DOCUMENTO PROPUESTA PROTOCOLO DE MONITOREO DE VERTIMIENTOS A LAS AGUAS SUPERFICIALES Y AL ALCANTARILLADO

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

GRUPO DE ADMINISTRACIÓN RECURSO HÍDRICO

BORRADOR

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción 5
2. Alcance 5
3. Antecedentes normativos 6
4. Marco contextual 7
4.1 Términos y definiciones 8
5. Monitoreo de vertimientos 12
5.1 Precauciones generales de seguridad para el monitoreo de vertimientos ... 15
5.2 Monitoreo de cantidad 16
5.2.1 Punto de control del vertimiento 17
5.2.1.1 Infraestructura técnica requerida. 18
5.2.2 Zona de Mezcla Térmica 21
5.2.3 Medición de Aforos Directos 22
5.2.3.1 Aforo volumétrico 22
5.2.3.2 Aforo Área-Velocidad 23
5.2.3.2.1 Cálculo Velocidad-Método de flotadores 24
5.2.3.2.2 Determinación del área de la sección 27
5.2.3.3 Métodos que utilizan contracciones 28
5.2.3.3.1 Aforo por vertedero 28
5.2.3.3.2 Canaletas 31
5.2.3.3.3 Canaleta Parshall 32
5.2.3.3.4 Canal Palmer – Bowlus 34
5.2.3.4 Métodos que no utilizan contracciones 35
5.2.3.4.1 Medición electromagnética 35
5.2.3.4.2 Medición por ultrasonido 36
5.2.3.5 Ventajas y desventajas de los distintos dispositivos de medición de caudal directo. 37
5.3 Frecuencia de monitoreo 41
5.3.1 Medición de Aforos Indirectos 42
5.4 Monitoreo de Calidad 42
5.5 Metodología Muestreo 42
5.5.1 Parámetros para monitorear 43
5.5.1.1 Medición de parámetros de campo 43
5.5.2 Clases de Muestreo para monitoreo de Vertimientos de Aguas Residuales. 44
5.5.2.1 Procedimiento manual monitoreo compuesto. 44
5.5.2.2 Procedimiento Manual monitoreo puntual o simple. 46

BORRADOR

5.5.2.3 Preservación de muestras 48
5.5.2.4 Muestras en blanco de campo 48
5.5.2.5 Embalaje y transporte de las muestras 49
5.5.2.6 Control y entrega de las muestras 50
5.5.2.7 Cadena de Custodia 50
6 Procedimientos Analíticos y Reporte de Resultados. 51
6.1 Análisis en Laboratorio 52
6.2 Muestras en blanco de campo 53
6.3 Presentación y Entrega de Resultados 53
6.4 Cargue de información en el Sistema de Información del Recurso Hídrico-SIRH. 55
7 Bibliografía 56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo monitoreo de vertimientos 13
Figura 2. Esquema de Cajas de Inspección para aforo y monitoreo de vertimientos 20
Figura 3. Aforo de caudal-Método Volumétrico 23
Figura 4.Flotador lastrado de varilla 24
Figura 5. Cálculo de Velocidad con Flotadores. 25
Figura 6. Secciones parciales de cauce 28
Figura 7. Flujo a través de vertederos 29
Figura 8. Canaleta Parshall 33
Figura 9. Canal Palmer – Bowlus 35
Figura 10. Medidor de Caudal electromagnético en tubería de impulsión de agua residual 36
Figura 11. Medidor de Caudal por Ultrasonido 37
Figura 12. Monitoreo de parámetros de campo 46
Figura 13. Preparación de muestra compuesta 46
Figura 14. Manipulación y embalaje de muestras 50
Figura 15. Etiqueta de muestra 62

BORRADOR

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factor de ajuste F de la velocidad de un flotador en función del coeficiente R entre la profundidad del flotador sumergido y la profundidad del agua 26
Tabla 2. Espaciamientos de sondeo según el ancho del cauce 27
Tabla 3. Ecuaciones según tipo de Vertedero..... 29
Tabla 4. Ancho de garganta para rangos de caudales del flujo a medir..... 33
Tabla 5. Ancho de garganta y fórmula de cálculo de caudal (Q)..... 34
Tabla 6. Ventajas y desventajas de los distintos dispositivos de medición de caudal directo 38
Tabla 7. Frecuencia de toma de muestras para Composición 58
Tabla 8. Periodicidad Reporte de caracterizaciones de vertimientos de Empresas Prestadoras a Autoridad Ambiental..... 59
Tabla 9. Reporte de caracterizaciones de vertimientos de usuarios a empresas prestadoras o Autoridad Ambiental para actividades contempladas en la Resolución 631 de 2015..... 60
Tabla 10. Percentiles para determinar rangos de caudal y frecuencia de monitoreo. 60
Tabla 11. Equipos y Materiales para la Realización del Programa de Monitoreo.. 61
Tabla 12. Requerimientos para envasado, preservación y almacenamiento de muestras..... 63

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Frecuencia de toma de muestras puntuales para composición. 58
Anexo 2. Periodicidad reporte de caracterizaciones de vertimientos de Empresas Prestadoras a Autoridad Ambiental..... 59
Anexo 3. Periodicidad reporte de datos a empresas prestadoras. 60
Anexo 4. Equipos y materiales mínimos para la realización del programa de monitoreo. 61
Anexo 5. Requisitos mínimos para etiqueta de identificación de muestras de agua. 62
Anexo 6. Requerimientos para envase, preservación y almacenamiento de muestras..... 63

BORRADOR

1. **Introducción**

Uno de los objetivos más relevantes de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, para avanzar hacia la sostenibilidad del recurso es el mejoramiento de la calidad del agua. En este sentido, conservar y proteger los cuerpos de agua de los efectos nocivos de las fuentes contaminantes, permitirá beneficios que repercutirán en la salud pública y el ambiente.

El monitoreo de las aguas residuales y las corrientes receptoras de vertimientos constituyen uno de los aspectos fundamentales en todo programa que tenga como objetivo disminuir y controlar el grado de contaminación del recurso hídrico. Los resultados de un programa de monitoreo son insumos que permiten tener control y evaluar la eficiencia de un sistema de tratamiento de AR y la verificación del cumplimiento de la normatividad existente; protocolos y resultados requeridos actualmente en el procedimiento de licencias, permisos y autorizaciones con el objeto de orientar la evaluación y seguimiento de permisos de vertimientos en el territorio colombiano.

Este documento es referente técnico principal para el monitoreo de vertimientos, de los usuarios generadores de aguas residuales, las autoridades ambientales, los prestadores de servicio público de alcantarillado, laboratorios de monitoreo y en general para todos los usuarios que deseen caracterizar sus vertimientos.

Es elaborado con el fin de estandarizar procedimientos técnicos para el monitoreo de la calidad de las aguas residuales generadas por los diversos usuarios del recurso hídrico; unificando así criterios para obtener mayor confiabilidad de los datos obtenidos de los procesos de caracterización.

Además, establece las técnicas y procedimientos a seguir en las actividades del monitoreo de la calidad de las aguas residuales que son descargadas a los cuerpos hídricos y a los sistemas de alcantarillado público. Las actividades contempladas en los monitoreos de vertimientos incluyen no sólo la recolección de las muestras sino también las mediciones en el terreno (in situ) de parámetros de control como son pH y temperatura, además de las mediciones de caudal, que son fundamentales para verificar el cumplimiento de la normatividad en materia de vertimientos (Resolución 631 de 2015).

2. **Alcance**

El presente protocolo constituye un instrumento estandarizado a nivel nacional que permite establecer las directrices técnicas para realizar actividades de monitoreo

BORRADOR

de vertimientos y aplica para todos los usuarios del recurso hídrico que generen vertimientos.

El Protocolo, además, establece la frecuencia con que cada actividad generadora de aguas residuales deberá caracterizar sus vertimientos y fija el número de caracterizaciones que el usuario del recurso hídrico debe reportar a la autoridad ambiental competente o a la empresa prestadora, si el vertimiento se realiza a una fuente superficial o al alcantarillado público, respectivamente.

Igualmente, permite contribuir a la vigilancia de la calidad del recurso hídrico en las corrientes receptoras a nivel nacional, generando una base informativa confiable con la que puedan contar las autoridades ambientales y demás entes de control.

El Protocolo para el Monitoreo de Vertimientos, se elabora sobre la base de los instrumentos existentes oficiales, así como otras consideraciones nacionales utilizadas para el conocimiento de las características de los vertimientos, por lo cual el usuario del recurso podrá consultar normatividad específica en la materia, dependiendo su necesidad.

3. **Antecedentes normativos**

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) como entidad técnica y científica del Sistema Nacional Ambiental (SINA) es la fuente oficial de información ambiental y autoridad nacional en las áreas de hidrología y meteorología. En este contexto y, de acuerdo con sus funciones, el IDEAM ha generado las siguientes herramientas normativas en la materia:

- Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. (IDEAM, 2002).
- Guía para el Monitoreo y Seguimiento del Agua. (IDEAM, 2004).
- Protocolo para monitoreo y seguimiento del agua. (IDEAM, 2007).
- Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales (IDEAM, 2007)
- Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua (IDEAM, 2021)

Existen además otros documentos de referencia a nivel nacional cuyo contenido es similar en los aspectos técnicos que establecen los procedimientos, para la toma y recolección de muestras de agua, ya sea para descargas no domésticas o

BORRADOR

domésticas a cuerpos de agua natural (continental). También presentan los criterios para la selección de los parámetros, puntos de monitoreo, frecuencia de monitoreo, metodología de análisis, medición de caudal y los procedimientos para el aseguramiento de la calidad, entre los cuales se relacionan algunos:

- Manual de Caracterizaciones de Aguas Residuales. Asociación Nacional de Industriales ANDI Medellín 1997.
- Norma Técnica Colombiana NTC – ISO 5667-1. Calidad del Agua-Muestreo. Directrices para el Diseño de Programas de Muestreo.
- Norma Técnica Colombiana NTC – ISO 5667-2. Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestro. Técnicas Generales de Monitoreo. 1995.
- Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-3 Calidad del Agua. Muestreo. Parte 3: Directrices para la Preservación y Manejo de las Muestras.2004.
- Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-14 Calidad del Agua. Muestreo. Parte 14: Guía para el Control de la Calidad en el Muestreo y el Manejo Ambiental del Agua.1999.
- Guía de Practicas Hidrológicas, OMM,2011

4. **Marco contextual**

Según lo establecido en la legislación vigente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) es la entidad pública encargada de definir la Política Nacional Ambiental y promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, es así que en atención a su funciones y lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 está a su cargo el expedir el *Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales*, en el cual se establecen, entre otros aspectos: el punto de control para el monitoreo de los vertimientos, la infraestructura técnica mínima requerida para realizar el monitoreo y la metodología para la toma de muestras.

El presente instrumento se sustenta en la normatividad vigente establecida para la gestión integral del recurso hídrico superficial del país, la cual se relaciona a continuación:

- Decreto 2811 de 1974 - Código Nacional de los Recursos Naturales, el cual regula entre otros, las aguas en cualquiera de sus estados.
- Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones.

BORRADOR

- Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3570 de 2011. Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Decreto 1076 de 2015. "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". Artículo 2.2.3.3.4.13, establece, entre otros aspectos: El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expedirá el Protocolo de Monitoreo de Vertimientos, en el cual se establecerán, entre otros aspectos: el punto de control, la infraestructura técnica mínima requerida, la metodología para la toma de muestras.
- Resolución 631 de 2015. "Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"

4.1 Términos y definiciones

Para efectos del presente documento se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

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 y que correspondan a:

1. Descargas de los retretes y servicios sanitarios.
2. Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial). (Artículo 2. Resolución 631 de 2015).

Aguas Residuales no Domésticas, (ARnD): Son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas (Artículo 2. Resolución 631 de 2015).

Analito: Sustancia que se está identificando y midiendo en el análisis. (NTC-ISO 5667-14/1999**).**

Blanco: Valor observado que se obtiene cuando la medición se realiza sobre una muestra idéntica a la muestra de interés, pero en ausencia del analito. (NTC-ISO 5667-14/1999).

Cadena de custodia: Proceso por medio del cual se mantiene una muestra bajo posesión física o control durante su ciclo de vida completo, es decir, desde que se toma hasta que se desecha. (GTC 100: 2004 Guía para los procedimientos de cadena de custodia de muestras).

Carga contaminante: Es el producto de la concentración másica de una sustancia por el caudal volumétrico del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio. Se expresa en unidades de masa sobre tiempo. (Artículo 2. Decreto 050 de 2018).

Cauces artificiales: Conductos descubiertos, construidos por el ser humano para diversos fines, en los cuales discurre agua de forma permanente o intermitente. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido: La relación existente entre su masa y el volumen del líquido que lo contiene (Artículo 2.2.3.3.1.3 Decreto 1076 de 2015).

Cuerpo de agua: Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Descarga Continua: Es aquella en el que el caudal y las características fisicoquímicas del agua residual no varían, o su variación no es significativa, debido a que pertenecen a un mismo ciclo productivo que no presenta cambios apreciables con el tiempo. (Manual de Caracterización Aguas industriales ANDI, 1997).

Descarga Irregular o Intermitente: Es aquella en la que el tiempo de descarga y de producción no es constante, creando así una variación continua tanto de caudal como de carga contamínate de las aguas residuales. (Manual de Caracterización Aguas Industriales ANDI, 1997).

Descarga Periódica Irregular: Es aquella en la que el tiempo entre las descargas es el mismo, pero los ciclos productivos varían frecuentemente (aumento o disminución del volumen de producción), por ello se ve afectado el caudal y muy seguramente las concentraciones de los contaminantes de las aguas residuales. (Manual de Caracterización Aguas industriales ANDI, 1997).

Descarga Periódica Regular: Es aquella en la que el tiempo entre las descargas es el mismo y los ciclos productivos no varían (volumen de producción constante), al no variar la producción no habrá alteraciones en el caudal y las concentraciones en los contaminantes permanecerán aproximadamente constantes. (Manual de Caracterización Aguas industriales ANDI, 1997).

Frecuencia de monitoreo: Es la periodicidad del monitoreo de calidad del agua residual, el cual está determinado por el caudal promedio de vertido. (Manual de Caracterización Aguas industriales ANDI, 1997).

Medición en campo: Medición de uno o varios parámetros del agua residual, que por su inestabilidad en el tiempo y la imposibilidad de mantenerlo mediante preservantes físicos o químicos, debe necesariamente ser medido en el mismo lugar de recolección de la muestra respectiva. (Protocolo de Monitoreo de Agua, UN Santiago Antúnez de Mayolo, 2010).

Muestra puntual o simple: Es la muestra individual representativa en un determinado momento. (Artículo 2.2.3.3.1.2. Decreto 1076 de 2015)

Muestra compuesta: Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras. (Artículo 2.2.3.3.1.2. Decreto 1076 de 2015)

Monitoreo de autocontrol de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado: Monitoreo realizado por cuenta y cargo de la fuente generadora, destinado a controlar la calidad y cantidad de sus efluentes. (Artículo 2.2.3.3.4.17. Decreto 1076 de 2015).

Monitoreo de autocontrol del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado: Monitoreo realizado por cuenta y cargo de la fuente generadora, destinado a controlar la calidad y cantidad de sus efluentes y remitirlo a la autoridad ambiental competente. (Artículo 2.2.3.3.4.18 Decreto 1076 de 2015).

Monitoreo Automático: Es aconsejable cuando los sitios son de difícil acceso o cuando se justifica y se tiene la facilidad de contar con un muestreador automático. Tiene como ventaja el incremento en la periodicidad en la toma de muestras y como desventaja la complejidad de su montaje y calibración, además de que requieren revisiones continuas para evitar atascamientos u otras fallas. Sin embargo, la aplicación de un monitoreo automático requiere instalar una serie de equipos (antenas, paneles solares, etc.) y herramientas (licencias de trasmisión, software) que elevan el costo, convirtiéndose en un factor limitante para la

BORRADOR

implementación de este tipo de monitoreo. (Manual de Caracterización Aguas Industriales ANDI, 1997).

Monitoreo Manual: Se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones puedan facilitar la toma de muestras. La ventaja de este tipo de monitoreo es permitir al encargado de tomar la muestra, observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales, etc. (Manual de Caracterización Aguas Industriales ANDI, 1997).

Norma de vertimiento: Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Parámetro: Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Punto de control del vertimiento: Lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales de los usuarios de la autoridad ambiental o de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Punto de descarga: Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo. (Artículo 2.2.3.3.1.3Decreto 1076 de 2015).

Usuario de la autoridad ambiental competente: Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que cuente con permiso de vertimientos, plan de cumplimiento o plan de saneamiento y manejo de vertimientos para la disposición de sus vertimientos a las aguas superficiales, marinas o al suelo. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Usuario y/o suscriptor de una Empresa Prestadora del Servicio Público de Alcantarillado: Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que realice vertimientos al sistema de alcantarillado público. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Vertimiento: Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Vertimiento puntual: El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Vertimiento no puntual (difuso): Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

Zona de Mezcla: Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento. (Artículo 2.2.3.3.1.3. Decreto 1076 de 2015).

La zona de mezcla se podrá determinar aplicando los lineamientos establecidos en la Guía Nacional de Modelación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018).

5. Monitoreo de vertimientos

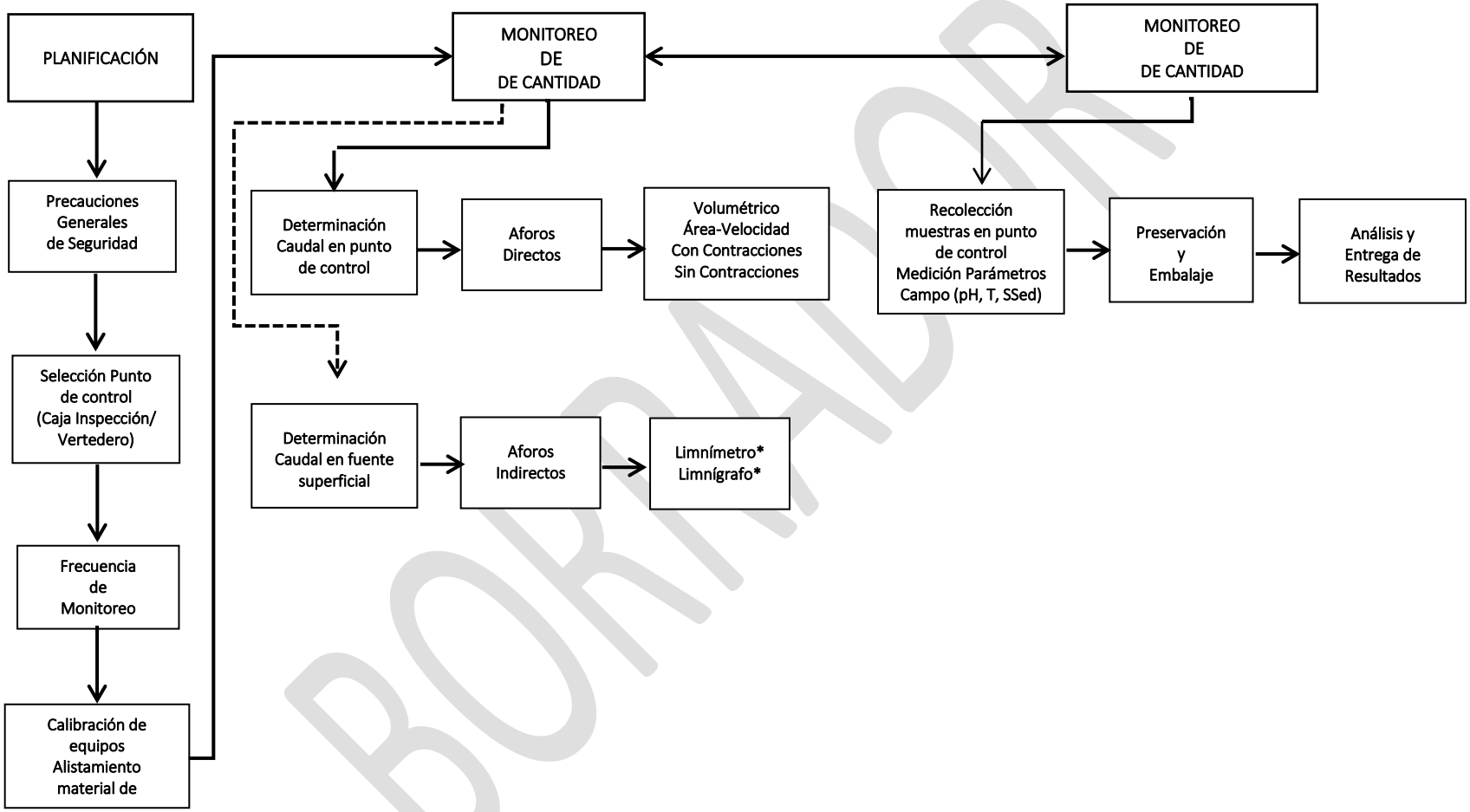
El monitoreo de vertimientos tiene como objeto reconocer, mediante la captura sistemática y estandarizada de información, el estado en cantidad y calidad de las aguas residuales que se vierten al recurso hídrico superficial, para soportar acciones y estrategias de protección, manejo y aprovechamiento del recurso con soporte en indicadores que sean útiles para los diferentes actores, en especial para las Autoridades Ambientales.

Comprende el conjunto de actividades que se desarrollan para medir y analizar las características de los vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticas provenientes de las diferentes actividades antrópicas. Dentro de un monitoreo de vertimientos se deberán tener en cuenta las etapas que garanticen la efectividad y confiabilidad de la muestra recolectada.

En *la figura 1* se presenta un diagrama de flujo para el desarrollo de monitoreo de vertimientos, donde se presenta el esquema típico a tener presente en la ejecución del mismo.

BORRADOR

DIAGRAMA DE FLUJO MONITOREO DE VERTIMIENTOS



Aplica para aforos en corrientes superficiales

BORRADOR

Figura 1 Diagrama de flujo monitoreo de vertimientos

La preparación con anticipación de las actividades que se deben realizar antes de iniciar el monitoreo, entre las cuales se destacan la elección del punto de control, la infraestructura técnica mínima requerida por parte de la entidad que realizará el monitoreo, la frecuencia en la toma de muestras y la definición de los parámetros a monitorear permitirá elaborar un plan de trabajo efectivo para el desarrollo del monitoreo.

A continuación, se establecen los requisitos que se deben tener presente para actividades de monitoreo de vertimientos al recurso hídrico superficial y al alcantarillado:

- ✓ La entidad que realice el monitoreo deberá contar con acreditación vigente tanto para la toma de muestras como para el análisis de parámetros, otorgada por el IDEAM, de conformidad con lo dispuesto en el Capítulo 9 del Título 8, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076/2015 o la norma que lo modifique, adicione o sustituya, cuyos resultados requieran ser evaluados por la autoridad ambiental.

- ✓ Igualmente, aplicará para monitoreos que se realicen con fines académicos, investigativos o de entes control.

- ✓ En caso de que no existan laboratorios acreditados para el análisis de algún parámetro, los laboratorios acreditados pueden enviar la muestra a un laboratorio internacional acreditado en su país de origen o por un estándar internacional, mientras se surte el proceso de acreditación en los laboratorios nacionales.

  El listado de laboratorios acreditados puede ser consultado en la página del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM, donde se actualizan de manera periódica. (*http://www.IDEAM.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/acreditacion*).

- ✓ La entidad encargada del monitoreo deberá cubrir todo elemento indispensable con anticipación para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva, alistando todo el material de laboratorio, buffers de calibración de equipos de medición de pH, temperatura y conductividad, formatos de campo, cadenas de custodia, equipos portátiles, baterías de equipos correctamente cargadas, instrumentos para medición de caudales, etc.

En el *Anexo 4,* se describe la lista general de los implementos recomendados en el momento de realizar el monitoreo y equipos de seguridad personal. Es importante que las personas que realicen el monitoreo chequeen uno a uno los equipos y materiales aquí mencionados.

BORRADOR

- ✓ La realización del monitoreo deberá ser comunicada de oficio a la autoridad ambiental competente por parte del usuario que contrata el monitoreo con mínimo 15 días de anticipación, con el fin de que ésta realice el acompañamiento a la jornada y garantizar la representatividad de la muestra. La autoridad ambiental será potestativa de acompañar la actividad, conforme a la disponibilidad de profesionales.

- ✓ Para monitoreos que se realicen en marco de control interno de los diferentes sectores productivos y cuyos resultados no requieran ser evaluados por la autoridad ambiental, no se hace obligatoria esta exigencia.

- ✓ Tanto para las actividades de monitoreo de cantidad como de calidad, estas deberán ser realizadas por profesionales y/o técnicos debidamente capacitados y/o certificados por la entidad competente en materia de acreditación para toma de muestras de aguas y operación de sensores de campo y con conocimientos básicos en análisis químicos.

Los aspectos generales para el diseño del programa de muestreo se pueden encontrar en la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-1, del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), o aquella que la actualice o sustituya.

5.1 Precauciones generales de seguridad para el monitoreo de vertimientos

A continuación, se presentan algunas recomendaciones puntuales referentes a normas de seguridad, protección personal y salud para el personal que realiza monitoreo de vertimientos. Para una guía general sobre precauciones de seguridad consulte la normatividad en la materia.

- ✓ Considere los peligros potenciales y planifique con anticipación, teniendo en cuenta las reglamentaciones de seguridad y procedimientos establecidos para manejar las circunstancias de emergencia que puedan surgir, por lo tanto, se recomienda que antes de iniciar el monitoreo, se reúna el personal para que se implementen protocolos de seguridad para el desarrollo del monitoreo.

- ✓ Teniendo en cuenta la diversidad de situaciones que se encuentran al efectuar un monitoreo de vertimientos puede someter al personal a una variedad de riesgos para la seguridad y la salud. Aparte del peligro de lesiones físicas, se deben tomar precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos y la ingestión de materiales tóxicos por la boca y a través de la piel, por lo cual se recomienda que antes de iniciar el muestreo las tapas de las cajas de inspección sean removidas y se espere un tiempo

BORRADOR

prudencial para la evacuación de gases contenidos, si estos no son evacuados de manera natural determinar medidas para facilitar su evacuación o reportar la situación para posponer la actividad realizando la respectiva investigación de las causas que generan la situación.

- ✓ Para vertimientos directos a cuerpos de agua, si se instalan instrumentos equipos en el área aferente al lugar, se deben evitar las situaciones susceptibles de inundación o vandalismo, tomando las precauciones adecuadas.

- ✓ Algunos vertimientos pueden ser corrosivos o pueden contener materiales tóxicos, por lo que se deben tomar precauciones especiales utilizando el equipo de protección personal (EPP) adecuado, para evitar accidentes, inhalación de gases tóxicos, ingestión de materiales tóxicos por la boca y a través de la piel.

- ✓ Para monitoreo en zonas y condiciones climáticas particulares se deben considerar contingencias naturales adicionales al área aferente al punto de control del vertimiento, tales como presencia de animales ferales, reptiles venenosos, vegetación y follajes característicos.

5.2 Monitoreo de cantidad

El monitoreo de la cantidad de vertimientos corresponde a la medición del volumen de aguas residuales descargadas en un medio receptor en un tiempo determinado. Esta relación, conocida como caudal, gasto o descarga, permite establecer el total del vertimiento dispuesto en un cuerpo de agua o al alcantarillado.

Una vez determinado el tipo de descarga y la correspondiente ubicación del sitio o sitios donde se va a realizar el monitoreo de las aguas residuales, se procede a determinar la medición de caudal, la cual puede desarrollarse por varios métodos teniendo en cuenta el medio de descarga (tubería o canal abierto) y las condiciones al momento de su realización. Por lo tanto, se requiere del conocimiento del tipo de descarga del agua residual a medir (continua, irregular, periódica irregular, periódica regular) y de la actividad económica que genera el vertimiento.

La determinación de la cantidad de agua que lleva un canal, tubería o un curso de agua se llama aforo y es importante para la toma de decisiones durante la administración de los recursos hidráulicos y en la ejecución de programas de monitoreo.

BORRADOR

Puede existir la medición de pequeños caudales en L/s, hasta grandes caudales en m^3/s. Se pueden clasificar en dos (2) grupos:

1. Métodos de Aforo Directos
2. Métodos de Aforo Indirectos.

La selección de uno u otro tipo de método de medición, dependerá de las condiciones propias y particulares del punto de control, ya que en la realidad del terreno se pueden presentar problemas que pueden llegar a afectar e incluso invalidar el funcionamiento de los medidores de caudal, entre los que se mencionan: acumulación de sólidos, bajas velocidades de flujo, alturas inferiores a las recomendadas, obstrucción parcial del dispositivo secundario (sensor), etc. Dado estos problemas, es necesario exigir a los establecimientos industriales, que cuenten con cajas de inspección para medir caudal en óptimas condiciones técnicas y operativas.

5.2.1 Punto de control del vertimiento

El punto de control del vertimiento (punto de monitoreo) es el lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales de los usuarios de la autoridad ambiental o de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga. (Artículo 2.2.3.3.1.3 Decreto 1076 de 2015).

El punto de control del vertimiento deberá permitir la toma de muestras y medición de caudal en todo momento (para las actividades de seguimiento y control), garantizando la seguridad del muestreador. Para el caso de los usuarios que cuenten con Permiso de Vertimientos, dicho punto de control deberá estar acorde a lo señalado en la Resolución que otorgó el Permiso, de acuerdo con lo señalado en los artículos 2.2.3.3.5.2 y 2.2.3.3.5.8 del Decreto 1076 de 2015.

El punto de control de vertimiento se debe ubicar antes que la descarga ingrese al cuerpo de agua o al sistema de alcantarillado público, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Cuando sean vertimientos directos a un cuerpo de agua, el lugar ideal para ubicar el punto de monitoreo es exactamente antes de que la descarga ingrese a dicho cuerpo de agua. Sin embargo, es posible que este punto no sea de acceso fácil ni seguro, en este caso, la muestra debe ser recolectada en el primer punto accesible aguas arriba de la descarga del conducto o canal de conducción del vertimiento.

2. Para vertimientos al sistema de alcantarillado público, el punto de control de vertimiento deberá estar ubicado en un lugar de fácil acceso para la autoridad ambiental o la entidad que realice el monitoreo.

3. Para la ubicación del punto de monitoreo se utilizará el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), de acuerdo con el sistema oficial de coordenadas planas para Colombia (MAGNA-SIRGAS/Origen Nacional), establecido mediante la Resolución No. 370 de 2021 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC o la norma que lo modifique, adicione o sustituya. Se registrará su ubicación en la cadena de custodia de campo.

4. El punto de monitoreo no deberá cambiar a menos que se justifique debidamente y con antelación su reubicación ante la autoridad ambiental.

5.2.1.1 Infraestructura técnica requerida.

La infraestructura técnica a que hace referencia el presente capitulo aplica para monitoreo de tipo volumétrico, el cual se describe en el numeral 5.2.3.1

Para la realización del monitoreo volumétrico se deberán construir o acondicionar técnicamente (si ya están construidas) cajas de inspección por parte de los usuarios generadores de Aguas Residuales, que cuenten o no con Permiso de Vertimientos.

Dichas cajas deben ubicarse preferiblemente fuera del predio, en caso de no ser factible, se ubicarán en un área de fácil acceso, la que no debe ser ocupada para otro uso.

En la *figura 2 s*e presenta un esquema típico de cajas de inspección, con la geometría y dimensiones mínimas pretendidas.

La caja de inspección debe contar con dos zonas: zona seca y zona húmeda.

Para el diseño de las cajas las medidas aquí propuestas son las consideradas técnicamente, no son obligatorias ni vinculantes, teniendo en cuenta las diferentes situaciones que se presentan en campo para condiciones particulares o especiales.

- **La zona seca**, con el fin de garantizar la seguridad del operario en el proceso de aforo y toma de muestra, así como su movilidad al interior, debe tener un ancho mínimo de 0.60 m.

BORRADOR

Para el ingreso debe contar con una escalera de acceso constituida por varillas de acero, adosada a la pared, de resistencia a la tensión. Los pasos deben tener un ancho de 0.40 m. y la separación entre ellos debe ser de 0.30 m.

La escalera de acceso debe estar protegida contra la corrosión con la aplicación de una pintura epóxica. La zona seca debe ser paralela a la zona húmeda en toda la longitud de la caja de inspección.

- **La zona húmeda**, a través de la cual fluyen las aguas residuales, debe ser diseñada con capacidad hidráulica suficiente para drenar el caudal de efluente en todo momento o en la capacidad máxima hidráulica de transporte de la tubería.

La tubería o canales por donde discurre el vertimiento y que entregue a la caja de inspección deberá garantizar caída de agua y no deberá estar a ras del suelo, cuando se realice el aforo de caudal por el método volumétrico (caudales pequeños), de tal forma que pueda entrar y salir el recipiente sobre el cual se va a aforar. La caja de inspección para aguas residuales no domesticas debe tener tapa, de fácil remoción y de libre acceso.

La(s) caja(s) de inspección, deberán garantizar un adecuado mantenimiento y contar con una marca de identificación para el tipo de vertimiento generado, incluyendo la denominación del punto de monitoreo (ARD o ARnD). Las cajas no podrán estar selladas u obstruidas.

Para vertimientos a una red de alcantarillado, si las cajas de inspección son receptoras de dos o más descargas de vertimientos, y no se tiene certeza sobre el vertimiento de interés a muestrear, se debe hacer uso de trazadores para identificar la procedencia del vertimiento y proceder a la realización del monitoreo.

BORRADOR

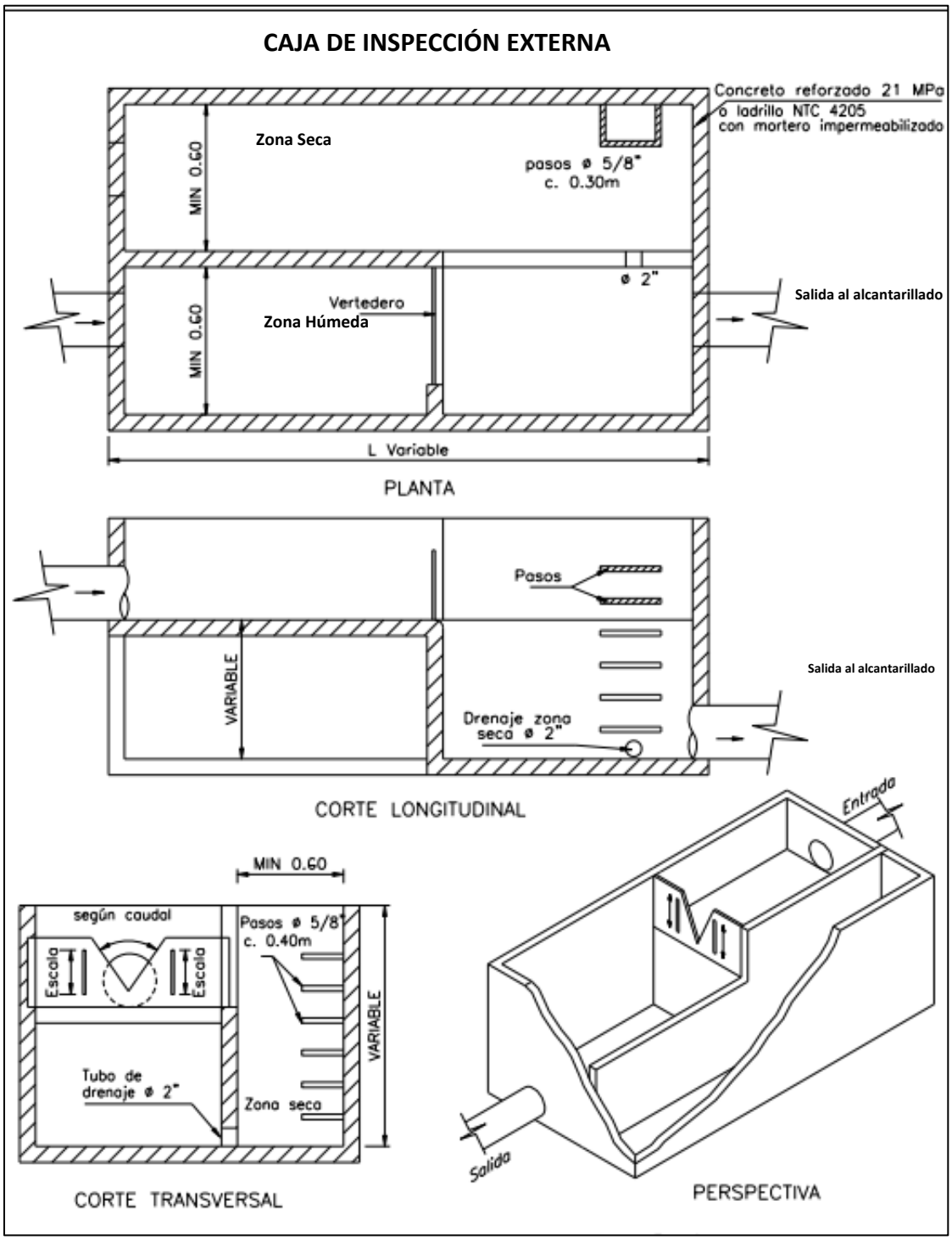


Figura 2. Esquema de Cajas de Inspección para aforo y monitoreo de vertimientos

Fuente: Adaptado de esquema general de Caja de Aforo en acometida de alcantarillado. Aguas de la Sabana de Bogotá S.A. E.S.P., 2021.

5.2.2 Zona de Mezcla Térmica

De acuerdo con lo establecido en el artículo 5 de la Resolución 631 de 2015, las actividades de generación de energía eléctrica por procesos térmicos (termoeléctricas), que realicen vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales, deberán presentar ante la Autoridad Ambiental competente la siguiente información con los respectivos soportes técnicos:

- *Las determinaciones de las diferencias de los valores de temperatura en la zona de mezcla térmica del cuerpo de agua superficial receptor tomando como referencia la medición simultanea de la temperatura aguas arriba del sitio del vertimiento puntual.*

- *Las determinaciones de los cambios de los componentes fisicoquímicos e hidrobiológicos del cuerpo de agua superficial receptor y tomando como referencia las condiciones del mismo aguas arriba del sitio de vertimiento puntual.*

Ambas determinaciones se hacen considerando para las mediciones la sección transversal y perpendicular del cauce del cuerpo de agua receptor y deben efectuarse para diferentes periodos climáticos.

Las distancias consideradas en el artículo 5 de la Resolución 631 de 2015 se determinan como la distancia paralela al eje longitudinal del cuerpo de agua superficial entre el punto de vertimiento y la sección transversal a dicho eje.

La metodología para la determinación de las diferencias de los valores de temperatura en la zona de mezcla térmica del cuerpo de agua superficial receptor y de los cambios de los componentes fisicoquímicos e hidrobiológicos del cuerpo de agua superficial receptor se realizarán aplicando los lineamientos establecidos en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales, adoptada mediante la Resolución 959 del 31 de mayo de 2018, la cual presenta los lineamientos mínimos para la aplicación de modelos matemáticos de simulación de la calidad de las aguas superficiales continentales, conforme a las consideraciones y disposiciones establecidas en el Decreto 1076 de 2015.

Todas las determinaciones y mediciones estarán a cargo del responsable de la actividad industrial, comercial o de servicios. Las metodologías presentadas deben ser aplicadas a las particularidades de cada cuerpo de agua de interés, para lo cual el criterio y conocimiento del profesional a cargo del proceso, son fundamentales para el desarrollo de herramientas de modelación robustas y acertadas.

BORRADOR

Para la determinación de los cambios de los componentes fisicoquímicos e hidrobiológicos del cuerpo de agua superficial receptor, se deberá tener en cuenta lo establecido en el artículo 2.2.3.3.5.3. “Evaluación Ambiental del Vertimiento” del Decreto 1076 de 2015. Particularmente, para el análisis de los cambios en el componente hidrobiológico, se podrán tomar en cuenta las consideraciones relacionadas con dicho componente contenidas en la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial, adoptada mediante las Resoluciones 751 y 958 de 2018.

Con esta información, la Autoridad Ambiental competente establecerá:

a) La diferencia máxima de temperatura que se debe tener a una distancia de cien metros (100,00 m), en la zona de mezcla térmica y,

b) La distancia máxima a la cual se deberá obtener una diferencia de temperatura menor o igual a 5,00 °C.

5.2.3 Medición de Aforos Directos

Expresan el caudal como una función de volumen sobre tiempo (Q = V / t). Entre ellos se tienen:

1. Aforo volumétrico
2. Aforo por área-velocidad
3. Aforo con contracciones
4. Aforo químico (trazadores).

Los tres primeros aplican para medición de caudales en tuberías y canales, incluidos los canales de riego. El aforo químico es utilizado para medición en aquellas corrientes que presentan dificultades para la aplicación del método área-velocidad o medidas con estructuras hidráulicas, como en corrientes muy anchas o en ríos torrenciales.

5.2.3.1 Aforo volumétrico

La medición de caudal se realiza de forma manual utilizando un cronómetro y un recipiente aforado. El procedimiento por seguir consiste en tomar un volumen de muestra cualquiera y medir el tiempo transcurrido desde que se introduce el volumen (vertimiento) al recipiente hasta que se retira de él, la relación de estos dos valores permite conocer el caudal en un instante de tiempo. Es de recordar que este método aplica a vertimientos que presentan una caída de agua en la cual se puede interponer el recipiente aforado. Esta medición es ideal para vertimientos con caudales pequeños. *(Figura 3).*

BORRADOR

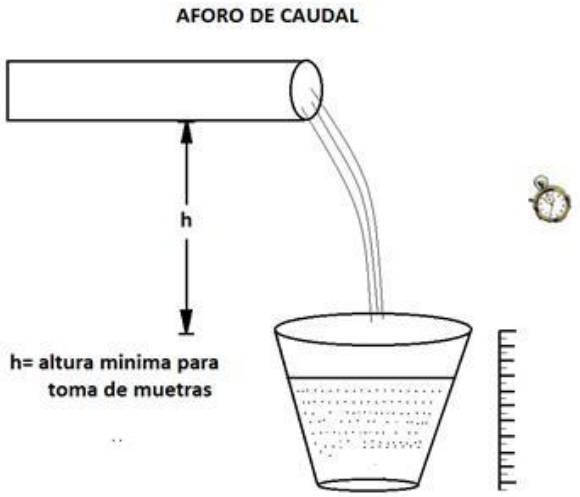


Figura 3. Aforo de caudal-Método Volumétrico
Fuente: Autor, 2021.

El caudal se calcula de la siguiente manera:

$$Q = V / t$$

Donde;

Q = Caudal en litros por segundo, L/s
V = Volumen en litros (L)
t = Tiempo de llenado, (s)

Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar (punto de control) donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que sale por el vertimiento; se debe evitar la pérdida de muestra en el momento de aforar, así como represamientos que permitan la acumulación de sólidos y grasas.

Para garantizar representatividad del método de aforo es pertinente realizar varias mediciones, como mínimo cinco (5), con el fin de obtener un promedio aritmético.

5.2.3.2 Aforo Área-Velocidad

Este método es utilizado en cauces naturales y artificiales (acequias). Se deben determinar dos parámetros: la velocidad y la sección transversal. Es importante medir la velocidad del caudal en puntos localizados de la sección transversal, donde la velocidad promedio ocurra con mayor probabilidad. Los aforos con

BORRADOR

flotadores son los más sencillos de realizar, pero también son los más imprecisos; por lo tanto, su uso queda limitado a situaciones donde no se requiere mayor precisión.

5.2.3.2.1 Cálculo Velocidad-Método de flotadores

El método de flotadores es utilizado para calcular la velocidad de la corriente o del canal, es muy sencillo, pero en general es inexacto, por lo que se recomienda utilizarlo lo menos posible, siendo necesario otros métodos cuando se requiere mayor precisión.

Los flotadores son objetos flotantes que adquieren la velocidad del agua que los circundan, Los más utilizados son los simples o de superficie. Los flotadores de superficie tienen una profundidad de inmersión inferior a la cuarta parte de la profundidad del agua y no deberían utilizarse cuando exista la posibilidad de que resulten afectados por el viento. Otro tipo de flotador utilizado son los de bastidor o lastrados de varilla *(figura 4) .* Los flotadores de varilla tienen una profundidad de inmersión superior a la cuarta parte de la profundidad del agua. Los flotadores de varilla no deberán entrar en contacto con el lecho del canal. (OMM, 2011).

Estos flotadores consisten en un tubo delgado de aluminio, cerrado en ambos extremos y con un lastre en su extremo inferior, para que pueda flotar en una posición próxima a la vertical, de tal manera que se sumerjan hasta una profundidad de aproximadamente 25 a 30 cm sobre el fondo, y emerjan unos 5 a 10 cm. (Manual Practicas de Laboratorio de Hidráulica, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2005).

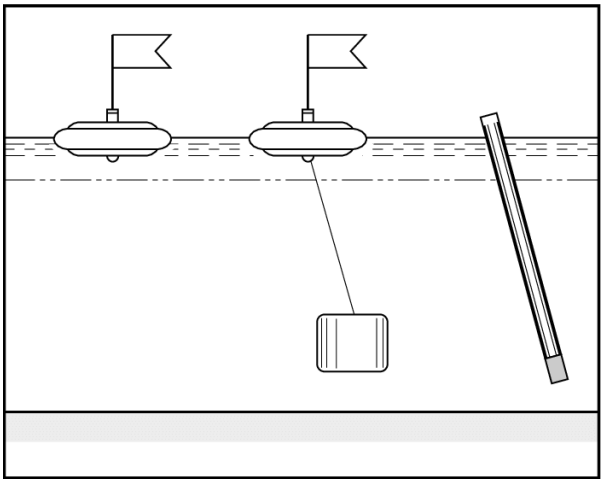


Figura 4.Flotador lastrado de varilla
Fuente: https://www.researchgate.net/figure/10-Distintos-tipos-de-flotadores-a-flotador-de-superficie-b-flotador-compuesto-o_fig36_305937814, 2021

Con este método se pretende conocer la velocidad media en la sección, que es igual a la distancia entre secciones transversales dividida por el tiempo de desplazamiento, para ser multiplicada por el área, y conocer el caudal. Para la ejecución del aforo se procede de la siguiente manera:

Se debe escoger una sección recta de la corriente o canal, medir y demarcar una distancia conocida a lo largo del mismo. Se elige en el centro del cauce un sitio inicial A y uno final B a lo largo de la corriente, el cual se llamará distancia, longitud o largo. Para su medición en campo, una persona se ubica en el punto A con el flotador y otra en el punto B con el reloj o cronometro. Se medirá el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B.

El flotador preferiblemente uno lastrado se depositará a suficiente distancia por encima de la sección transversal superior del canal, o en su defecto una bola de icopor, rama, trozo de madera, etc. Simultáneamente activar el cronometro y medir el tiempo transcurrido hasta que el objeto termine de recorrer la distancia asignada. El flotador debe ser arrojado suavemente sobre la corriente, para que este no le imprima una fuerza adicional que pueda afectar o alterar la medición de la velocidad del flujo de agua. *(Figura 5).*

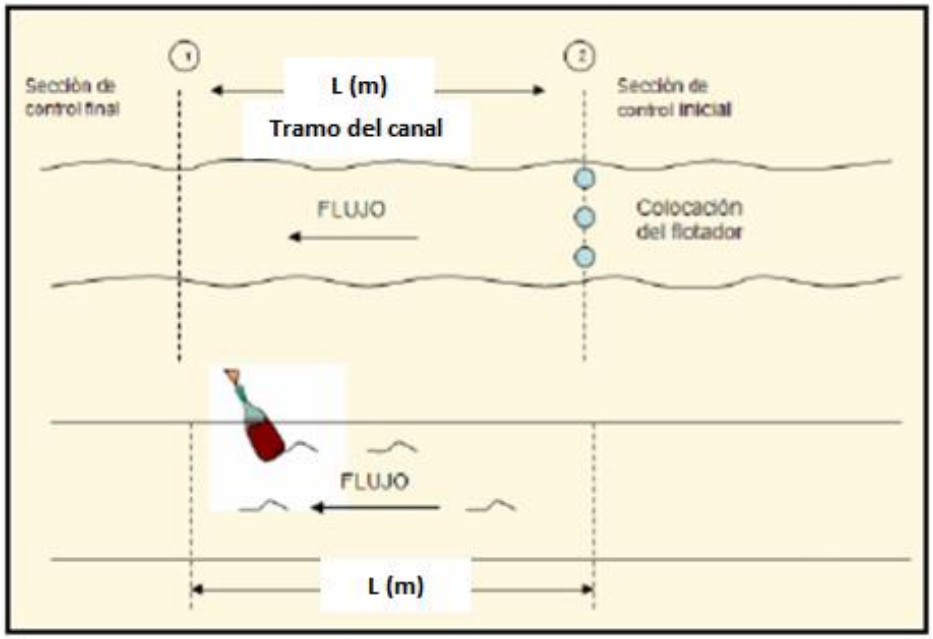


Figura 5. Cálculo de Velocidad con Flotadores.
Fuente. IDEAM, 2006.

La velocidad superficial de la corriente, Vs se toma igual que la velocidad del cuerpo flotante, y se calcula mediante la relación entre el espacio recorrido L, y el tiempo de viaje, *t*.

La velocidad de la corriente de agua se calcula de la siguiente manera:

$$Vs = L/t$$

Dónde:

Vs = Velocidad de la corriente, m/s
L = Longitud o distancia recorrida por el elemento flotante, m
t = Tiempo de recorrido del elemento flotante, s

Deberían obtenerse como mínimo cinco valores de velocidad del flotador en cada segmento, y la media de estos valores se multiplicará por un coeficiente para obtener la velocidad media del agua en la sección. El coeficiente está basado en la forma del perfil de velocidad vertical y en la profundidad relativa de inmersión del flotador. Para establecer el coeficiente a aplicar a la velocidad medida se podrá utilizar un factor de ajuste F, de la *Tabla 1* para efectuar una estimación aproximada.

Tabla 1. Factor de ajuste F de la velocidad de un flotador en función del coeficiente R entre la profundidad del flotador sumergido y la profundidad del agua

R	F
0,10 o menos	0,86
0,25	0,88
0,50	0,90
0,75	0,94
0,95	0,98

Fuente: OMM, 2011

La velocidad media de la corriente estará por la siguiente ecuación:

$$Vm = F\,Vs$$

Dónde:

Vm = Velocidad de la corriente, (m/s)
F = Factor ajuste de la velocidad
Vs= Velocidad de la corriente (m/s)

BORRADOR

5.2.3.2.2 Determinación del área de la sección

El método para determinar el área de la sección depende de las condiciones del canal. Los lineamientos que se dan a continuación son generales, sin embargo y de acuerdo a las condiciones particulares del sitio del monitoreo se deberán adaptar a criterio de los profesionales que realizan el trabajo de campo.

La determinación del área de la sección es la siguiente:

a) Una vez determinada la zona donde se efectuará la medición se deberán colocar dos estacas, una en cada orilla, y fijándose que la línea que las une sea perpendicular a la dirección del canal para determinar el ancho del mismo.

b) Dividir el ancho del cauce en tramos de acuerdo con la *Tabla 2.*

Tabla 2. Espaciamientos de sondeo según el ancho del cauce

Ancho del Canal (m)	Espaciamiento (m)
0 a 1	0.20
1 a 2	0.25
2 a 4	0.50
4 a 8	1.00

Fuente: Manual de Medición de Caudales. ICC, 2017.

c) Obtener la profundidad al principio y al final de cada tramo como se muestra en la *Figura 6.* Determinar la profundidad media y ancho de cada sección para generar el área por cada tramo medido de la sección transversal.

$A_1 = (a + b/2) \times D + A_2 = (a + b/2) \times D$…… $A_{10} = (a + b/2) \times D$

Dónde:

A_1: Es el área de la sección, en m^2
a: profundidad inicial del tramo, en m
b: profundidad final del tramo, en m
D: Ancho de la sección, en m

$$\text{Área Total} = \sum A_1 + A_2 \;\; . \; A_9 + A_{10}$$

BORRADOR

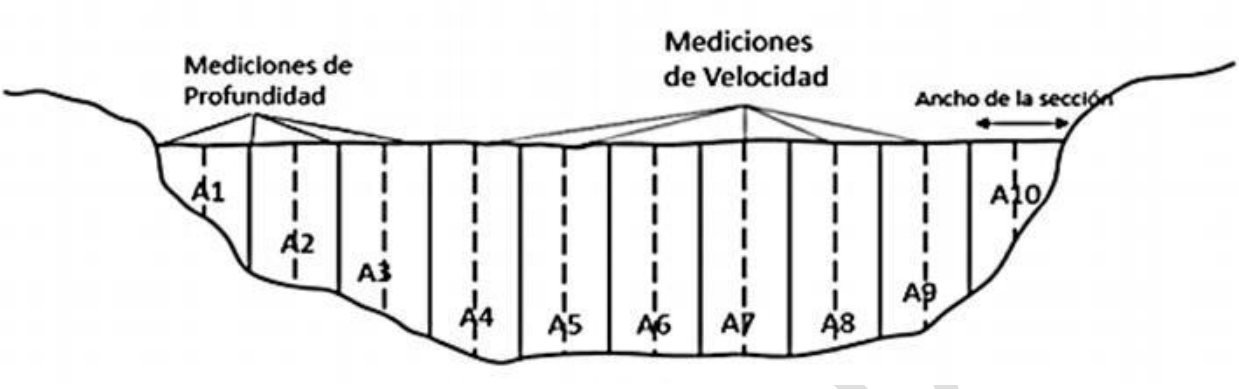


Figura 6. Secciones parciales de cauce
Secciones parciales de cauce
Fuente. Manual de Medición de Caudales. ICC, 2017.

El caudal se calcula de la siguiente manera:

$$Q = V \times A$$

Dónde:

Q = Caudal, m^3/s
V = Velocidad superficial, m/s
A = Área transversal promedio, m^2

5.2.3.3 Métodos que utilizan contracciones

Son utilizados en sistemas de riego, existen muchos instrumentos disponibles para la medición de sus caudales, los cuales a través de la contracción en una sección permiten la medición del caudal. Los instrumentos disponibles que se tienen para la medición de caudal se describen continuación:

5.2.3.3.1 Aforo por vertedero

Son dispositivos hidráulicos fijos o removibles que consisten en una escotadura (abertura) de diferentes formas a través de la cual se hace circular el caudal que se quiere medir en el canal *(Figura 7).* 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. (Manual de Practicas de Laboratorio de Hidráulica-Universidad Nacional de Medellín, 2005)

La terminología asociada a este dispositivo se presenta a continuación:

Cresta (L): Se denomina al borde horizontal, también llamado umbral.
Carga (H): Es la altura alcanzada por el agua a partir de la cresta del vertedero.

Debido a la depresión de la lámina vertiente junto al vertedero, la carga (H) debe ser medida aguas arriba, a una distancia (d) aproximadamente igual o superior a 6H.

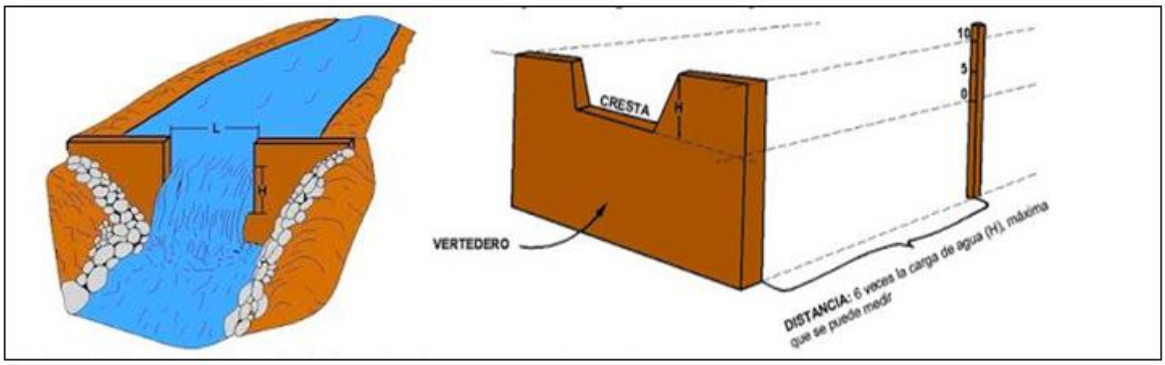
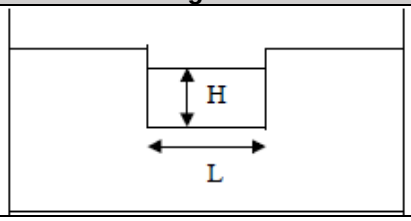


Figura 7. Flujo a través de vertederos
Fuente: http://jorge-tumbaco.blogspot.com/,2021

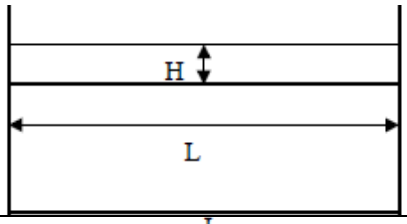
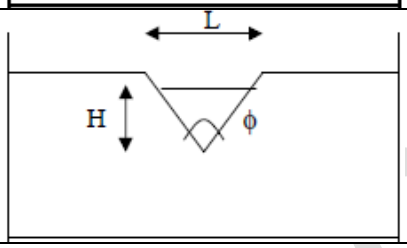
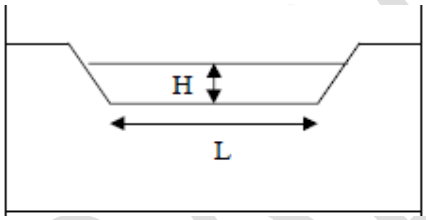
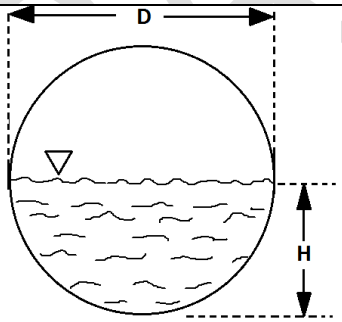
Ya sea como estructura de control de aprovechamientos hidráulicos o bien para aforo de agua, su aplicación es muy difundida. Una de las razones es porque permite obtener el dato del caudal siendo necesario únicamente medir una variable que es la altura de la cresta. Los vertederos están clasificados en pared gruesa y delgada, estos últimos se utilizan principalmente en aforos de caudales pequeños, en donde se dispone de cauces artificiales y por lo tanto no es recomendable para aguas naturales.[1]

Según la forma geométrica del contorno de apertura, pueden distinguirse vertederos rectangulares, trapezoidales, triangulares, parabólicos, etc. El líquido represado por la pared del vertedero alcanzara distinta altura en función del caudal, a mayor caudal, mayor altura; esta relación (Caudal –Altura) se representa por medio de ecuaciones que dependen de la forma del vertedero, como se relaciona en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Ecuaciones según tipo de Vertedero

Tipo de Vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular con contracción		$Q = 1{,}84 * L * H^{3/2}$ Q = Caudal en m^3/s L = Ancho de cresta, en m H = Altura en m

[1] Guía Metodológica para determinar módulos de consumo y factores de vertimiento de Agua. Área Metropolitana Valle de Aburrá. 2010.

Tipo de Vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular sin contracción		$Q = 3{,}3 * L * H^{3/2}$ Q = Caudal en m^3/s L = Ancho de cresta, en m H = Altura, en m
Triangular		φ = 90º $Q = 1{,}4 * H^{5/2}$ Q = Caudal en m^3/s H = Altura en m φ = 60º $Q = 0{,}775 * H^{2,47}$
Trapezoidal		Si la pendiente de los lados tiene una relación $4_{(vertical)}$ / $1_{(horizontal)}$, se aplica: $Q = 1{,}859 * L * H^{1,5}$ Q = Caudal en m^3/s L = Ancho de cresta en m H = Altura en m
Circular		$Q = 1.518 \times D^{0.693} \times H^{1.807}$ Q= Caudal en m^3 /s D= Diámetro del círculo, en m H = Altura, en m

Fuente. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas, IDEAM 2002.

En caso de encontrar instalado en el efluente un vertedero con una geometría diferente a las consignadas en la *tabla 3* se debe contar con su ecuación de calibración para calcular el caudal, de lo contrario no puede determinarse este valor en campo.

Los vertederos ofrecen las siguientes ventajas en la medición del agua:

1. Las mediciones de caudal son precisas e instantáneas.

2. La construcción de la estructura es sencilla para las geometrías citadas anteriormente.
3. La duración del dispositivo es larga, desde luego con un buen mantenimiento.
4. Se pueden construir de diversos materiales (aluminio, hierro, concreto, combinación de estos)

Como desventajas se debe tener especial cuidado a que éstos al represar el agua van acumulando sólidos que van a inferir en la calidad del agua y por lo tanto en la representatividad de la muestra.

La elección del tipo y las dimensiones del vertedero se basan, en primera instancia, en el caudal máximo previsto a medir o en los límites del caudal en el caso de corrientes fluctuantes. Debe tomarse en consideración lo siguiente:

- La altura no debe ser inferior a 6 centímetros (cm) para el caudal previsto y no debe exceder de 60 cm.

- Para vertederos rectangulares o trapeciales, la altura no debe exceder de un tercio de la longitud del vertedero.

- Para aforar caudales menores de 30 L/s debe preferirse el vertedor triangular. Para caudales comprendidos entre 30 y 300 L/s el vertedor triangular es tan preciso como el rectangular. (Mediciones de Caudales Fernando Pozo,2015)

5.2.3.3.2 Canaletas

Sumado a la relación caudal – altura presente en los vertederos, las canaletas como elemento aforador consideran el factor velocidad, estas son usadas más comúnmente en cauces artificiales donde:

1. El caudal no puede medirse adecuadamente en un vertedero.
2. Hay una significante cantidad de partículas que podrían llenar un vertedero.
3. La capacidad de la cabeza hidráulica es insuficiente para usar el vertedero.

El diseño típico de una canaleta debe tener lo siguiente:

1. Las secciones rectas del canal deben estar corriente arriba de la entrada de la canaleta.
2. El flujo debe ser bien distribuido a través del canal.

BORRADOR

3. La velocidad corriente arriba del canal debe ser menor que la velocidad critica.
4. La canaleta no debe estar sumergida y debe tener una descarga libre aguas abajo.

5.2.3.3.3 Canaleta Parshall

Método ideado por Ralph Parshall (1920), el cual se utiliza en el aforo de cauces artificiales de poca pendiente y pequeños ríos, en drenes, donde no es conveniente instalar estructuras como vertederos que alteren el régimen del escurrimiento.

Consta de una garganta (W) que produce una elevación de nivel en función del caudal. Está formado por una sección de entrada de paredes verticales convergentes y fondo a nivel, una garganta o estrechamiento de paredes paralelas y fondo descendiente y una sección de salida con paredes divergentes y fondo ascendente. Las Canaletas Parshall se definen por el ancho de la garganta. *(Ver Figura 8).*

Para la determinación del caudal se precisa la medición de la altura del líquido, esta se puede realizar de forma instantánea con sólo una medición de altura, cabe anotar que existen diferentes tipos de instrumentos que permiten llevar a cabo esta medición de forma continua, permitiendo calcular el caudal diario de forma precisa. Igualmente se puede acoplar diferentes tipos de sensores que permiten registrar otros tipos de parámetros diferentes al caudal, como son pH y Temperatura.

La canaleta debe ser construida rigurosamente con las dimensiones dadas o su relación de cabeza descarga de agua residual será invalida.

La única medida de carga necesaria para conocer el caudal se hace en la sección convergente en este punto se mide la altura de agua con una regla o se instala junto a la pared una escala para lecturas. (*Tabla 4)*.

BORRADOR

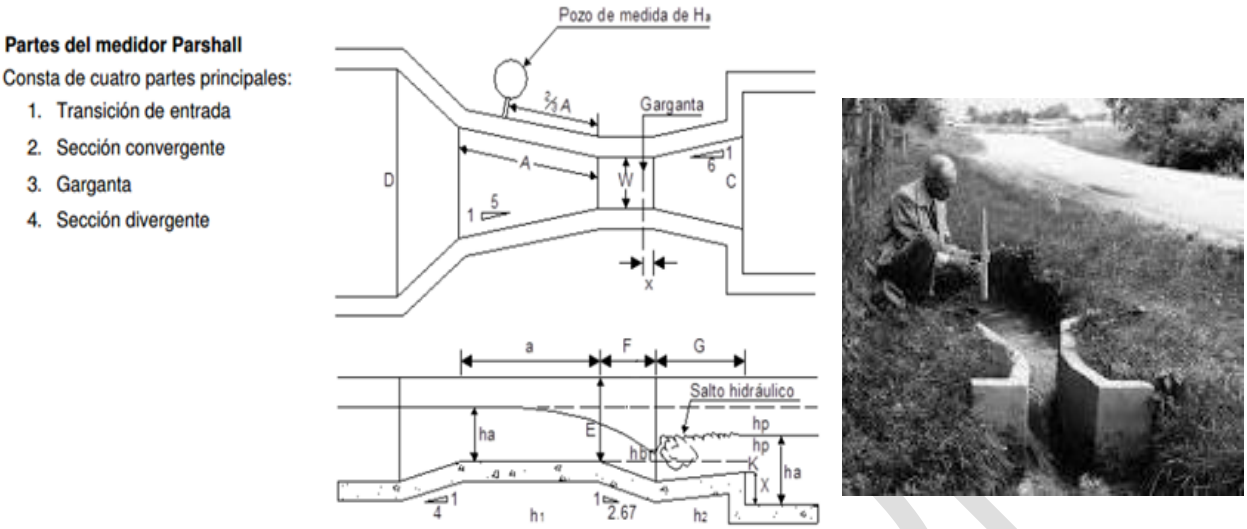


Figura 8. Canaleta Parshall
Fuente: http://bioplastdepuracion.com/index.php?s=noticia&n=36

El cálculo del caudal se da por la siguiente expresión:

$$Q = C\ x\ (H)^n$$

Dónde:

Q = Caudal, m^3 /s
H = Altura de la lámina de agua, m
C y n = coeficientes que dependen de las dimensionales del canal.

Para establecer el ancho de la garganta se debe tener claro en qué rangos de caudales se ubicará el flujo a medir, algunos de los cuales se relacionan en la *tabla 4.* Una vez establecido el ancho de garganta se procede a determinar el valor del caudal (Q) de acuerdo con las ecuaciones de cálculo de la *tabla 5.*

Tabla 4. Ancho de garganta para rangos de caudales del flujo a medir

Ancho de Garganta (W)		Caudal Q (L/s)	
Pulgadas	**cm**	**Mínimo**	**Máximo**
3	7,6	0,85	53,8
6	15,2	1,52	110,4
9	22,9	2,55	251,9
1	30,5	3,11	455,6
1½	45,7	4,25	696,2
2	61,0	11,89	936,7
3	91,5	17,26	1426,3

BORRADOR

4	122,0	36,79	1921,5
5	152,5	62,8	2422,0
6	183,0	74,4	2929,0
7	213,5	115,4	3440,0
8	244,0	130,7	3950,0
10	305,0	200,0	5660,0

Fuente: http://www.hidrojing.com/canal-parshall-casi-cien-anos-midiendo-caudales/, 2021

Tabla 5. Ancho de garganta y fórmula de cálculo de caudal (Q)

Ancho de Garganta, (W)	Ecuación de Calculo caudal, (Q)
W<0.15 m	$Q= 0.3812 \times H^{1.58}$
0.30<Q<2.5 m	$Q=0.3716 \times W (3.281 \times H)^{1.522W0.026}$
2.50<W<15 m	$Q=(2.292 \times W + 0.474) \times H$

Fuente. Manual de Aforos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1992.

5.2.3.3.4 Canal Palmer – Bowlus

Es un dispositivo de medición de caudal a superficie libre, como canales y alcantarillados, mediante un dispositivo hidráulico ubicado en el fondo de los mismos. Su aplicación está enfocada en aforar aguas residuales y aguas para riego.

Diseñados para la instalación en canales de registro existentes y en línea con la tubería de alcantarillado, los canales de Palmer-Bowlus tienen una sección transversal en forma de U para minimizar la transición del flujo a través del canal. La garganta de un canal Palmer-Bowlus es creada por una sección de rampa trapezoidal elevada. A medida que se eleva el piso del canal, las paredes laterales también se contraen.

Como resultado el flujo se acelera a través de la garganta por la combinación del cambio en la elevación del piso y la constricción vertical de las paredes laterales. A diferencia del canal Parshall más común, no hay necesidad de acomodar un cambio en la elevación. Tanto la entrada como la salida del canal Palmer-Bowlus están a la misma elevación *(Ver Figura 9).*

Para la determinación del caudal se utiliza un medidor por ultrasonido (Figura 10*),* el cual debe ser montado de tal manera que la señal ultrasónica pueda pasar sin obstrucción a través de las tuberías, cables, y otras instalaciones.

Figura 9. Canal Palmer – Bowlus
Fuente:https://www.openchannelflow.com/images/cache/assets/uploads/flume_images/palmer-bowlus-flume-in-brick-manhole-775x500.jpg

La principal ventaja es la fácil instalación, debido a que puede ser instalada en conductos ya existentes donde no se requieren caídas, como es requerido en la canaleta Parshall, posee además precisión de medida, baja perdida de energía detecta cambios sensibles de cabeza y provee una mínima restricción de flujo. Tanto la entrada como la salida del canal Palmer-Bowlus están a la misma elevación.

5.2.3.4 Métodos que no utilizan contracciones

5.2.3.4.1 Medición electromagnética

Consiste en un carrete de tubería, de material no magnético que lleva adosado una serie de bobinas, las cuales, una vez conectadas a un circuito eléctrico, crean un campo magnético transversal al tubo.

El fluido al atravesar este campo hace el papel de conductor eléctrico. La fuerza electromotriz inducida en el fluido cuyo valor es proporcional a la velocidad medida del flujo y en consecuencia el caudal, es detectada por dos sensores (Electrodos) instalados en las paredes apuestas al tubo. Un circuito electrónico auxiliar recibe las señales de los sensores y después de procesar esta información determina el caudal que está circulando.

Es importante señalar que la diferencia de potencial entre los electrodos es del orden de milivoltios, por lo que dicha señal tiene que ser amplificada mediante un dispositivo secundario denominado convertidor, que proporciona una señal de salida en miliamperios, en voltios o en impulsos. *(Ver Figura10).*

BORRADOR

Figura 10. Medidor de Caudal electromagnético en tubería de impulsión de agua residual
Fuente. Medidores de Caudal de Aguas Residuales. SEDAPAL, 2016.

Entre las ventajas más fundamentales se pueden señalar las siguientes:

- No presenta ninguna obstrucción al paso del fluido, su pared interna se puede recubrir con revestimientos adecuados para evitar el ataque de fluidos corrosivos.

- Se fabrican en una gama de tamaños superior a la de cualquier otro tipo de medidor y adicionalmente no presentan perdida de carga.

- No son afectados por variaciones en la densidad, viscosidad, presión, temperatura y, dentro de ciertos límites, conductividad eléctrica.

- No son seriamente afectados por perturbaciones del flujo aguas arriba del medidor.

- El líquido cuyo caudal se mide debe tener una razonable conductividad eléctrica. Esto significa que los líquidos acuosos pueden manejarse adecuadamente, lo que no ocurre con líquidos orgánicos.

5.2.3.4.2 Medición por ultrasonido

El ultrasonido se usa para mediciones de control o para detectar de forma rápida el caudal en una tubería, por lo que se trata de un sistema de medición transportable y de fácil instalación. El medidor de caudal por ultrasonido trabaja según el método de diferencia por tiempo de tránsito. El principio de medición del medidor de caudal es bastante sencillo.

BORRADOR

En una medición diagonal en un tubo se necesita menos tiempo para una medición en dirección de la corriente que en contra. Más aumenta el caudal, más tiempo se necesita para medir si la medición es contra la corriente, y menos tiempo si la medición es en dirección de esta. La diferencia entre los tiempos de flujo en dirección de la corriente, o en contra de ella, depende de forma directa de la velocidad del flujo. (*Ver Figura 11).*

El medidor de caudal usa este efecto para determinar la velocidad del flujo y del caudal. Los transductores electroacústicos reciben y emiten breves impulsos ultrasónicos a través del medio que fluye en la tubería. Los transductores se sitúan en dirección vertical de forma desplazada en ambos lados del tubo a medir.

Los sensores no destructivos se colocan sobre el tubo y son fijados por ejemplo con una brida. En poco tiempo la pantalla le indica la velocidad del flujo. El medidor de caudal por ultrasonido puede ser usado en tubos metálicos, de plástico y tuberías de goma.

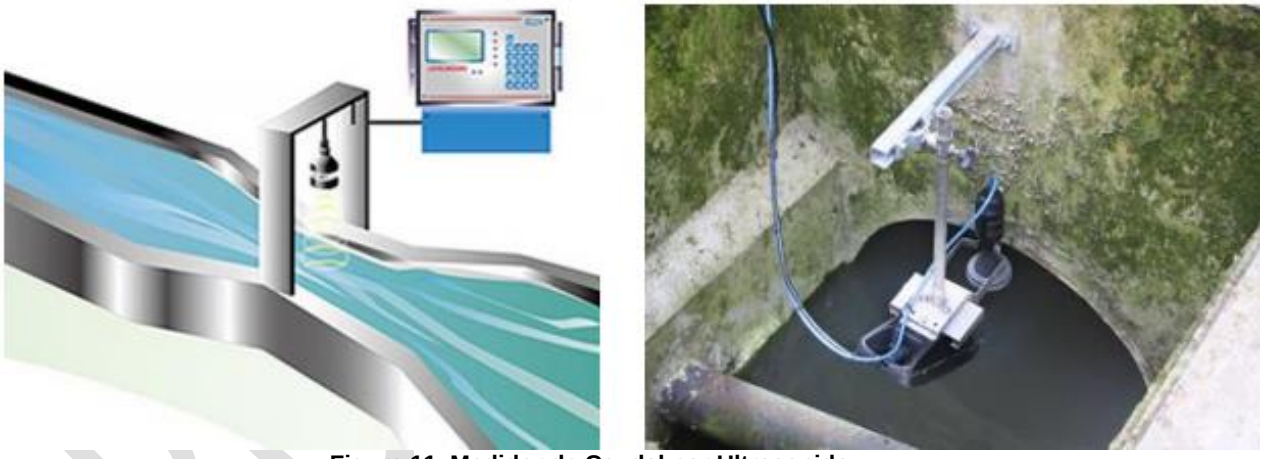


Figura 11. Medidor de Caudal por Ultrasonido
Fuente. Medidores de Caudal de Aguas Residuales. SEDAPAL, 2016.

5.2.3.5 Ventajas y desventajas de los distintos dispositivos de medición de caudal directo.

Los distintos métodos de medición de aforos directos descritos presentan ventajas y desventajas en su aplicación, tema muy relevante en la correcta ejecución de un determinado monitoreo. En la *tabla 6,* se presenta una relación respecto de las ventajas y desventajas de los distintos dispositivos de medición de caudal directo.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de los distintos dispositivos de medición de caudal directo

Método de Aforo Directos	Equipo o dispositivo	Ventajas	Desventajas	Aplicación
Métodos que no utilizan contracciones				
Volumétrico	Recipiente de volumen conocido y cronometro	- Aplicable para bajos caudales de descarga. - Bajo costo de equipamiento - Sencillo y confiable	- Errores con caídas de agua residual muy fuertes. - Requiere calibración del recipiente utilizado	- Recomendado para medición de caudales bajos (≤ 1.0 l/s). -Solo aplicable en descargas de caída libre.
Área-Velocidad	Flotadores	- Para mediciones rápidas de caudales - Fácil de instalar. - No requiere vertedero o canaleta. - No requiere estimar pendiente o rugosidad. - Bajo costo de equipamiento. - No requiere calibración de velocidad.	- Se deben determinar dos parámetros: *la velocidad y la sección transversal* - Aplica para secciones con baja profundidad. - Su uso es limitado a situaciones donde no se requiere mayor precisión. - En corrientes turbulentas no se obtienen buenos resultados. -	- Recomendado para altura de lámina < 0.30 m - En canales a cielo abierto, carentes de estructuras de aforo. -Emplear cuando no sea posible instalar algún otro dispositivo.
Área-Velocidad	Molinete	- Realiza medidas de la profundidad y de la velocidad del flujo. - No requiere vertedero o canaleta. - Aforos precisos para regímenes hidrológicos permanentes. - - No requiere estimar pendiente o rugosidad	- En corrientes turbulentas no se puede realizar por vadeo. - Se deben determinar dos parámetros: *la velocidad y la sección transversal.* - Requiere calibración de velocidad. - Costo alto de equipos - Limitaciones cuando el cauce es muy pequeño y la dirección del flujo es muy cambiante.	- Para velocidades superiores a 0,15 m/s - Para cauces natrales y artificiales con profundidad superior a 0,30 m - Velocidades paralelas en todos los puntos. - Aforo por vadeo: Para profundidad < 1 m y velocidad de la corriente < 1 m/s - Aforo por suspensión: Cuando las condiciones del flujo (profundidad y/o velocidad) presentan amenaza para los operarios y equipos.
Métodos que utilizan contracciones				

BORRADOR

Método de Aforo Directos	Equipo o dispositivo	Ventajas	Desventajas	Aplicación
Métodos que no utilizan contracciones				
Vertedero	Vertederos	- Las mediciones de caudal son precisas e instantáneas - Instalación fácil y a bajo costo. - No son obstruidos por materiales que flotan en el agua. - Se pueden construir de diversos materiales (aluminio, hierro, concreto, combinación de estos). - Dispositivos hidráulicos fijos o removibles -Además de emplearse para medir caudales, sirve para controlar niveles (estructura de rebose)	- La cresta y los laterales del vertedero deben ser rectos y afilados - Aguas abajo del canal no debe haber obstáculos a fin de evitar ahogamiento o inmersión de la descarga del vertedor - No se pueden combinar con estructuras de distribución o derivación - Se anulan las condiciones de aforo y muestreo cuando los sedimentos se depositan en el fondo, por lo que es necesario realizar un mantenimiento continuo .	- Son utilizados para pequeños y medianos caudales. - Se adaptan según la forma geométrica del contorno de apertura. - Pueden distinguirse vertederos rectangulares, trapezoidales, triangulares, parabólicos, etc.- - La elección del tipo de vertedero y sus se basan en primera instancia, en el caudal máximo previsto a medir o en los límites del caudal en el caso de corrientes fluctuantes.
Canaletas	Canaleta Parshall	-Las mediciones de caudal son precisas e instantáneas - No presenta acumulación de sólidos	- Debe ser construida rigurosamente con cambios de elevación para las dimensiones dadas o su relación de cabeza descarga de agua residual será invalida. - Tiene mayor costo y mayor complejidad de instalación.	- Usado en aforo de cauces artificiales de poca pendiente y profundidad, donde no es conveniente instalar estructuras como vertederos que alteren el régimen del escurrimiento. (Canales de riego).

BORRADOR

Método de Aforo Directos	Equipo o dispositivo	Ventajas	Desventajas	Aplicación
Métodos que no utilizan contracciones				
Ultrasonido	Canal Palmer	-Las mediciones de caudal son precisas e instantáneas. - Se trata de un sistema de medición transportable y de fácil instalación - Puede ser instalada en conductos ya existentes donde no se requieren cambios de elevación, como es requerido en la canaleta Parshall. - Provee una mínima restricción de flujo - No existe contacto con el líquido. - No necesitan mantenimiento	- Presentan obstrucción en la medición por influenciable por espuma, turbulencias, vapores y cambios fisicoquímicos del fluido.	- Para medición de caudal a superficie libre, como canales y alcantarillados. - Su aplicación está enfocada en aforar aguas residuales y aguas para riego. - Puede ser usado en tubos metálicos, de plástico y tuberías de goma. - Hasta 220 m de profundidad en pequeños a grandes ríos. - Para Velocidades hasta 9 m/s
Electromagnética	Caudalímetros electromagnéticos	- No presenta ninguna obstrucción al paso del fluido. - Se fabrican en una gama de tamaños superior a la de cualquier otro tipo de medidor y adicionalmente no presentan perdida de carga. -No son afectados por variaciones en la densidad, viscosidad, presión, temperatura - No son afectados por perturbaciones del flujo aguas arriba del medidor. - No necesitan mantenimiento	-Altos costos de instalación. - Alto consumo de energía. - El líquido cuyo caudal se mide debe tener una razonable conductividad eléctrica.	- Son aptos para medición de todos los líquidos conductivos, como agua, ácidos, bases y lodos. - Los caudalímetros electromagnéticos se utiliza principalmente en gestión de aguas residuales y en las industrias de procesos

Fuente: Autor. Adaptado Guía de Practicas Hidrológicas OMM, 1994, Protocolos de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales OMA, Perú 2014, Manual Operativo de la Norma de Muestreo de Agua Residual, Chile 2010.

BORRADOR

5.3 Frecuencia de monitoreo

La frecuencia de monitoreo se establece para medir los cambios sustanciales que ocurren en determinados periodos de tiempo, a fin de realizar el seguimiento periódico respecto a las variaciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos ligados al agua residual.

La frecuencia de monitoreo de las aguas residuales se establecerá teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Las variaciones en el volumen de aguas residuales generadas por la actividad.

- Capacidades productivas y económicas de actividades. (Tamaño de las empresas).

- Actividades del programa de vigilancia y control de autoridades ambientales y entes de control y otorgamientos de permisos, licencias y/o autorizaciones ambientales.

- Obligación de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado de presentar al prestador del servicio, la caracterización de sus vertimientos (Artículo 2.2.3.3.4.17 Decreto 1076 de 2015).

- Se consideraron variaciones estadísticas de caudales de aguas residuales generadas para las diferentes actividades, con el reporte histórico entregado por los diferentes actores del recurso hídrico. (388 caracterizaciones).

- Para empresas prestadoras se consideró lo establecido en el artículo 8o de la Resolución 631 de 2015 (Carga/PTAR).

En el *Anexo 1* se establece la frecuencia mínima de recolección de muestras puntuales del monitoreo para vertimientos directos a un cuerpo de agua o a sistema de alcantarillado sanitario. Igualmente en el *Anexo 2 y Anexo 3* se establecen la periodicidad mínima con que se deben presentar a la autoridad ambiental y a las empresas prestadoras del servicio público domiciliario de alcantarillado, sin embargo las autoridades ambientales competentes como administradoras del territorio podrán establecer controles específicos en cuanto a la frecuencia y periodicidad de muestreo en caso de situaciones particulares debidamente sustentadas.

Para establecer la frecuencia mínima de recolección de muestras puntuales del monitoreo para vertimientos directos a un cuerpo de agua o al sistema de

BORRADOR

alcantarillado sanitario, se deberá conocer con anticipación el tipo de descarga que se realiza producto de la actividad generadora, de acuerdo con las definiciones establecidas en el numeral 4.1 del presente protocolo.

Para muestras provenientes de procesos que realizan descargas periódicas regulares, no aplicará la frecuencia del Anexo 1 y se deberá realizar mediante un monitoreo de tipo puntual, en el cual se deben conocer el volumen del recipiente donde se almacena el agua residual y el tiempo de almacenamiento, con el objeto de calcular el caudal real, cuando se realice la descarga del vertimiento.

5.3.1 Medición de Aforos Indirectos

Los métodos indirectos generalmente son utilizados en corrientes superficiales con el objeto de conocer los caudales diarios a partir de la variación de los niveles de agua en la corriente, siendo parte de un programa de monitoreo constante, siendo los más utilizados el aforo con limnímetro y aforo con limnígrafo. Considerando que los métodos indirectos hacen parte de un programa general que está determinado por otras variables que permiten determinar el aforo, estos métodos no serán descritos en el presente protocolo, en todo caso al querer ahondar en la materia existe literatura especializada sobre el tema.

5.4 Monitoreo de Calidad

Es el proceso sistemático de recolectar muestras de agua residual con el objeto de analizar y utilizar la información para verificar el cumplimiento de la normatividad actual vigente en materia de vertimientos Resolución 631 de 2015, por la cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Se utiliza además para realizar un seguimiento periódico al progreso de un programa de control de vertimientos, en pos de la consecución de sus objetivos y metas.

5.5 Metodología Muestreo

El muestreo debe ser realizado por personal capacitado, quien bajo un procedimiento de muestreo y teniendo en cuenta las instrucciones de calibración de equipos para la medición de los parámetros en campo realizará la recolección representativa de la muestra dependiendo del tipo de muestreo (puntual o compuesto) y registrará la información del muestreo en los formatos diseñados para mantener la trazabilidad y custodia de la muestra.

El monitoreo de calidad del agua incluye la medición de parámetros in situ (caudal, pH, temperatura, Solidos Sedimentables).

BORRADOR

Se debe tener precaución con las condiciones de preservación, conservación, identificación y transporte al laboratorio de las muestras recolectadas para realizar las corridas analíticas. La etapa de recolección de muestras es determinante en los resultados analíticos, si las muestras no son recolectadas de manera adecuada los resultados no serán confiables.

5.5.1 Parámetros para monitorear

Los parámetros para monitorear corresponderán a los señalados en la Resolución 631 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya, para cada actividad en particular establecida.

5.5.1.1 Medición de parámetros de campo

Antes de realizar la lectura de la muestra se deberán calibrar con anticipación el equipo de medición (pH-metro), siguiendo los procedimientos y recomendaciones del proveedor, diligenciando los resultados de calibración de los equipos portátiles en el formato respectivo disponible para cada equipo, preferiblemente en el laboratorio y posteriormente en campo las verificaciones. En todo caso las Autoridades Ambientales podrán solicitar adicionalmente, los soportes de las calibraciones de equipos vinculados al muestreo. Las condiciones para la medición de estos parámetros deberán realizarse según lo establecido en los métodos de referencia acreditados por el IDEAM, no obstante, se podrán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Diligenciar el formato de captura de datos de campo con la toda la información básica requerida para la radicación de la muestra.

2. Con ayuda del geoposicionador (GPS) y del altímetro, determinar la latitud, longitud y altitud del sitio exacto de vertimiento y registrarlos en el formato de captura de datos, en el numeral correspondiente. Si la unidad productiva tiene más de dos puntos de vertimiento, se deberá georreferenciar cada uno de ellos.

   Para tomar las lecturas de los parámetros de campo, Temperatura (T), potencial de Hidrogeno (pH), Sólidos Sedimentables, siga los procedimientos establecidos e implementados según los correspondientes métodos de referencia o estandarizados y avalados por el IDEAM *(Ver Figura 12*).

3. Una vez estabilizado el reporte de valor en el equipo anote el valor en el formato de campo respectivo.

BORRADOR

4. Lavar los electrodos del equipo con abundante agua preferiblemente destilada o desionizada, ya que los valores extremos que presentan las aguas residuales podrían deterioran afectar las condiciones de calibración del equipo, más rápidamente.

5. Seque el electrodo y guarde adecuadamente. En algunos casos el electrodo necesita conservarse en una solución salina, antes de guardar coloque el electrodo en la capucha con la solución de hidratación.

5.5.2 Clases de Muestreo para monitoreo de Vertimientos de Aguas Residuales.

Las técnicas de monitoreo descritas a continuación aplicaran para monitoreo compuesto y puntual dado que el monitoreo integral aplica para corrientes superficiales.

5.5.2.1 Procedimiento manual monitoreo compuesto.

Una muestra compuesta es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras.

A continuación, se presenta la descripción general del procedimiento para la realización de monitoreo compuesto, sin embargo, se deberán tener en cuenta las técnicas de acreditación que tiene cada laboratorio para la toma y preservación de cada parámetro para las situaciones y particularidades que se puedan presentar al momento de realizar el monitoreo.

En la ejecución de muestreo compuesto de aguas residuales de forma manual se deberán seguir las instrucciones descritas a continuación:

1. Preparar los recipientes a utilizar de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar. En el *Anexo 6* "*Requerimientos para envase, preservación y almacenamiento de muestras*", se encuentra una descripción detallada del tipo de recipiente a emplear, los cuales son avalados por el ente acreditador (IDEAM).

2. Etiquetar (Rotular) los recipientes con papel a prueba de agua, y emplear tinta indeleble para diligenciar la información. De manera alternativa, la información de la muestra puede escribirse directamente en el recipiente de la muestra, siempre que la escritura se haga mediante un mecanismo indeleble. Si se emplean tanto marcas como rótulos, se debería tener cuidado para garantizar

BORRADOR

que la información de ambos sea idéntica. (*GTC 100: 2004 Guía para los procedimientos de cadena de custodia de muestras o aquella que la actualice o sustituya)*. Las etiquetas deben diligenciarse antes o inmediatamente después de la toma de muestras y contener los espacios para el diligenciamiento de la información requerida. En el *Anexo 5*, se muestra un ejemplo de etiquetado, sin embargo, puede emplearse cualquier otro tipo de etiquetas, siempre y cuando estén acreditadas o avaladas y puedan ser trazables cumpliendo a cabalidad la información del punto.

3. Medir el caudal del efluente preferiblemente por el método volumétrico u otro método que garantice mediciones precisas y confiables, con menor grado de incertidumbre (Medición electromagnética, Medición por Ultrasonido), frente al volumétrico. Adicionalmente, se deberán tener en cuenta las estructuras ya implementadas por el usuario para este fin (Canaletas, vertederos, entre otros).

4. Purgar el recipiente de recolección de alícuotas de acuerdo con las metodologías y procedimientos establecidos por los laboratorios que cuentan con la acreditación requerida.

5. Repetir el proceso cuantas veces sea necesario para obtener una muestra compuesta en el periodo de tiempo establecido, de acuerdo con la frecuencia de monitoreo. (*Anexo 1*).

6. Componer la muestra, según se haya establecido en la frecuencia del plan de monitoreo *(Ver Figura 13*).

7. Obtener la muestra compuesta mezclando en un recipiente con agitación constante los volúmenes de cada porción necesarios según la siguiente fórmula:

$$Vi = \left(\frac{V}{n * Qp}\right) * Qi$$

Dónde:

Vi = volumen de cada alícuota o porción de muestra,
V = volumen total a componer (pueden ser 10 L),
Q_i = caudal instantáneo de cada muestra,
Qp = caudal promedio durante el monitoreo
n = número de muestras tomadas

BORRADOR

8. Purgar todos los recipientes ya rotulados y proceder a llenarlos con suficiente volumen de muestra, nunca sumergirlos en la muestra compuesta y evitar la inclusión de objetos flotantes y/o sumergidos

9. Registrar en el formato de captura de datos en campo todas las observaciones a que haya lugar durante el monitoreo.

Figura 12. Monitoreo de parámetros de campo
Fuente: Registro Fotográfico SRHS-Secretaría Distrital de Ambiente, 2021.

Figura 13. Preparación de muestra compuesta
Fuente: Registro Fotográfico SRHS-Secretaría Distrital de Ambiente, 2021.

5.5.2.2 Procedimiento Manual monitoreo puntual o simple.

La muestra puntual corresponde a una muestra individual representativa en un determinado momento.

A continuación, se presenta la descripción general del procedimiento para la realización de monitoreo puntual, sin embargo, se deberán tener en cuenta las técnicas de acreditación que tiene cada laboratorio para la toma y preservación de cada parámetro para las situaciones y particularidades que se puedan presentar al momento de realizar el monitoreo.

1. Preparar los recipientes a utilizar de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar. En el *anexo 6* "*Requerimientos para envase, preservación y almacenamiento de muestras"*, se encuentra una descripción detallada del tipo de recipiente a emplear, los cuales son avalados por el ente acreditador (IDEAM).

2. Rotular los recipientes con papel a prueba de agua, y emplear tinta indeleble para diligenciar la información. De manera alternativa, la información de la muestra puede escribirse directamente en el recipiente de la muestra, siempre que la escritura se haga mediante un mecanismo indeleble. Si se emplean tanto marcas como rótulos, se debería tener cuidado para garantizar que la información de ambos sea idéntica. (GTC 100: 2004 Guía para los procedimientos de cadena de custodia de muestras o aquella que la actualice o sustituya).

   En el *Anexo 5,* se muestra un ejemplo de etiquetado (*Figura 15),* sin embargo puede emplearse cualquier otro tipo de etiquetas, siempre y cuando estén acreditadas o avaladas y puedan ser trazables cumpliendo a cabalidad la información del punto.

3. La recolección puntual de muestras se efectúa en lo posible directo en el flujo del agua residual, disponiéndola inmediatamente en los recipientes rotulados y con los respectivos preservantes (si aplica), de acuerdo con los parámetros a analizar.

4. No enjuagar los recipientes que contienen preservantes. Aquellos recipientes que no tengan preservante en su interior como por ejemplo las muestras de pH natural se deben purgar como mínimo 2 veces con el agua residual que se recolectará.

5. Procurar no contaminar los recipientes destinados a muestras microbiológicas, tomando como referencia los métodos estandarizados para muestreo puntual.

6. Para la recolección de la muestra para el análisis de Aceites y Grasas se realizará ubicando directamente el recipiente bajo el flujo del vertimiento, evitando que se rebose, tomando como referencia los métodos estandarizados para muestreo puntual y avalado por el IDEAM.

6. Recolectar una muestra representativa para medir Sólidos Sedimentables (SSed) de acuerdo a los correspondientes métodos de referencia siga los procedimientos establecidos e implementados según los correspondientes métodos de referencia, estandarizados y avalados por el IDEAM.

BORRADOR

7. Llenar los recipientes dejando un espacio para evitar la expansión térmica y cerrar inmediatamente.

5.5.2.3 Preservación de muestras

A continuación, se relacionan las etapas de preservación de muestras de aguas residuales. Las siguientes recomendaciones se emplean para muestras puntuales o compuestas. Si se desean conocer directrices más específicas referentes a preservación y manejo de muestras puede ser consultada la Norma Técnica Colombiana NTC –ISO 5667-3 y el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF. Edición actual. Section 1060.

1. Preservar las muestras dependiendo del parámetro a analizar, según se relaciona en el *Anexo 6.* Requerimientos para envase, preservación y almacenamiento de muestras.

2. Con el fin de conservar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas hasta su correspondiente análisis. La cantidad del presentante puede depender de las condiciones iniciales de la muestra o de la capacidad tampón de la misma.

3. En caso de muestras de lixiviados, se debe agregar el preservante a los recipientes antes de llenarlas con muestra.

4. Tapar cada recipiente, agitar y dejar espacio dentro de él para evitar la expansión térmica y cerrar inmediatamente.

5. Colocar los recipientes rotulados dentro de las cajas térmicas (neveras), agregar hielo suficiente para refrigerar y garantizar la temperatura de la muestra durante el tiempo de transporte hasta el laboratorio.

6. Enjuagar con agua destilada o ionizada los instrumentos de campo utilizados en el monitoreo.

7. Diligenciar el formato de campo y enviarlo junto con las muestras al laboratorio, preferiblemente el mismo día del monitoreo.

5.5.2.4 Muestras en blanco de campo

Todo muestreo que se realice deberá garantizar un muestreo de blancos, los cuales se emplean para identificar los errores relacionados con la contaminación de los recipientes de muestreo y el proceso de muestreo. Se debe preparar una

BORRADOR

solución blanco en campo con agua desionizada, preservada y manejada de la misma manera que las muestras regulares (analito). Los recipientes para blancos deberían siempre ser tomados, preservados y analizados como una verificación para saber si son adecuados y también, si lo es, el procedimiento de preservación.

La técnica de muestras en blanco de campo se encuentra descrita en la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-14 Calidad del Agua. Muestreo. Parte 14: Guía para el Control de la Calidad en el Muestreo y el Manejo Ambiental del Agua, 1999.

5.5.2.5 Embalaje y transporte de las muestras

La etapa de transporte de las muestras es de gran importancia en un monitoreo de aguas residuales, debido a que la composición original de las muestras se puede alterar si no se contemplan las condiciones de preservación apropiadas. A continuación, se presentan algunas recomendaciones para el transporte de muestras de agua residual, sin embargo se deberán tener en cuenta los procedimientos establecidos por los laboratorios acreditados.

1. Las muestras recolectadas deberán transportarse en neveras acondicionadas con hielo o pilas de enfriamiento garantizando una temperatura de 1±5 °C. El enfriamiento simple y el almacenamiento de la muestra en la oscuridad para evitar exposición a la luz es en la mayoría de los casos suficientes para preservar la muestra durante el transporte al laboratorio y durante un período de tiempo relativamente corto antes del análisis. El enfriamiento no se puede considerar como un medio de almacenamiento a largo plazo, particularmente en el caso de muestras de aguas residuales.

2. Los recipientes deben ser embalados con cuidado para evitar roturas y derrames de los mismos *(Ver Figura 14).*

3. Las muestras recolectadas para análisis fisicoquímicos deberán entregarse al laboratorio en el menor tiempo posible, preferentemente dentro de las 24 horas de realizado el monitoreo. En el caso de muestras para análisis microbiológico se recomienda que sean entregadas al laboratorio máximo a las doce (12) horas después de realizado el monitoreo.

BORRADOR

Figura 14. Manipulación y embalaje de muestras
Fuente: Registro Fotográfico SRHS-Secretaría Distrital de Ambiente, 2021.

5.5.2.6 Control y entrega de las muestras

La última parte del monitoreo debe señalar el destino final de las muestras, que corresponde al laboratorio de ensayo, identificando el responsable de su recepción, además de la fecha y hora en que fueron entregadas y dejaron por tanto de ser responsabilidad de la entidad de monitoreo.

Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de la Cadena de Custodia; documento que en caso de ser enviado en forma directa al laboratorio por medio de una agencia de transporte será remitido dentro de las neveras, colocado en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore. (Ver *Anexo 5* - Requisitos mínimos para etiqueta de identificación de muestras de agua).

5.5.2.7 Cadena de Custodia

Complementario a las planillas de terreno, se debe contar con un formulario de registro de cadena de custodia, que acompañará en todo momento a las muestras desde su recolección, ya sea puntual o compuesta, hasta su recepción en el laboratorio. En este documento, se deberá evidenciar una clara delimitación de responsabilidades entre entidad de monitoreo, transportista (si lo hubiera) y laboratorio a cargo de los ensayos. La cadena de custodia debe contener además de los antecedentes respecto a las muestras recolectadas, toda la información referente al transporte, recepción y aceptación de estas en el laboratorio. Los datos mínimos que completar en la cadena de custodia son:

1. Identificación de la Empresa monitoreada
2. Identificación de la muestra
3. Identificación (código u otra) de recipientes contenedores recibidos desde el laboratorio

BORRADOR

4. Número y tipo de recipientes y preservantes
5. Medio de transporte
6. Horario de transporte (partida y llegada)
7. Sistema de refrigeración aplicado en el transporte.
8. Control de la cadena de frío y método de medición de temperatura.
9. Nombre y firma de la persona responsable del transporte
10. Cualquier observación relevante sobre el transporte
11. Nombre y firma de la persona responsable de entregar muestras en laboratorio
12. Análisis requeridos por cada muestra
13. Recepción conforme de las muestras por parte del laboratorio
14. Cualquier observación relevante sobre la entrega/recepción de muestras

6 Procedimientos Analíticos y Reporte de Resultados.

Uno de los principales aspectos es el control de calidad referente a las técnicas analíticas del proceso de monitoreo de aguas residuales, cuyo propósito es asegurar la correcta ejecución del monitoreo en terreno y por tanto la validez de los ensayos que sobre las muestras se practiquen y el reporte de datos obtenido.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 2.2.8.9.1.5 del Decreto 1076 de 2015-*Parágrafo 2*, los laboratorios que produzcan información cuantitativa física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por autoridades ambientales competentes, y los demás que produzcan información de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y los recursos naturales renovables, deberán poseer el certificado de acreditación correspondiente otorgado por los laboratorios nacionales públicos de referencia del IDEAM, con lo cual quedarán inscritos en la red. (Artículo 5 del Decreto 1600 de 1994).

La campaña de monitoreo debe tener en cuenta la capacidad de análisis del laboratorio en cuanto a la cantidad de muestras que pueden ser procesadas y los parámetros medidos, límites de detección de acuerdo con los parámetros requeridos, métodos de ensayos, certificaciones y el horario de atención. Es importante el uso de las cantidades adecuadas de cifras significativas requeridas empleadas en los resultados obtenidos de acuerdo con la evaluación del método del laboratorio.

Los laboratorios encargados deberán realizar los análisis y reporte de resultados, para lo cual tendrán en cuenta la siguiente documentación, que será empleada por los técnicos responsables, quienes la utilizarán para llevar a cabo los monitoreos de aguas residuales:

BORRADOR

1. Instructivos de trabajo escritos para el manejo, uso, verificación de funcionamiento, contrastación y/o calibración de todos los equipos e instrumentos involucrados.
2. Instructivos de trabajo escritos para llevar a cabo las mediciones in situ, de los distintos parámetros que así lo requieren.
3. Instructivos de trabajo escritos para las mediciones de caudales.
4. Instructivos de trabajo escritos para la recepción de los recipientes desde el laboratorio, protegerlos y mantenerlos en condiciones según norma, hasta que sean ocupados.
5. Instructivos de trabajo escritos para llevar a cabo la recolección de las muestras, en sus diferentes tipos puntuales, compuestas, bacteriológicas, fisicoquímicas.
6. Instructivos de trabajo escritos para el manejo y preservación de las muestras durante los tiempos máximos permitidos, tipos de recipientes y preservantes.
7. Instructivos de trabajo escritos para llevar a cabo el transporte de las muestras, desde su origen, hasta el laboratorio de destino.
8. Instructivos de trabajo escritos para proceder a las repeticiones, coordinaciones y avisos pertinentes, cuando se produzca un rechazo de ingreso de las muestras por parte del laboratorio.

6.1 Análisis en Laboratorio

Los métodos de referencia para el análisis de los parámetros de laboratorio están definidos y acreditados por el IDEAM, al igual existe literatura a nivel mundial como es el caso del Standard *Methods for the Examination of Water and Wastewater*, edición actual, por lo que la descripción detallada de cada técnica o método excede el alcance de este Protocolo, sin embargo, es importante tener en cuenta los siguientes conceptos en esta etapa:

1. *La concentración más baja del analito de interés,* la cual es fundamental para la selección de métodos de análisis. Normalmente se define por normativa o como estándar internacional, y sirve como una guía para el establecimiento de las técnicas de monitoreo y los límites de cuantificación aceptable para los métodos analíticos que se utilizarán.

2. Los laboratorios que realizan los monitoreos y análisis deben estar acreditados por el ente acreditador (IDEAM) en la Norma NTC ISO/IEC 17025:2017 *"Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración*, o aquella que la actualice, modifique o sustituya.

BORRADOR

3. El laboratorio podrá subcontratar aquellos parámetros que no cubran su acreditación o su acreditación no esté vigente, con otros laboratorios debidamente acreditados.

4. es importante mencionar el uso de la cantidad adecuada de cifras significativas requeridas que puedan ser representativas de acuerdo con la evaluación del método del laboratorio.

6.2 Muestras en blanco de campo

Las muestras en blanco se emplean para identificar los errores relacionados con la contaminación de los recipientes de muestreo y el proceso de muestreo. Se debe preparar una solución blanco en campo con agua desionizada, preservada y manejada de la misma manera que las muestras regulares (analito). Los recipientes para blancos deberían siempre ser tomados, preservados y analizados como una verificación para saber si son adecuados y también, si lo es, el procedimiento de preservación.

La técnica de muestras en blanco de campo se encuentra descrita en la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-14 Calidad del Agua. Muestreo. Parte 14: Guía para el Control de la Calidad en el Muestreo y el Manejo Ambiental del Agua.1999, o aquella que la actualice, modifique o sustituya.

6.3 Presentación y Entrega de Resultados

La presentación y entrega de resultados deberá realizarse mediante un informe integrado confiable. El informe de caracterización se requiere por parte de la Autoridades Ambientales para evaluar el cumplimiento de la normatividad ambiental en la materia (Resolución 631 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya),

A continuación, se presentan los principales aspectos que deberá contener el informe de caracterización, cumpliendo estrictamente lo establecido en la NTC-ISO/IEC 17025, para tal fin.

1. Información general de la empresa: Razón social, localización, número de empleados (total y por jornada), número de turnos, jornada laboral diaria y mensual.

2. Descripción del proceso productivo definiendo las principales materias primas utilizadas y las cantidades, al igual que las cantidades de los productos y subproductos terminados. (Cuando aplique).

BORRADOR

3. Sistema de abastecimiento: Nombre de la fuente, caudal otorgado, consumo diario en litros, porcentaje utilizado para consumo industrial y doméstico. (Cuando aplique).

4. Descripción de los Sistemas de Tratamiento de aguas residuales existentes, determinando cantidades, tipos de sistemas, disposición y localización.

5. Datos de campo. (Temperatura Ambiente, Condiciones meteorológicas)

6. Descripción del proceso de toma de muestras, período del monitoreo, método de aforo empleado, frecuencia de la toma de muestras y los datos de campo correspondientes a Temperatura, pH y Caudal (Indicar las alícuotas tomadas a partir de los caudales registrados).

7. Reporte en original de los resultados del laboratorio donde se analizaron las muestras, anexando los documentos que soporten la acreditación de los Laboratorio que realizaron el monitoreo y los ensayos en laboratorio.

8. Los informes de resultados deberán cumplir estrictamente con lo establecido en la NTC-ISO/IEC 17025, adicionalmente se deben incluir límites de detección y cuantificación, incertidumbre de la medición de los parámetros analizados, se debe anexar copias de las cartas de control con los respectivos límites de control, resultados de participación en ensayos de aptitud para los parámetros analizados y certificados de calibración de los equipos de medición que así lo requieran.

9. Todos los parámetros para los cuales se preste el servicio deberán estar acreditados por el IDEAM bajo la NTC-ISO/IEC 17025, en caso de que uno de éstos no cuente con la acreditación se deberá establecer con claridad el convenio o documento equivalente (responsabilidades específicas) con el cual se subcontrataron los parámetros faltantes. Todo alcance acreditado se debe verificar en la página web del IDEAM en el siguiente enlace:

   http://www.IDEAM.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/acreditacion.

   Nota: Se aceptarán los resultados de análisis que provengan de laboratorios extranjeros acreditados por otro organismo de acreditación, hasta tanto se cuente con la disponibilidad de capacidad analítica en el país, (Articulo 18 Resolución 631 de 2015).

10. Los límites de cuantificación de los parámetros requeridos para la actividad o sector específico (Resolución 631 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya), reportados por el laboratorio acreditado, deberán ser iguales o menores a los límites máximos permisibles del parámetro en particular.

BORRADOR

11. Análisis e interpretación de resultados.

12. Comparación del cumplimiento con relación a la norma de referencia.

13. Conclusiones y recomendaciones sobre la eficiencia de los sistemas de tratamiento.

14. Anexo en original de los datos y observaciones obtenidas en el trabajo de campo.

15. Registro fotográfico del punto de toma de muestras y su área aferente.

6.4 Cargue de información en el Sistema de Información del Recurso Hídrico-SIRH.

En los casos en los cuales el monitoreo sea realizado y validado por la Autoridad Ambiental competente, esta podrá cargar la información que se genere en su sistema de información o en el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH)

Esta información podrá ser utilizada con el objeto de transmitirla con propósitos específicos (Mostrar tendencias, ilustrar variaciones en cuanto al cumplimiento de la normatividad, etc.).

Podrá se ilustrada en formas gráficas, para determinar el resultado de la calidad del vertimiento y mejorar la presentación de resultados y su interpretación, tanto para el manejador del ambiente como para el científico y el público en general.

BORRADOR

7 Bibliografía

Asociación Nacional de Industriales (ANDI, 1997). Manual de Caracterización de Aguas Industriales. 2ª ed. Medellín, Ideas Gráficas Ltda.

Congreso de la República (22 de diciembre de 1993). Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. [Decreto 99 de 1993].DO: 51.635. secretariasenado.gov.co › senado › basedoc › ley 0099 1993

IDEAM, Versión 3. (2007) Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales.

IDEAM (2007) Protocolo para Monitoreo y Seguimiento del Agua.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 1995) NTC-ISO 5667-1. Calidad del Agua. Muestreo. Directrices para el Programa de Monitoreo.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 1995) NTC-ISO 5667-2. Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestro. Técnicas Generales de Monitoreo.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2004) NTC-ISO 5667-3. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 3: Directrices para la Preservación y Manejo de las Muestras.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 1999) NTC-ISO 5667-14. Calidad del Agua. Muestreo. Parte 14: Guía para el Control de la Calidad en el Muestreo y el Manejo Ambiental del Agua

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2002). Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (26 de mayo de 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible [Decreto 1076 de 2015].DO:49.523. normograma.info › men › docs › pdf › decreto1075 2015

Organización Meteorológica Mundial, Guía de Practicas Hidrológicas, 2011.

BORRADOR

Pérez, Ramiro Marbello (2005). Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica (Trabajo de Posgrado en Aprovechamiento de Recurso Hidráulicos). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Presidencia de la República (18 de diciembre de 1974), Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente [Decreto 2811 de 1974].DO:34.243. normograma. info › men › docs › pdf › decreto 2811 1974

BORRADOR

ANEXOS.

Anexo 1. Frecuencia de toma de muestras puntuales para composición.

Tabla 7. Frecuencia de toma de muestras para Composición

Descarga del vertimiento (Horas/día)	Numero de muestras para composición	Intervalo entre toma de muestras simples (minutos)	
		Mínimo	Máximo
Menor que 2	Mínimo 2	15	30
De 2 a 4	Mínimo 6	15	30
De 4 a 6	Mínimo 8	20	45
De 6 a 8	Mínimo 10	30	45
Mayor que 8 y hasta 12	Mínimo 18	30	45
Mayor que 12 y hasta 18	Mínimo 18	30	45
Mayor que 18 y hasta 24	Mínimo 24	45	60

Fuente: Autor, 2021.

BORRADOR

Anexo 2. Periodicidad reporte de caracterizaciones de vertimientos de Empresas Prestadoras a Autoridad Ambiental.

Tabla 8. Periodicidad Reporte de caracterizaciones de vertimientos de Empresas Prestadoras a Autoridad Ambiental

AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES		
Carga (Kg/día)	**Frecuencia de monitoreo y análisis***	**Frecuencia reporte de caracterizaciones a (A.A) ***
Carga mayor a 3.000,00 kg/día DBO_5	Mensual	Mensual
Carga mayor a 625,00 kg/día y menor o igual a 3.000,00 DBO_5	Trimestral	Trimestral
Carga menor o igual a 625,00 kg/día DBO_5	Semestral	Semestral

Fuente: Autor, 2021.

BORRADOR

Anexo 3. Periodicidad reporte de datos a empresas prestadoras.

Para determinar los rangos de caudal para frecuencia de monitoreo se realizó con una población de 380 caracterizaciones de usuarios asociados a actividades industriales y comerciales donde se generaba agua residual no doméstica. Los resultados arrojados, permitieron escoger los percentiles 80 y 90, por ser los más representativos en cuanto a tendencias analizadas.

La frecuencia de monitoreo y de reporte de caracterizaciones se estableció de acuerdo con los valores de caudal establecidos para los percentiles señalados, para lo cual y a manera de ejemplo, vertimientos con valores de caudal por encima del percentil 90 (> 2,10) realizar el monitoreo de manera trimestral (cuatro (4) al año) y el reporte a la empresa prestadora de manera semestral (dos (2) reportes por semestre).

Tabla 9. Reporte de caracterizaciones de vertimientos de usuarios a empresas prestadoras o Autoridad Ambiental para actividades contempladas en la Resolución 631 de 2015

FRECUENCIAS DE MONITOREO Y DE REPORTE DE CARACTERIZACIONES		
Caudal (L/s)	**Frecuencia de monitoreo y análisis**	**Frecuencia reporte de caracterizaciones a empresa prestadora**
> 2,10	Trimestral	Semestral
0.89 a 2,10	Semestral	Semestral
0,01 a 0,88	Anual	Anual

Fuente: Autor, 2021.

Tabla 10. Percentiles para determinar rangos de caudal y frecuencia de monitoreo.

Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	percentil 80	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
0,07	0,154	0,546	0,8846	2,0601	4,4231	18,1672

Fuente: Autor, 2021.

BORRADOR

Anexo 4. Equipos y materiales mínimos para la realización del programa de monitoreo.

Tabla 11. Equipos y Materiales para la Realización del Programa de Monitoreo

PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CAMPO	
Formato de captura de datos	Medidor de pH
Geoposicionador	Termómetro sin mercurio
Instructivo para toma de muestras	Sonda multiparamétrica
Reactivos y aditamentos de calibración	Cono Imhoff 1lt, para la medición de solidos sedimentables.
Recipientes plásticos preferiblemente con tapa.	Copia de manuales de fabricante del equipo.
PARA LA TOMA DE MUESTRAS	
Nevera de Poliestireno o plástico.	Beaker plástico de 100 recipientes
Hielo	Probeta plástica graduada de 1000 o 2000 recipientes
Sustancias preservantes.	Recipiente para componer la muestra
Reactivos para preservación de muestras	Recipiente lavador con agua destilada o desionizada
Cuerda de Nylon, Manila.	Recipientes plásticos y vidrio preferiblemente con tapa.
Papel Absorbente	Recipientes de 50 o 100 recipientes con gotero graduado
Bolsas Plásticas	Papel indicador universal
Ficha de Seguridad de los preservantes	Pipeteador
Cinta Pegante o de enmascarar	Flexómetro / Regla
Calculadora	Cronómetro
Tabla con formatos	
EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL Y AUXILIAR	
Guantes de caucho / latex/ carnaza	Botas de Caucho
Gafas de seguridad	Capa Impermeable
Mascara respiradora con filtros para ácidos y vapores orgánicos.	Linterna con pilas extras
Casco Liviano	Sacudidor o toalla de manos.
Impermeable para lluvia	Overol o ropa de trabajo cómoda
Botiquín de primeros auxilios	Sombrero, bloqueador solar, agua para beber
Repelente contra insectos (Lávese bien las manos después de aplicarse)	Radio Comunicadores
Binoculares	Pito y luces de bengala.
Cámara Fotográfica o celular	

Fuente. Autor, 2021.

Anexo 5. Requisitos mínimos para etiqueta de identificación de muestras de agua.

PUNTO DE MONITOREO:			
NÚMERO DE MUESTRA:			
ORIGEN DE LA FUENTE:			
FECHA TOMA DE MUESTRA:			
HORA TOMA DE MUESTRA:			
PRESERVACIÓN:	SI	NO	
PRESERVANTE UTILIZADO:			
RESPONSABLE DEL MONITOREO			

Figura 15. Etiqueta de muestra
Fuente, Autor, 2021.

BORRADOR

Anexo 6. Requerimientos para envase, preservación y almacenamiento de muestras.

Tabla 12. Requerimientos para envasado, preservación y almacenamiento de muestras

Determinación	Material Recipiente [1]	Volumen mínimo de muestra. (recipientes)	Tipo de Muestra[2]	Preservación[3]	Almacenamiento máximo recomendado[4]
Aceites y Grasas	V, Boca ancha	1000	S	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar	28 d
Acidez Total ($CaCO_3$)	P, V	100	S	Refrigerar	14 d
Alcalinidad Total ($CaCO_3$)	P, V	200	S	Refrigerar	14 d
Boro	P	100	S, C	No requiere	6 meses
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	V, vial ámbar	40, sin burbujas	S	Refrigerar	Extraer en menos de 7 días
Carbono Orgánico, Total (COT)	V	100	S, C	Análisis inmediato; o refrigerar y agregar H_3PO_4 o H_2SO_4 hasta pH<2	28 d
Cianuro Total (CN^-)	P, V	1000	S, C	Agregar NaOH hasta pH>12, refrigerar en la oscuridad	14 d
Cloruros (Cl^{-1})	P, V	100	S, C	No requiere	28 d
Color Real (m^{-1})	P, V	500	S, C	Refrigerar	48 h
Coliformes fecales Termotolerantes (NMP)	P, V	100	S	Refrigerar	12 h
Compuestos Fenólicos Semivolátiles	V, ámbar con tapa recubierta con papel aluminio	1000	S, C	Agregar HCl 6N; Refrigerar	Extraer en menos de 14 días y el extracto se puede analizar en un período de 30 días.
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	P	1000 sin capa de aire	S, C	Refrigerar	28 D
Dureza Cálcica ($CaCO_3$)	P, V	100	S, C	Agregar HNO_3 hasta pH<2; Refrigerar	6 meses
Dureza Magnésica ($CaCO_3$)	P, V	100	S, C	Agregar HNO_3 hasta pH<2; Refrigerar	6 meses
Dureza Total	P, V	100	S, C	Agregar HNO_3 hasta pH<2; Refrigerar	6 meses

BORRADOR

Determinación	Material Recipiente [1]	Volumen mínimo de muestra. (recipientes)	Tipo de Muestra[2]	Preservación[3]	Almacenamiento máximo recomendado[4]
DBO_5	P, V	1000	S, C	Refrigerar	48 h
DQO	P, V	100	S, C	Analizar lo más pronto posible, o agregar H_2SO_4 hasta pH<2; refrigerar	28 d
Fenoles	P, V	1000	S, C	Agregar H_2SO_4 hasta pH<2; Refrigerar	28 d
Formaldehido	V, ámbar	250	S, C	Refrigerar	48 h
Fosfatos (PO_4^{-3})	V	300	S	Refrigerar	48 h
Fósforo Total	V	100	S, C	Agregar H_2SO_4 hasta pH<2; refrigerar	48 d
Fluoruros (F^-)	P	500	S, C	NO requiere	28 d
Hidrocarburos Totales (HTP)	V, boca ancha	1000	S	Agregar H_2SO_4 o HCl hasta pH<2; refrigerar	28 d
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	V, ámbar con tapa recubierta con papel aluminio	1000	S, C	Agregar Tiosulfato de sodio 0.008%. Refrigerar	Extraer en menos de 7 días y el extracto se puede analizar en un periodo de 40 días
Metales Disueltos	P, V	500	S, C	Filtrar en campo, agregar HNO_3 hasta pH<2; refrigerar	6 meses
Metales Totales	P, V	500	S, C	Acidular con HNO_3 pH < 2. Refrigerar	6 meses
Mercurio	P, V	500	S, C	Agregar HNO_3 hasta pH<2; refrigerar	28 d
Nitratos ($N\text{-}NO_3^-$)	P, V	300	S, C	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h (28 d para muestras cloradas)
Nitritos ($N\text{-}NO_2^-$)	P, V	300	S, C	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h
Nitrógeno Amoniacal ($N\text{-}NH_3$)	P, V	500	S, C	Analizar lo más pronto posible, o agregar H_2SO_4 hasta pH<2; refrigerar	28 d
Nitrógeno Orgánico	P, V	500	S, C	Agregar H_2SO_4 hasta pH<2; Refrigerar	28 d
Nitrógeno total Kjeldahl	P, V	500	S, C	Agregar H2SO4 hasta pH < 2; Refrigerar	7 d
Ortofosfatos ($P\text{-}PO_4^{3-}$)	V	300	S	Refrigerar	48 h
pH	P, V	50	S	Análisis Inmediato	Inmediato

BORRADOR

Determinación	Material Recipiente [1]	Volumen mínimo de muestra. (recipientes)	Tipo de Muestra[2]	Preservación[3]	Almacenamiento máximo recomendado[4]
Solidos Suspendidos	P, V	1000	S, C	Refrigerar	7 d
Solidos Sedimentables	P, V	2000	S, C	No requiere	No requiere
Sulfatos (SO_4^{-2})	P, V	200	S, C	Refrigerar	28 d
Sulfuros (S^{-2})	P, V	100	S, C	Agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N por cada 100 recipientes; agregar NaOH hasta pH>9; Refrigerar	28 d
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	P, V	250	S, C	Refrigerar	48 h
Temperatura	P, V	No aplica	S	Análisis inmediato	Inmediato

Fuente: Tabla 1 Técnicas generalmente adecuadas para la preservación de muestras análisis fisicoquímico y químico. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF. Edición Actual. Section 1060

NOTAS

1. P = Plástico, V= Vidrio;
2. Simple o puntual; C = Compuesta;
3. Refrigerar = Almacenar a 4 °C en ausencia de luz. La preservación de la muestra debe realizarse en el momento de la toma de muestra para muestras compuestas, cada alícuota debe preservarse en el momento de su recolección.
4. Cuando el uso de un muestreador automático haga imposible la preservación de cada alícuota, las muestras deben mantenerse a 4°C hasta que se complete la composición.
4. Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. 5. Los tiempos listados son los periodos máximos que pueden transcurrir antes del análisis para considerarlo válido. Algunas muestras pueden no ser estables por el periodo máximo dado en la tabla.

BORRADOR