de altura desde el fondo (ver. Fig 35).	

Tabla 9. Numeración de válvulas de lechos de secado.

NÚMERO DE LA VÁLVULA	FUNCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
10	Ingreso del lodo al lecho de secado 1 (ver. Fig 42).	



Fecha de envío: 25/03/2021

11 Ingreso del lodo al lecho de secado 2 (ver. [Fig 42](#)).



12 Ingreso del lodo al lecho de secado 3 (ver. [Fig 42](#)).



13 Ingreso del lodo al lecho de secado 4 (ver. [Fig 42](#)).



Tabla 10. Identificación de compuertas.

UBICACIÓN	FUNCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
Vertedero lateral	Evacuar el caudal de excesos de la PTAR que no se desee ingresar a los tratamientos preliminares, por ejemplo, en condiciones de lluvias intensas en el municipio. Siempre debe estar instalada, retirarla solo en el momento en que se requiera usar el vertedero lateral.	



Fecha de envío: 25/03/2021

Cribado	<p>Permiten tener en operación una sola línea. Las compuertas son utilizadas para aislar las rejas. En operación normal debe permanecer instalada una sola compuerta.</p>	
Desarenador	<p>Permiten tener en operación una sola línea. Las compuertas son utilizadas principalmente para la limpieza del canal desarenador. En operación normal se debe tener una sola compuerta instalada que debe coincidir con la del cribado, ya que se sugiere tener una única línea de entrada de agua residual en los tratamientos preliminares.</p>	
Bypass después de preliminares	<p>Evacuar los caudales superiores al de diseño de 20-25 L/s. Por lo general se utiliza cuando ingresan afluentes no rutinarios que ponen en riesgo el tratamiento biológico (anaerobio). Debe estar instalada en todo momento.</p>	
Sedimentadores primarios de alta tasa	<p>Permiten aislar uno o ambos módulos de sedimentación primaria de alta tasa en caso de que se supere el caudal de diseño de 20-25 L/s. En operación normal permiten el paso de agua al sedimentador.</p>	

Filtros anaerobios de flujo ascendente

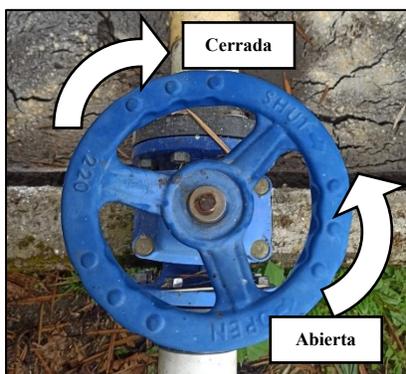
Permiten aislar uno o ambos filtros anaerobios de flujo ascendente. En operación normal permiten el paso de agua a los filtros. Sin embargo, dado que en el filtro 1 ingresa más agua residual, se debe adecuar la compuerta, de modo que se garantice una distribución uniforme para ambos filtros, así como se muestra en el registro fotográfico.



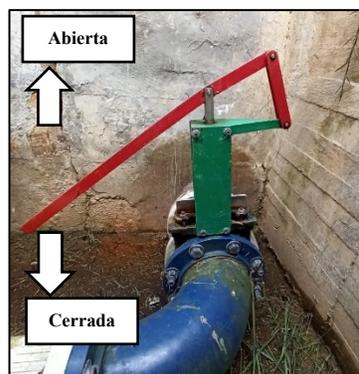
18.1. Operación de las válvulas

Todas las válvulas de la PTAR Granada deben estar **siempre cerradas** durante la operación y se accionan de diferente manera:

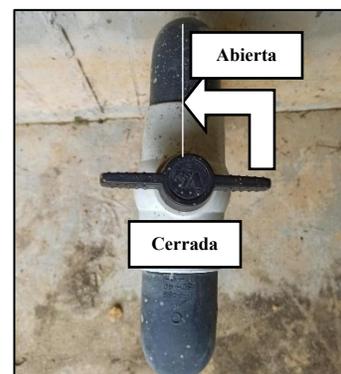
- Las válvulas de purga del desarenador (válvulas 1 y 2), la válvula de purga del digestor de lodos (válvula 7) y las válvulas de los lechos de secado (válvulas 10, 11, 12 y 13), se abren dando varias vueltas hacia izquierda (open) y se cierran dando vueltas hacia la derecha (shut) (ver. [Fig 55.a](#)).
- Las válvulas de purga de los sedimentadores primarios (válvulas 3 y 4) y las válvulas de purga de los filtros anaerobios (válvulas 5 y 6), se abren accionando la palanca hacia arriba y se cierran accionando la palanca hacia abajo (ver. [Fig 55.b](#)).
- Las válvulas de toma de muestra (válvulas 8 y 9) se abren rotando la válvula 90° hacia la derecha y se cierran devolviendo la válvula a su posición inicial (0°) (ver. [Fig 55.c](#)).



(a)



(b)



(c)

Fig 55. Posición de las válvulas.

(a) Válvulas del desarenador, válvula de purga del digestor y válvulas de los lechos, (b) Válvulas del sedimentador y los filtros, (c) Válvulas de toma de muestra del digestor.



Fecha de envío: 25/03/2021

Las válvulas de purga se utilizan de la siguiente manera:

- Las válvulas 1 y 2 se usan en la limpieza de los canales desarenadores.
- Las válvulas 3 y 4 se abren únicamente para la purga del sedimentador primario.
- Las válvulas 5 y 6 se utilizan para realizar la purga de los filtros anaerobios.
- La válvula 7 se acciona para hacer la purga del digester de lodos.

Las válvulas de toma de muestra del digester de lodos (válvulas 8 y 9), se abren cada veinte días o cada mes para el ensayo de perfil de lodos.

Las válvulas de los lechos de secado (válvulas 10, 11, 12 y 13), se utilizan en el momento de realizar la purga de los filtros anaerobios de flujo ascendente o del digester para llevar los lodos a cada celda, dependiendo de la cantidad que se requiera purgar.

19. MANTENIMIENTO GENERAL

El mantenimiento de la PTAR se refiere a preservar y mantener los equipos de la planta, las estructuras y todos los accesorios en condiciones adecuadas con el fin de prestar los servicios para los cuales fueron propuestos, lo cual es esencial para lograr una operación eficiente del sistema de tratamiento (Romero, 2000). De manera general, el personal operativo debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Revisar las estructuras de la PTAR Granada, verificando que se encuentren en condiciones óptimas. Es decir, garantizar que no se encuentren fugas, daños en tuberías, deterioro de pintura, válvulas averiadas, etc., que pongan en riesgo la operación de las unidades de tratamiento o la seguridad de los operarios.
- Inspeccionar la entrada de agua residual a la PTAR. Identificar posibles obstrucciones en el sistema de alcantarillado o cajas de inspección ubicadas antes de la planta de tratamiento. De igual forma, es importante revisar las cámaras de inspección que conforman la red de drenaje que evacúa el agua residual de excesos hacia la fuente receptora.
- Verificar que los equipos e instrumentos de medición de parámetros de control se encuentren en buenas condiciones.
- Contar siempre con las herramientas e implementos necesarios para realizar el mantenimiento general de la planta de tratamiento. Incluso, si es posible tener repuestos para situaciones de emergencia.



19.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es esencial para reducir fallas no programadas, eliminar las emergencias y reducir los costos de operación y mantenimiento (Romero, 2000). De esta forma se alarga la vida útil de los diferentes componentes de la planta de tratamiento. El mantenimiento preventivo que debe hacerse en la PTAR Granada incluye los siguientes puntos:

- Realizar de forma correcta y a tiempo la limpieza de las unidades preliminares. De esta manera, se evitan posibles obstrucciones debidas a la sedimentación de arenas y gravas, en las tuberías de transporte de agua residual y lodos de las unidades de tratamiento posteriores.
- Medir parámetros de control en las unidades de tratamiento, con el fin de tomar decisiones que permitan la operación óptima de la PTAR.
- Observar el comportamiento del agua residual entrante en el canal de entrada. Evidenciar afluentes no rutinarios con cambios de color y pH extremos que afecten el proceso biológico y según esto tomar decisiones para utilizar el bypass después de preliminares evitando la entrada de estas aguas residuales al tratamiento anaerobio.
- Pintar las pasarelas de seguridad o estructuras de la PTAR que se encuentren oxidadas o deterioradas.
- Examinar continuamente el funcionamiento de las válvulas de la PTAR y realizar el mantenimiento respectivo según lo indique el fabricante. En el caso de las válvulas de toma de muestra del digester de lodos es importante verificar que no se encuentren obstruidas para facilitar la medición del perfil de lodos y la purga adecuada de la unidad de tratamiento.
- Inspeccionar el ingreso de los lodos en el digester. Evidenciar posibles obstrucciones que afecten el proceso de tratamiento.
- Efectuar un mantenimiento preventivo para el pH-metro de la PTAR como mínimo una vez al año.

19.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es una actividad de emergencia para reparar un equipo o estructura que ha causado una falla del sistema de tratamiento (Romero, 2000). A continuación, se presentan los mantenimientos correctivos que se deben llevar a cabo en la planta de tratamiento.

- Reparar estructuras, tuberías o válvulas que se encuentren deterioradas.
- En los filtros anaerobios, reparar la malla si se observa ascenso excesivo de rosetas.
- Reemplazar instrumentos de laboratorio que estén en mal estado. Así mismo, hacer reparaciones a los equipos como el pH-metro al evidenciar un daño en este.
- Corregir de forma inmediata cualquier obstrucción en el sistema de alcantarillado y dentro de la PTAR como en los múltiples de distribución y las válvulas de toma de muestra del digester



Fecha de envío: 25/03/2021

de lodos.

- Agregar bicarbonato de sodio a los filtros anaerobios o al digester de lodos, teniendo en cuenta los resultados de la medición de alcalinidad. Esto con el fin de mejorar el proceso anaerobio dentro de la unidad de tratamiento.

20. CONTROLES DIARIOS

Los controles diarios son actividades indispensables para alcanzar una correcta operación y mantenimiento, evidenciar fallas en los procesos de tratamiento, tomar decisiones a tiempo y de esta forma mejorar la eficiencia del sistema. Los controles diarios que deben realizarse en la PTAR Granada se describen a continuación.

- Inspección del canal de entrada. Verificar todos los días que en el canal de entrada no se encuentren gravas o arenas, en caso de encontrar material debe extraerse.
- Limpieza del cribado tres veces en el día como mínimo. El personal operativo debe observar y tomar la decisión de limpieza dependiendo de la necesidad de la unidad de tratamiento y del aumento de la lámina de agua en el canal de entrada.
- Purgas del sedimentador primario de alta tasa hacia el digester de lodos cada dos horas.
- Medición del caudal cada hora mediante la Canaleta Parshall.
- Limpieza del sobrenadante del sedimentador primario de alta tasa, filtros anaerobios y digester de lodos durante la jornada laboral, dependiendo de la necesidad de las unidades de tratamiento.
- Medición de pH y temperatura cada dos o tres horas en el afluente de la PTAR (canal de entrada), efluente del sedimentador primario de alta tasa y efluente de la PTAR (filtros anaerobios de flujo ascendente).
- Mencionamos dos alternativas para la medición de la alcalinidad en el efluente de cada filtro anaerobio (ver. [16.5](#)). En caso de seleccionar la primera, incluirla dentro de los controles diarios.
- Medición de pH y temperatura dos o tres veces en el día en el efluente del digester de lodos.
- Medición de sólidos sedimentables una vez en la jornada laboral, en el efluente de la PTAR (salida filtros anaerobios) y el efluente del digester de lodos.
- Observar continuamente la entrada del agua residual a la PTAR en el canal de entrada durante la jornada laboral. Si ingresa agua residual de un color anormal, medir parámetros de control (pH, temperatura y sólidos sedimentables) para tomar la decisión de evacuar el agua residual por el bypass después de preliminares, evitando su ingreso en los procesos biológicos.
- Analizar el aumento del caudal del agua residual afluente de la PTAR. Tomar decisiones para evacuar el caudal de excesos por el vertedero lateral en caso de presentarse lluvias intensas o



Fecha de envío: 25/03/2021

cualquier situación que aumente el caudal.

- Evidenciar disminuciones del caudal de ingreso y reparar posibles obstrucciones en la red de alcantarillado.

21. CONTROLES SEMANALES

Los controles semanales que deben realizarse en la PTAR Granada son los siguientes:

- Limpieza del canal desarenador. Esta actividad se recomienda una vez semanal, sin embargo, puede realizarse más de una vez si el personal operativo lo considera necesario según lo observado en la dinámica de la PTAR.
- Mencionamos dos alternativas para la medición de la alcalinidad en el efluente de cada filtro anaerobio (ver.16.5). En caso de seleccionar la segunda, incluirla dentro de los controles semanales.
- Medición de la alcalinidad dos veces en la semana en el efluente del digestor de lodos y una vez semanal en el afluente de la PTAR.
- Medición de sólidos sedimentables en el afluente de la PTAR y efluente de cada módulo de sedimentación primaria, dos veces a la semana.
- Medición de ORP en el efluente de cada filtro anaerobio, efluente y diferentes alturas del digestor de lodos.
- Limpieza de las canaletas dientes de sierra en el sedimentador primario de alta tasa, filtros anaerobios y digestor de lodos.
- Extracción de material flotante en la zona de entrada del sedimentador primario de alta tasa.
- Limpieza general de la caseta de operación.

22. CONTROLES MENSUALES

Los controles mensuales que deben realizarse en la PTAR Granada son los siguientes:

- Ensayo del perfil de lodos. Medición de pH, temperatura y ORP a las diferentes alturas del digestor de lodos.
- Purgas del digestor de lodos. Por lo general, el digestor de lodos se purga cada 20 días o cada mes, lo cual depende del cumplimiento de los criterios de purga y de la disponibilidad en los lechos de secado. Posterior a la purga, se realiza la medición de pH y temperatura del lodo en los lechos de secado.
- Limpieza de los canales recolectores del efluente del sedimentador primario, filtros anaerobios y digestor de lodos como mínimo una vez al mes.
- Reposición de arena en los lechos de secado, seguimiento de la altura del lodo y adición de cal agrícola después de cada purga.



Fecha de envío: 25/03/2021

- Retiro de los biosólidos de los lechos de secado cada dos o tres meses posteriores a la purga.
- Extracción de material flotante en las campanas del digestor de lodos cada seis meses.
- Verificación de quema del biogás.
- Inspección de la red de alcantarillado mínimo una vez cada tres meses.
- Purgas de los filtros anaerobios cada seis meses, dependiendo del cumplimiento de los criterios de purga.
- Mantenimiento preventivo general de válvulas, accesorios, estructuras, equipos e implementos de laboratorio.
- Poda del césped en las zonas verdes de la PTAR.

23. HORARIO DE OPERACIÓN DE LA PTAR.

Se sugiere para la PTAR Granada un horario de operación las 24 horas del día de lunes a domingo, con jornadas laborales de 8 horas por operario. Se requieren tres operarios en la planta de tratamiento para cumplir con dichos horarios.

24. PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

En la PTAR Granada pueden ocurrir situaciones externas a la operación que causan alteraciones en el sistema de tratamiento. Una contingencia puede desencadenar una situación de emergencia, por lo cual es necesario tener en cuenta algunos aspectos para atender de forma correcta los diferentes escenarios que afectarían la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

- Se debe hacer inspección continúa a la red de alcantarillado. La obstrucción en las redes de alcantarillado afecta la calidad de vida de la comunidad por emisiones de olores, el posible riesgo de inundación en los días de lluvias torrenciales y la alteración de las unidades de tratamiento de la PTAR. En caso de evidenciar obstrucción en el alcantarillado, el personal operativo debe informar a la persona encargada, atender de forma inmediata la emergencia, acceder a la cámara de inspección con los elementos de protección personal, desobstruir la tubería implicada con un objeto alargado y extraer los residuos que están causando el taponamiento de la red.
- La operación de la PTAR Granada en las horas de la noche está influenciada por la disponibilidad del servicio eléctrico, ya que en ausencia de luz es complejo realizar las labores de operación y mantenimiento. En caso de suspensión del servicio eléctrico, el personal operativo debe reportar el daño al supervisor y verificar las causas de la interrupción del servicio. Si el daño es solo para la PTAR Granada, se debe acudir a una persona que atienda la emergencia, si por el contrario es una suspensión general en el municipio, el operario debe esperar a que reestablezcan el servicio para continuar con las actividades.



- Los sismos o terremotos son situaciones que pueden ocurrir en la PTAR Granada. En este caso, el personal operativo debe abandonar las actividades que esté ejecutando en el momento y ubicarse en un punto seguro. Cuando pase la emergencia, debe revisar cada una de las estructuras de la planta de tratamiento con precaución e informar sobre alguna eventualidad. Durante el sismo o terremoto, el operario debe ser crítico y evidenciar si se encuentra en peligro para solicitar ayuda.
- Las válvulas pueden presentar daños repentinos durante la operación. Por ejemplo, fugas en las válvulas ocasionando que se libere agua residual o lodos. En este caso el personal operativo debe informar de inmediato la situación a la persona encargada, cerrar el paso del agua residual a la unidad de tratamiento y reparar la válvula si es de su conocimiento, por el contrario, debe buscar al personal competente para las reparaciones.
- Otra contingencia que puede presentarse en la planta de tratamiento son los incendios en la caseta o zonas aledañas. Cuando esto suceda, el personal operativo debe utilizar el extintor ubicado en la caseta de operación, si no es posible tener acceso a este, debe informar al supervisor de la PTAR y solicitar ayuda para apagar el incendio.
- En la PTAR Granada puede superarse la capacidad de tratamiento por aumento del caudal afluente. Este aumento es ocasionado principalmente por las fuertes lluvias o taponamiento en las redes de alcantarillado, generando el rebosamiento de las aguas residuales de entrada y posible riesgo de inundación. El plan de contingencia para estos casos se presenta en el siguiente numeral.

25. PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE INUNDACIÓN

Al superar el caudal de ingreso por lluvias fuertes o al presentarse un evento de inundación en la planta de tratamiento, se sugiere tomar las siguientes medidas para mitigar la emergencia.

- En caso de superar un caudal de 25 L/s seguir el siguiente procedimiento: abrir la compuerta del vertedero lateral en el canal de entrada y la compuerta bypass después de preliminares. En caso de que el procedimiento no funcione e ingresen caudales superiores al caudal máximo horario de 40 L/s, situación que no debería ocurrir porque los vertederos tienen la función de proteger de excesos de caudal la PTAR: cerrar la entrada del agua residual al sedimentador primario y las compuertas del cribado durante la lluvia. Además, abrir por completo la compuerta del vertedero lateral (en el canal de entrada) para transportar el agua residual de excesos directamente a la Quebrada Santa Bárbara. Es importante que la planta de tratamiento no esté en operación durante este tipo de eventos, ya que las lluvias fuertes arrastran materiales gruesos que ocasionan daños en las unidades de tratamiento.



Fecha de envío: 25/03/2021

- Proteger los equipos, herramientas e implementos utilizados para la operación, mantenimiento y control de la planta de tratamiento. Ubicarlos en la caseta de operación hasta que la lluvia cese.
- Una vez terminada la lluvia, abrir de forma controlada la compuerta de la línea de cribado y las compuertas del sedimentador para poner en operación la PTAR.
- Limpiar el sistema de pretratamiento y extraer el material sedimentado (gravas, arenas, residuos sólidos, etc.). Además, en caso de inundación remover el material que logra depositarse en las zonas aledañas de las unidades de tratamiento como grama, accesos y caminos y evacuar el agua represada mediante pala y escoba.
- Revisar la red de alcantarillado con el fin de detectar posibles obstrucciones en las tuberías. Inspeccionar la red de drenaje de la PTAR, verificar que no se encuentren residuos voluminosos obstruyendo el paso del agua residual hacia la fuente receptora Santa Bárbara. Limpiar y desobstruir en caso de presentarse dicha situación.
- Diligenciar en la bitácora el evento presentado y las actividades realizadas y reportar la situación al supervisor de la PTAR.

26. IMPLEMENTOS BÁSICOS PARA LA OPERACIÓN

Los implementos y herramientas básicas necesarias para la operación y mantenimiento de la PTAR Granada son las siguientes:

- Carretilla, pala, barra, azadón, pica y machete.
- Manguera y cepillos para limpieza.
- Guadaña y rastrillo.
- Balanza.
- Tubería en PVC flexible para reparar obstrucciones en la red de alcantarillado.
- Cedazo para limpieza del sobrenadante de las unidades.
- Baldes plásticos.
- Implementos de aseo: Detergente, límpido, gel antibacterial, alcohol, trapero y escoba.
- Frasco de grasa para lubricación de válvulas.
- Linternas y pilas.
- Papel absorbente.
- Overol, capa impermeable, botas plásticas y guantes de carnaza.
- Cruceta para válvula de purga del digestor.
- Hidrolavadora y extensión eléctrica.



Fecha de envío: 25/03/2021

- Juego de destornilladores, juego de llaves de expansión y juego de llaves de tuerca.
- Elementos de protección personal: guantes de nitrilo, mascarillas y gafas de seguridad.
- Botiquín de primeros auxilios, extintor y camilla.
- Arnés, eslingas, línea de vida retráctil, mosquetones y cascos de seguridad.
- Cuadernos, lapiceros, lápices, marcadores, cinta de enmascarar y calculadora.
- Escritorio, computador, sillas, tablero en acrílico y poceta para el lavado de implementos de laboratorio.

27. NORMATIVIDAD DE INTERÉS EN LA PTAR

Se presenta la normatividad colombiana vigente, que debe conocer y tener a la mano el personal operativo para la operación, mantenimiento y control de la PTAR Granada.

Resolución 0330 de 2017: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. Esta resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

Resolución 0631 de 2015: Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Decreto 1287 de 2014: Por el cual se establecen los criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Decreto 1541 de 2013: (Modificada parcialmente por la resolución 0672 de 2014). Por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión, el proceso para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 2254 de 2017: Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2667 de 2012: Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.

Decreto 1076 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual reúne las normas de carácter reglamentario que rigen en el sector y sirve como instrumento jurídico único del mismo.



28. FICHAS TÉCNICAS DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA PTAR

Es importante contar con las fichas técnicas de los instrumentos, productos químicos y equipos utilizados en la PTAR, que permitan al personal operativo y a las personas relacionadas con la planta de tratamiento, conocer las características, funciones y precauciones de los implementos que se usan de forma constante en la operación y mantenimiento.

29. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington.
- Azevedo Netto, J. M. (1998). *Manual de Hidráulica* (Edgard Blu). Sao Paulo.
- Comisión Nacional de Agua. (2015a). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente*. México.
- Comisión Nacional de Agua. (2015b). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario*. México.
- CORNARE. (2013). *Actualización de los estudios y diseños de pre inversión para el plan maestro de alcantarillado del área urbana del municipio de Granada. Informe de Diseño*. Granada.
- Galeano, L. J., & Rojas, V. D. (2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjon de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez-Santander* LADY JOHANA GALEANO NIETO VIVIAN DANIELA ROJAS IBARRA UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIA P. Bogotá.
- Jenkins, S. R., Morgan, J. M., & Sawyer, C. L. (1983). Measuring Anaerobic Sludge-Digestion and Growth by a Simple Alkalimetric Titration. *Journal WPCF.*, 55:448-453.
- López, C. M., Buitrón, G., García, H. A., & Cervantes, F. J. (2017). *Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. Principio, modelación y diseño*. Londres: IWA Publishing.
- Metcalf, L., & Eddy, H. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery* (McGraw Hil). Madrid, España.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 0631 por la cual se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS*.
- Molina, F. J., & Rodríguez, D. C. (2011). *Procesos biológicos*. Medellín, Colombia: Reimpresos, duplicación de textos y documentos académicos de la Universidad de Antioquia.
- Ochoa, A. L. (2010). *Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011). *Manual de Biogás*. Santiago de Chile.
- Qasim, R. S., & Zhu, G. (2018). *Wastewater treatment and reuse, theory and design examples: Volume 1:Principles*



Fecha de envío: 25/03/2021

and Basic Treatment (Vol. 1). Retrieved from <http://tylorandfrancis.com>

Romero, J. A. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y principios de diseño* (Escuela Co).

Sperling, M. Von, Fernando, F., & Andreoli, C. (2007). *Sludge Treatment and Disposal Volume 6*. Londres: IWA Publishing.

Sperling, M. Von, & Lemos Chernicharo, C. A. De. (2005). Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. *IWA Publishing*, 1–856.

Úsuga Carmona, J. A. (2013). *Actualización de los estudios y diseños de preinversión para el plan maestro de alcantarillado del área urbana del municipio de Granada. Informe de diagnóstico*. (p. 106). p. 106. Municipio de Granada.

30. RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

- Instalar empaque al riel de todas las compuertas de la PTAR Granada, que permita su sellado completo. De esta forma se facilita el aislamiento de las unidades de tratamiento cuando lo requieran y se impide el paso del agua residual por los bordes de las compuertas.
- Tener en condiciones adecuadas el quemador de biogás. Instalar manómetro y tuberías de transporte, con el fin de hacer la quema del biogás ya que es un indicador del funcionamiento de la unidad de tratamiento.
- Cambiar el diámetro de las tuberías ubicadas en los múltiples de distribución que se encargan de distribuir el lodo en el digester. Se propone cambiar a un diámetro de tuberías de 6” a 8”, ya que las existentes (4”) son pequeñas y ocasionan el rebose de lodo por fuera de la unidad de tratamiento en el momento de la purga.
- Instalar un tanque séptico y un filtro anaerobio para el tratamiento del efluente líquido del digester de lodos y el clarificado de los lechos de secado. Estimar las dimensiones necesarias para la construcción de estas unidades de tratamiento.
- Adecuar la válvula de toma de muestra del digester de lodos a 1 m de altura. Instalar una tubería en forma de codo que facilite la toma de muestras.
- Dotar de forma frecuente los implementos de protección personal (guantes, mascarillas y gafas) para la seguridad del personal operativo.
- Mantener dotado el laboratorio de la PTAR con los implementos, equipos y productos químicos necesarios para la medición de los parámetros de control. De igual forma tener en todo momento las herramientas que son indispensables para el mantenimiento y operación de la PTAR.



Fecha de envío: 25/03/2021

- Realizar continuamente caracterizaciones en el afluente y efluente de la PTAR, que permitan evaluar las eficiencias de los procesos de tratamiento.
- Llevar a cabo caracterizaciones constantes en los biosólidos generados en la PTAR, con el fin de estimar sus posibles usos.
- Disponer adecuadamente los subproductos de las unidades de tratamiento, como se sugiere en el presente manual. Además, tener en cuenta los días de recolección del camión de la Empresa de Servicios Públicos para transportar los subproductos a disposición final.
- Es importante que el personal operativo capacitado durante el proceso de puesta en marcha permanezca en la PTAR Granada. En caso de requerir algún cambio de personal, se recomienda hacer la capacitación correspondiente.

31. ANEXOS

A continuación, se muestran algunas definiciones que permiten comprender de forma clara el presente manual de operación y mantenimiento. Estas definiciones son tomadas de la normatividad ambiental de interés para la PTAR Granada.

Aguas lluvias: Aguas provenientes de la precipitación pluvial.

Aguas Residuales Domésticas (ARD): Son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios que correspondan a descargas de los retretes, servicios sanitarios, sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), áreas de cocina, pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de ropa.

Alcalinidad: Capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Esta capacidad se origina en el contenido de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos. La alcalinidad se expresa en miligramos por litro de equivalente de carbonato de calcio (CaCO_3).

Alcantarillado combinado: Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias.

Aliviadero: Estructura diseñada en sistemas combinados, con el propósito de separar los caudales de aguas lluvias de los caudales de aguas residuales y conducirlos a un sistema de drenaje de agua lluvia o a una corriente natural cercana.

Biogás: Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica, cuyo componente principal es metano y dióxido de carbono.



Fecha de envío: 25/03/2021

Biosólidos: Producto resultante de la estabilización de la fracción orgánica de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales municipales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten su uso.

Cámara o pozo de inspección: Estructura, de forma cilíndrica, localizada al inicio o dentro de un tramo de alcantarillado que permite acceso desde la superficie del terreno para inspección o mantenimiento de los conductos.

Carga orgánica: Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio, se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Caudal: Cantidad de fluido que pasa por determinada área en la unidad de tiempo.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados. Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido a altas temperaturas.

Deshidratación de lodos: Proceso de remoción del agua de los lodos hasta formar una pasta sólida.

Digestión aeróbica: es la descomposición biológica en condiciones controladas de la materia orgánica presente en los lodos, que es transformada en dióxido de carbono y agua por los microorganismos en presencia de oxígeno.

Digestión anaerobia: es la descomposición biológica en condiciones controladas de la materia orgánica presente en los lodos, que es transformada en gas metano, dióxido de carbono y agua por los microorganismos en ausencia de oxígeno.

Edad del lodo: Tiempo medio que una partícula en suspensión permanece bajo aireación. Se le conoce también como tiempo medio de residencia celular.

Eficiencia de tratamiento o remoción: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico. Se expresa en porcentaje.

Interceptor: Conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores, y usualmente se construye paralelamente al cuerpo receptor principal, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas residuales a éste, y llevar las aguas a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).



Lodo: Suspensión de un sólido en un líquido proveniente del tratamiento de las aguas residuales municipales.

Parámetros de control: Criterios preestablecidos que se utilizan como base para compararlos con los obtenidos en un proceso, con el fin de controlar o medir la eficiencia de este.

pH: Abreviatura de potencial de hidrógeno. Es un parámetro que indica la concentración de iones de hidrógeno $[H]^+$ que existe en una solución.

Planta de tratamiento de agua residual (PTAR): Conjunto de obras, instalaciones, procesos y operaciones para tratar las aguas residuales.

Proceso biológico: Proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del agua residual para estabilizarla e incrementar la población de microorganismos.

Punto de muestreo: Sitio específico destinado para tomar una muestra representativa del cuerpo de agua.

Sistema de alcantarillado: Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la recolección, conducción y evacuación hacia las plantas de tratamiento y/o cuerpos de agua, de las aguas residuales y/o lluvias producidas en una ciudad o municipio.

Sólidos sedimentables (SSed): Materia sólida que sedimenta en un periodo de 1 hora.

Tiempo de retención hidráulico: Tiempo que demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil.

Válvula: Accesorio cuyo objetivo es regular y controlar el caudal y la presión de agua en una red de conducción y/o distribución de agua.

Vertimiento: Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

Vida útil: Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución de este. En este tiempo solo se requiere labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

32. FORMATOS PARA EL MANTENIMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA PTAR

Se presentan los formatos y la bitácora que se sugieren diligenciar para el registro de la operación, mantenimiento y control de la PTAR Granada.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR GRANADA



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ingeniería



Fecha de envío: 25/03/2021

FORMATO 4. CONTROL DE PH Y TEMPERATURA DE AFLUENTES Y EFLUENTES (Unidades de pH y °C)

MES:

TABLA DE DATOS

DÍA	HORA	AFLUENTE PTAR		EFLUENTE SEDIMENTADOR		EFLUENTE PTAR (FILTROS ANAEROBIOS)		EFLUENTE DIGESTOR DE LODOS		
		pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	
PROMEDIO MENSUAL (Unidades de pH y °C)	EFLUENTE PTAR						ANALISTA			
	pH			T (°C)						
	min	máx.	Promedio	min	máx.	Promedio				
		N/A								

OBSERVACIONES: El control de pH y T °C de afluentes y efluentes se recomienda dos o tres horas en el día y cada tres horas en la noche.

REVISIÓN DE PLANILLA
SUPERVISOR ENCARGADO DE LA PTAR _____

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR GRANADA



Fecha de envío: 25/03/2021

FORMATO 12. Medición de alcalinidad afluente, efluente del filtro y el digester de lodos

MES:

Hora	Fecha de medición	Punto de muestreo	pH inicial	Volumen en ml de H ₂ SO ₄ gastado hasta pH 5,75	Volumen en ml de H ₂ SO ₄ gastado hasta pH 4,3	AT	AP	AI (AT - AP)	AI/AT	*Observaciones
		Afluente PTAR								*
		Efluente filtro anaerobio (1)								*
		Efluente filtro anaerobio (2)								*
		Efluente digester de lodos (compuesta)								*
		Afluente PTAR								*
		Efluente filtro anaerobio (1)								*
		Efluente filtro anaerobio (2)								*
		Efluente digester de lodos (compuesta)								*
		Afluente PTAR								*
		Efluente filtro anaerobio (1)								*
		Efluente filtro anaerobio (2)								*
		Efluente digester de lodos (compuesta)								*
		Afluente PTAR								*
		Efluente filtro anaerobio (1)								*
		Efluente filtro anaerobio (2)								*
		Efluente digester de lodos (compuesta)								*
		Afluente PTAR								*
		Efluente filtro anaerobio (1)								*
		Efluente filtro anaerobio (2)								*
		Efluente digester de lodos (compuesta)								*
		Afluente PTAR								*
		Efluente filtro anaerobio (1)								*
		Efluente filtro anaerobio (2)								*
		Efluente digester de lodos (compuesta)								*

OBSERVACIONES: La medición de alcalinidad se recomienda según las necesidades del sistema de tratamiento o los requerimientos de la autoridad ambiental competente. * La relación AI/AT: si esta relación da mayor a 0.3, indica que la unidad se está acidificando y se debe aumentar la cantidad de bicarbonato.

REVISIÓN DE PLANILLA
 SUPERVISOR ENCARGADO DE LA PTAR _____

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR GRANADA



Fecha de envío: 25/03/2021

FORMATO 13. MEDICIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)

TABLA DE DATOS

DÍA	HORA	PUNTO DE MUESTREO	VOLUMEN DE MUESTRA DE ARD (Cono imhoff de 1000 ml (1L))	SÓLIDOS SEDIMENTABLES (45 minutos de sedimentación)	SÓLIDOS SEDIMENTABLES (60 minutos de sedimentación)	ANALISTA
		Afluente PTAR	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 1)	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 2)	1000 ml			
		Filtro anaerobio 1	1000 ml			
		Filtro anaerobio 2	1000 ml			
		Digestor de lodos (compuesta)	1000 ml			
		Afluente PTAR	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 1)	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 2)	1000 ml			
		Filtro anaerobio 1	1000 ml			
		Filtro anaerobio 2	1000 ml			
		Digestor de lodos (compuesta)	1000 ml			
		Afluente PTAR	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 1)	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 2)	1000 ml			
		Filtro anaerobio 1	1000 ml			
		Filtro anaerobio 2	1000 ml			
		Digestor de lodos (compuesta)	1000 ml			
		Afluente PTAR	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 1)	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 2)	1000 ml			
		Filtro anaerobio 1	1000 ml			
		Filtro anaerobio 2	1000 ml			
		Digestor de lodos (compuesta)	1000 ml			
		Afluente PTAR	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 1)	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 2)	1000 ml			
		Filtro anaerobio 1	1000 ml			
		Filtro anaerobio 2	1000 ml			
		Digestor de lodos (compuesta)	1000 ml			
		Afluente PTAR	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 1)	1000 ml			
		Sedimentador primario (módulo 2)	1000 ml			
		Filtro anaerobio 1	1000 ml			
		Filtro anaerobio 2	1000 ml			
		Digestor de lodos (compuesta)	1000 ml			

OBSERVACIONES: Los sólidos sedimentables es un parámetro fisicoquímico que se recomienda medir cada día.

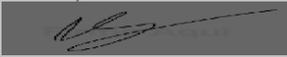
REVISIÓN DE PLANILLA:
 SUPERVISOR ENCARGADO PTAR _____

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR GRANADA



Fecha de envío: 25/03/2021

32.2. Bitácora de la PTAR

FECHA: Día/Mes/Año - 01/01/2020		OBSERVACIONES		
HORA: 08:00 , 12:00 , 14:00		Condiciones OPERATIVAS O NO OPERATIVAS en la PTAR.		
CONDICIONES CLIMÁTICAS: Soleado, Lluvioso, Nublado.		NO OPERATIVAS: Se refiere a reboses de la PTAR, condiciones diferentes a las normales.		
ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PTAR		SI	NO	OBSERVACIONES
Limpieza del canal de entrada		X		
Limpieza de la unidad de cribado		X		N/A
Limpieza de la unidad de desarenadores			X	SI: X si es NO: X y se justifica: Corresponde su limpieza el 15/01/2020
Limpieza General de la PTAR		X		N/A
PARÁMETROS DE CONTROL MEDIDOS EN LA PTAR	UNIDADES	SI	NO	OBSERVACIONES
pH	Unidades de pH	X		
Temperatura	(°C)	X		
Caudal de operación	(L/s)(m ³ /s)	X		N/A
Alcalinidad	(mg CaCO ₃ /L)	X		
Sólidos Sedimentables	(mL/L)		X	SI: X si es NO: X y se justifica: Corresponde el 02/01/2020
Perfil de lodos	(mL/L)		X	SI: X si es NO: X y se justifica: Corresponde el 02/01/2020
Adición de Cal hidratada/Cal Agrícola	(gr) (kg)	X		Se adiciona Cal hidratada/Cal Agrícola en lechos de secado
Adición de Soda Cáustica	(gr) (kg) (L)		X	
Adición de Bicarbonato de Sodio	(gr) (kg)		X	N/A
Diligenciamiento formatos de mantenimiento y operación de la PTAR		X		Verificar el detalle en los formatos de la PTAR
OBSERVACIONES GENERALES:		OBSERVACIONES GENERALES: Se adiciona bicarbonato bicarbonato (error de escritura) de sodio a la entrada de la PTAR. CARLOS. L.V 01/01/2020.		
 FIRMA PERSONAL OPERATIVO		 FIRMA SUPERVISOR DE LA PTAR		

Parámetros de control medidos en la PTAR	Unidades	Valor de tendencia (mes)	Valor promedio (mes)
pH	(Unidades de pH)	min-máx.	N/A
Temperatura	(°C)	min-máx.	18
Caudal de operación	(L/s)	min-máx.	6
Alcalinidad (relación AI/AT)	(mg CaCO ₃ /L)	min-máx.	N/A
Sólidos Sedimentables	(mL/L)	min-máx.	N/A
Perfil de lodos	(mL/L)	min-máx.	N/A
Material extraído PTAR	Unidades	Valor de tendencia (mes)	Valor total (mes)
Volumen total de material extraído del canal de entrada	m ³	min-máx.	3
Kilogramos totales de material extraído de la unidad de cribado	kg	min-máx.	110
Volumen total de material extraído del desarenador	m ³	min-máx.	1

Reporte general	Unidades	Valor total (mes)
Caudal total promedio tratado	m ³ /mes	15.552

Nota. Verificar las instrucciones para diligenciar la bitácora de la PTAR Granada.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ingeniería



Fecha de envío: 25/03/2021

Fin del manual de operación y mantenimiento de la PTAR Granada