

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**"LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD PARA EL
CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
NO DOMÉSTICAS EN EL PERÚ"**

Presentada por:

MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Lima - Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD PARA EL
CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN DE AGUAS
RESIDUALES NO DOMÉSTICAS EN EL PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Rosemary Vela Cardich

PRESIDENTE

Mg.Sc. Rosa María Miglio Toledo

ASESOR

Lic.Rer.Reg. Victor Aguilar Vidangos

MIEMBRO

Mg.Sc. Juan Carlos Palma

MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas, por su amor y ejemplo.

A mi esposo e hijos, por su apoyo comprensión y amor.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.	OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1.	LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD	7
2.2.	LOS PILARES DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD	10
2.2.1.	Normalización.....	10
2.2.2.	Metrología	11
2.2.3.	Acreditación y la Evaluación de la Conformidad	12
2.3.	USO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD.....	13
2.3.1.	Uso de la Infraestructura de la calidad en el sector saneamiento.....	14
2.3.2.	Capacidades de la Infraestructura de la calidad para los VMA.....	14
2.4.	LEGISLACIÓN NACIONAL PARA EL CONTROL DE LOS VMA.....	18
2.5.	PARÁMETROS IDENTIFICADOS EN LOS VMA	25
2.5.1.	DBO ₅	25
2.5.2.	DQO.....	25
2.5.3.	Sólidos Suspendidos Totales	26
2.5.4.	Aceites y grasas.....	27
2.5.5.	Aluminio	28
2.5.6.	Arsénico total	29
2.5.7.	Boro.....	30
2.5.8.	Cadmio	30
2.5.9.	Cianuro total	31
2.5.10.	Cobre total.....	32
2.5.11.	Cromo VI.....	32
2.5.12.	Cromo total	33
2.5.13.	Manganeso	34
2.5.14.	Mercurio.....	34
2.5.15.	Níquel.....	35

2.5.16.	Nitrógeno amoniacal	36
2.5.17.	pH	36
2.5.18.	Plomo total	37
2.5.19.	Solidos Sedimentables	38
2.5.20.	Sulfatos	38
2.5.21.	Sulfuros	39
2.5.22.	Temperatura	39
2.5.23.	Zinc	40
2.5.24.	Sustancias fenólicas	40
2.5.25.	Hidrocarburos	41
2.5.26.	Fósforo total	42
2.5.27.	Benceno	42
2.5.28.	Selenio	43
2.5.29.	Tricloroetileno	44
2.6.	LEGISLACIÓN DE DIVERSOS PAÍSES SOBRE EL CONTROL DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS	44
2.6.1.	Argentina	45
2.6.2.	Brasil	46
2.6.3.	Canadá	48
2.6.4.	Chile	50
2.6.5.	Estados Unidos de Norte de América - USA	54
2.6.6.	México	56
2.6.7.	Colombia	58
2.6.8.	Japón	59
2.6.9.	España	61
2.6.10.	Australia	62
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	65
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	65
3.2.	HIPÓTESIS	65
3.3.	VARIABLES IDENTIFICADAS	65
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA	66
3.5.	VARIABLE UTILIDAD DE NTP PARA EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS VMA	68
3.5.1.	Instrumentos de colecta de datos	68

3.5.2.	Diseño de la Encuesta	68
3.5.3.	Validación de las encuestas	69
3.5.4.	Procedimiento	70
3.6.	VARIABLE APLICACIÓN DE MÉTODOS DE ENSAYOS RECONOCIDOS DE MANERA CONFIABLE	72
3.6.1.	Instrumento de colecta de datos	72
3.6.2.	Diseño de la encuesta	72
3.6.3.	Validación de la encuesta	73
3.6.4.	Procedimiento	74
3.7.	VARIABLE EXISTENCIA LABORATORIOS ACREDITADOS A NIVEL NACIONAL	75
3.7.1.	Colecta de información	75
3.7.2.	Procedimiento de análisis de datos	76
3.8.	VARIABLE VMA ADECUADOS EN LA LEGISLACIÓN NACIONAL	76
3.8.1.	Colecta de datos	76
3.8.2.	Procedimiento	76
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS POR VARIABLE	78
4.1.1.	Variable utilidad de las Normas Técnicas Peruanas de métodos de ensayo y muestreo para el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA)	78
4.1.2.	Variable aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable	87
4.1.3.	Variable existencia de Laboratorios de ensayo a nivel nacional	101
4.1.4.	Variable Eficiente Marco legal existente	109
4.1.5.	Beneficio del uso de la Infraestructura de la calidad para cumplir con la normativa	125
V.	CONCLUSIONES	128
VI.	RECOMENDACIONES	131
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
VIII.	ANEXOS	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Material de referencia certificado parámetros VMA	18
Tabla 2: VMA sobre los cuales se hará pago adicional si son excedidos	21
Tabla 3: VMA sobre los cuales se suspende el servicio.....	22
Tabla 4: Valores DQO para vertimientos por sector industrial en Brasil.....	46
Tabla 5: Requisitos adicionales por sectores en Canadá.....	48
Tabla 6: Frecuencia de monitoreo industrias según sustancias vertidas en Chile.....	52
Tabla 7: Frecuencia de monitoreo industrias según sustancias vertidas en Chile.....	53
Tabla 8: Frecuencia de muestreo en México.....	57
Tabla 9: Frecuencia de monitoreo para vertimientos no municipales en México.....	57
Tabla 10: Límites para diferentes cargas de DBO ₅ en Colombia.....	59
Tabla 11: Valores límites para vertimientos en alcantarillado en Japón.....	60
Tabla 12: Estadística de fiabilidad encuesta Variable 1 NTP de Métodos	69
Tabla 13: Estadística de fiabilidad Encuesta Variable 1 NTP de Muestreo.....	70
Tabla 14: Estadística de fiabilidad Encuesta Variable 2	73
Tabla 15: Ubicación de laboratorios encuestados sobre utilidad de NTP.....	79
Tabla 16: Porcentaje de utilidad, valoración y conocimiento de las NTP.....	82
Tabla 17: Cobertura de parámetros de VMA por organización de normalización.....	87
Tabla 18: Ubicación de laboratorios encuestados sobre métodos reconocidos.....	89
Tabla 19: Métodos normalizados aplicados a los VMA por los laboratorios	98
Tabla 20: Laboratorios Acreditados por Región para los VMA	102
Tabla 21: EPS que tienen acción sobre los VMA	104
Tabla 22: EPS que cumplen con el enfoque de sostenibilidad ambiental	106
Tabla 23: Regiones y países seleccionados para legislación comparada	109
Tabla 24: Comparación de límites para vertimientos en sistemas de alcantarillado.....	109
Tabla 25: Parámetros con límites establecidos en la legislación de diversos países.....	111
Tabla 8.1.1: Estadística del total de ítems	143
Tabla 8.1.2: Interpretación del coeficiente de confiabilidad	158
Tabla 8.3.1: Estadística de total de ítems	164
Tabla 8.4.1: Porcentaje de expertos que califica la valoración entre 55-100.....	189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Enfoque Sistémico de una Infraestructura Nacional de la calidad	9
Figura 2: Número de Laboratorios que conocen las NTP	80
Figura 3: Porcentaje de laboratorios que consideran útiles las NTP.....	81
Figura 4: Porcentaje de valoración de la utilidad de cada NTP por los laboratorios	82
Figura 5: Valoración de la utilidad de cuatro aspectos de la NTP 214.060	85
Figura 6: Valoración de la utilidad de dos aspectos de la NTP 214.060.....	86
Figura 7: Porcentaje de Laboratorios con métodos normalizados por parámetro VMA ...	90
Figura 8: Número de laboratorios con métodos normalizados por parámetro VMA.....	91
Figura 9: Porcentaje de Laboratorios acreditados con métodos normalizados por parámetro VMA.....	92
Figura 10: Número de laboratorios acreditados con métodos normalizados por parámetro VMA.....	93
Figura 11: Porcentaje de Laboratorios no acreditados que aplican métodos normalizados por parámetro VMA	94
Figura 12: Número de laboratorios no acreditados que aplican métodos normalizados por parámetro de VMA.....	95
Figura 13: Características de desempeño de laboratorios acreditados por cada VMA	96
Figura 14: Características de desempeño de laboratorios no acreditados por cada VMA .	97
Figura 15: Uso de MRC por parte de los laboratorios	98
Figura 16: Porcentaje de laboratorios que aplican diversos métodos normalizados por VMA.....	99
Figura 17: Distribución de Laboratorios por Región	102
Figura 18: N° de laboratorios para ensayar los 23 parámetros VMA/Región	103
Figura 19: Gestión de los VMA por las 50 EPS	106
Figura 20: Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de las EPS	107
Figura 21: Número de países con límites en su legislación por cada parámetro	113
Figura 22: Rangos y Mediana para los parámetros sulfatos, DQO, SST, DBO ₅	114
Figura 23: Rangos y Mediana para los parámetros arsénico total, cromo VI, cromo y mercurio.....	116
Figura 24: Rangos y Mediana para los parámetros sólidos sedimentables, aluminio, boro, zinc, nitrógeno amoniacal, temperatura y aceites y grasas.....	117

Figura 25: Rangos y Mediana para los parámetros manganeso, cobre total, níquel, cromo total, sulfuros, cianuro total, plomo total..... 119

Figura 26: Resultado de reducción de DQO en lodos en la ciudad de Tokio 1979-2009 127

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 8.1: Validez y confiabilidad de encuesta utilidad de Normas Técnicas Peruanas.	142
Anexo 8.2: Encuesta y validación sobre la utilidad de la NTP 214.060.....	159
Anexo 8.3: Fiabilidad de encuesta métodos normalizados para el control de aguas residuales	164
Anexo 8.4: Validación del instrumento por expertos.....	188
Anexo 8.5: Normas Técnicas Peruanas existentes para atender los VMA	190
Anexo 8.6: Métodos de ensayo normalizados internacionales - VMA básicos.....	194
Anexo 8.7: Métodos de ensayo acreditados por parámetro VMA	203

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar si la infraestructura de la calidad respecto a las Normas Técnicas Peruanas (NTP), los laboratorios de ensayo y el marco legal, es suficiente para atender la normativa de las aguas residuales no domésticas que se vierten en el sistema de alcantarillado en el Perú. Para lograr este objetivo, se realizaron tres encuestas relacionadas a la utilidad y valoración de las Normas Técnicas Peruanas, a la capacidad analítica de los laboratorios en las regiones, a las características de desempeño relacionadas a la confiabilidad de resultados; y, se hizo un análisis de legislación comparada con 10 países de 5 regiones del mundo. Se encontró que existen NTP para los 23 parámetros de los VMA con un promedio de porcentaje de valoración positiva de 83.48%; no obstante, no se aplican en la acreditación. Existen laboratorios acreditados para los 23 parámetros de los VMA que aplican métodos normalizados; por lo menos el 76% para los parámetros básicos, existiendo poca oferta acreditada o inexistente para los ensayos complementarios. Los laboratorios acreditados aplican las características de desempeño de confiabilidad de resultados para todos los ensayos que aplican, a diferencia de los laboratorios no acreditados. Respecto a su cobertura a nivel nacional, existen 43 laboratorios acreditados en 9 regiones del país, el 65% se concentra en Lima y Callao; solo 4 regiones tienen laboratorios para atender los 23 parámetros de los VMA. Las regiones en donde las EPS tienen mejor capacidad de gestión de los VMA, son donde existen laboratorios acreditados. En base al análisis de la legislación comparada de 10 países, se demuestra que los 23 parámetros de los VMA establecidos son adecuados, lo que sustenta su validez técnica; no obstante, hay diferencias en la forma y la frecuencia de muestreo. Se concluye que existe capacidad de la Infraestructura de la calidad para cumplir con los VMA establecidos en la legislación nacional, y se tienen varias fortalezas identificadas, puesto que existen NTP, laboratorios acreditados con la confiabilidad requerida, materiales de referencia y una legislación con parámetros y límites adecuados; sin embargo, se requiere mayor desarrollo y despliegue en términos del uso de las NTP, de ampliar la cobertura de laboratorios acreditados, de disponer de materiales de referencia en el ámbito de los contaminantes más importantes dependiendo del efluente de las industrias con mayor impacto en las descargas de aguas residuales no domésticas y de revisar la legislación en algunos aspectos claves a controlar.

Palabras Clave: Calidad, aguas residuales, alcantarillado, laboratorios, normas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate if Peru's Quality Infrastructure, with respect to the Peruvian Technical Standards (NTP), the testing laboratories, and the Peruvian legal framework, is sufficient to enable compliance with national regulation regarding non-domestic wastewater that is discharged into the sewerage system in Peru. To achieve this objective, three surveys were conducted related to the usefulness and value of Peruvian Technical Standards, the analytical capacity of laboratories in the regions, and the performance characteristics related to the reliability of results. National legislation was also analyzed in comparison with 10 countries from 5 regions of the world. It was found that there are NTPs for the 23 regulated parameters of Maximum Allowable Values (VMA) with an average percentage of positive valuation of 83.48%. However, these NTPs are not applied in accreditation. There are accredited laboratories for all 23 VMA parameters that apply standardized methods for at least 76% of the basic parameters, with little or no accredited offer for complementary tests. Accredited laboratories apply performance characteristics of reliability of results for all the tests they apply, unlike non-accredited laboratories. Regarding their coverage at a national level, there are 43 accredited laboratories in 9 regions of the country, with 65% concentrated in Lima and Callao. Only 4 regions have laboratories to test all 23 VMA parameters. The regions where Sanitation Service Providers (EPS) have the best capacity to manage VMAs are where there are accredited laboratories. Based on the comparative analysis of national legislation from 10 countries, it is shown that the 23 VMA parameters are adequate. The analysis supports their technical validity, although there are differences in the form and frequency of sampling. In conclusion, the capacity of Peru's Quality Infrastructure enables compliance with the VMAs established in the national legislation, and several strengths have been identified, such as existence of NTPs, accredited laboratories with the required reliability, reference materials, and legislation with adequate parameters and limits. However, further development and deployment is required in terms of the use of NTPs, in expanding the coverage of accredited laboratories, in facilitating access to reference materials for the most important pollutants based on effluents from industries with the greatest impact on non-domestic wastewater discharge, and in the revision of national legislation in some key aspects regarding control.

Keywords: Quality, wastewater, sewerage, laboratories, standards.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural renovable en la medida en que se le utilice en forma racional. En los últimos años, el crecimiento comercial e industrial, en diversas regiones del país, ha sido notable; sin embargo, también se han generado como resultado de este crecimiento, aguas residuales que, en la mayoría de los casos, no son tratadas antes de ser vertidas a las redes de alcantarillado, conllevando a un uso irracional del agua, contribuyendo a la contaminación de los cuerpos receptores, así como al deterioro de las redes de alcantarillado.

Las aguas residuales no domésticas al descargarse en las redes de alcantarillado, sin tratamiento previo, deterioran la infraestructura por diferentes causas, como la corrosión, formación de incrustaciones y obstrucciones, además de la producción de gases tóxicos y explosivos que, dependiendo del tipo de contaminante del efluente, afectarán en mayor o menor magnitud los sistemas de alcantarillado.

Un adecuado tratamiento de las aguas residuales no domésticas, junto con una legislación que permita la reutilización de aguas residuales y establezca límites para los vertimientos, permitirá establecer un sistema integrado que contribuya positivamente al mantenimiento de los sistemas sanitarios (Abarca 2001). Por ello, en diversos países incluyendo el Perú, se han establecido límites para los contaminantes de aguas residuales, los que se deben cumplir antes de su vertimiento en los sistemas de alcantarillado. Si bien existe una lista importante de contaminantes a controlar, estos y sus límites dependerán del tipo de industria y por consiguiente de su efluente.

En el Perú existe una legislación que regula la calidad de las aguas residuales no domésticas que se vierten en el sistema de alcantarillado; en el año 2009 se emitió el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, que reguló mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las

descargas de aguas residuales no domésticas a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, la infraestructura sanitaria y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2019).

Esta regulación se estableció para que las descargas de aguas residuales no domésticas sean reguladas, controladas y fiscalizadas para evitar el deterioro de las instalaciones de alcantarillado, disminuyendo los costos de su operación y mantenimiento.

Es importante resaltar que luego de la experiencia de la aplicación del Decreto Supremo N° 021-2009, este fue derogado por el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, con el objetivo de establecer un procedimiento que detalle aspectos técnicos que adecúen el marco normativo a la realidad del país, de forma tal que permita a las Empresas Prestadoras de Servicios-EPS, hacer las inspecciones correspondientes.

Los (VMA) son aplicables en el ámbito nacional, y son de obligatorio cumplimiento, para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es monitoreado por las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.

Entiéndase por Valor Máximo Admisible (VMA) como la concentración de los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, contenida en las descargas de las aguas residuales no domésticas a descargar en los sistemas de alcantarillado sanitario, y que puede influenciar negativamente en los procesos de tratamiento de aguas residuales, al ser excedido.

El daño puede ser inmediato o progresivo, puede afectar a las instalaciones e infraestructura sanitaria, así como, a las maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y, puede tener influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales, por consecuencia afectar finalmente al medio ambiente (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2019).

Por ello, es importante y necesario que se ejerza un monitoreo y fiscalización a los usuarios no domésticos, del cumplimiento de los VMA. El monitoreo requiere de métodos y procedimientos adecuados y reconocidos, que permitan generar confianza en el sistema de control y vigilancia.

Para atender esta necesidad, es primordial contar en el país con una sólida infraestructura de la calidad, que involucra desde los estándares para los métodos de ensayos y muestreo, hasta los laboratorios de ensayo y de calibración y, que permita ejercer el control y la vigilancia acorde con las buenas prácticas internacionales, en base a una regulación adecuada.

Entiéndase por infraestructura de la calidad al conjunto de elementos que permitirán el cumplimiento de este requerimiento legal y que para este caso comprende: los estándares nacionales que deben basarse, en la medida de lo posible, en normas técnicas internacionales o en normas técnicas reconocidas; los laboratorios de ensayo existentes en el país para atender el muestreo y los ensayos de los parámetros definidos en la legislación; y la legislación existente que brinde el marco en lo que se refiere a aspectos técnicos vinculados a las medidas de vigilancia y control.

En la presente investigación se evaluará si la infraestructura de la calidad en el país, es suficiente para atender la normativa que regula la calidad de las aguas residuales no domésticas que se vierten en el sistema de alcantarillado. En lo que respecta a la legislación existente, se evaluará mediante legislación comparada de otros países, si es que los requerimientos establecidos para el control de los VMA, están acordes para el objetivo que se desea alcanzar.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El Decreto Supremo N° 010-2019 –VIVIENDA, que aprueba el reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, ha establecido 23 parámetros como requerimientos de calidad para el control de las aguas residuales no domésticas que se vierten a los sistemas de alcantarillado. Un aspecto importante para la gestión adecuada de los VMA, es contar con una Infraestructura de la calidad que apoye su cumplimiento a través de laboratorios de

ensayo con capacidad analítica a nivel nacional, así como con métodos de ensayo y de muestreo normalizados.

En lo que respecta a los métodos de ensayo y muestreo, para el control de aguas residuales existen diversos métodos reconocidos, como los Métodos Estándares (Standard Methods) elaborados por la Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association- APHA), los métodos de la Agencia Americana de Medioambiente (EPA) y los de la Organización Internacional de Normalización (ISO), por citar los más importantes. Estos métodos se encuentran en idioma inglés y su acceso tiene un costo que puede ser significativo si se considera que para el control y vigilancia de los VMA se requiere implementar métodos de ensayo para 23 parámetros.

Para la mayoría de los parámetros establecidos, existen métodos de ensayo con una norma nacional aprobada como Norma Técnica Peruana (NTP), que busca facilitar su aplicación a nivel nacional. No se conoce si los laboratorios valoran el contar con una versión nacional en español, de las normas de reconocimiento internacional, a un costo más accesible como Norma Técnica Peruana y, si ello les podría facilitar la implementación de los ensayos para su acreditación como laboratorio de ensayo en apoyo al monitoreo que deben ejercer las Empresas Prestadoras de Servicio EPS, a través de laboratorios acreditados, sobre todo en laboratorios del interior del país. Por ello, en la presente investigación se evaluó la valoración de las NTP de métodos de ensayo para aguas residuales, por los laboratorios.

Por otro lado, aun cuando se tienen laboratorios acreditados en algunas regiones, no hay laboratorios en todas las regiones del país. Por ello, se evaluó la existencia de laboratorios acreditados, para atender la demanda a nivel nacional. Así mismo, se investigó si los laboratorios acreditados aplican métodos normalizados, internacionales, nacionales (NTP) o métodos propios validados. Respecto a la toma de muestra, que es importante aplicar de manera estandarizada en base a los criterios de la Norma Técnica Peruana “NTP 214.060 *Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado*” (INACAL, 2020 Biblioteca virtual), se investigó si al cabo de un año de su aplicación, es útil y valorada por los laboratorios acreditados.

Respecto a la competencia técnica de laboratorios existentes a nivel nacional, aun cuando se conoce que existen laboratorios a nivel nacional que podrían intervenir en la vigilancia de los VMA, se desconoce si aplican métodos normalizados o métodos propios validados, si aplican el aseguramiento de calidad en sus ensayos en base a la *NTP-ISO/IEC 17025 Requerimientos generales para la competencia de laboratorios de calibración y de ensayos*, y si el límite de detección o de cuantificación de los métodos que aplican cubre los valores de los VMA. De no darse estas condiciones, sería difícil su acreditación y, desde el punto de vista técnico, no se garantizaría la reproducibilidad y confianza en los métodos a aplicarse a nivel nacional. En la presente investigación se evaluaron los métodos que aplican los laboratorios acreditados y no acreditados y algunos criterios de aseguramiento de calidad.

Por el lado del funcionamiento del sistema, es importante conocer el desempeño de las EPS en el monitoreo de los usuarios no domésticos, sobre los cuales deben ejercer control a través de laboratorios acreditados por INACAL y evidenciar si el sistema de monitoreo se aplica y cumple con el objetivo que la legislación nacional persigue. En ese sentido, se evaluó el desempeño de las EPS respecto al monitoreo de los usuarios no domésticos.

En general, en la presente investigación se evaluó la infraestructura de la calidad existente en el Perú (legislación, normas de métodos de ensayo y muestreo, laboratorios de ensayo), para atender el control de los parámetros presentes en las descargas de aguas residuales no domésticas de acuerdo a lo dispuesto en la regulación (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2019).

Este estudio será de utilidad para evaluar otras posibles intervenciones en otros ámbitos, donde la Infraestructura de la calidad sea el apoyo técnico a las acciones de monitoreo y vigilancia de organismos con función reguladora.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la infraestructura de la calidad en términos de: normas técnicas, laboratorios de ensayo y marco legal; requerida para monitorear el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles de las aguas residuales no domésticas vertidas en el sistema de alcantarillado sanitario en el Perú, de acuerdo a lo exigido en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la valoración de las Normas Técnicas Peruanas para ensayos de aguas residuales, por los laboratorios.
- Evaluar si existen laboratorios de ensayo, a nivel nacional, para brindar el servicio de análisis según la normativa existente, y si existen condiciones mínimas para iniciar un proceso de acreditación aplicando la NTP-ISO/IEC 17025.
- Evaluar mediante legislación comparada de otros países, si los requerimientos y el sistema de vigilancia establecidos en la normativa nacional, son adecuados; en función a ello, hacer un análisis y propuesta de la mejora de la legislación nacional.
- Mostrar el impacto de la infraestructura de la calidad (normas, métodos de ensayo, muestreo) en el cumplimiento de algún parámetro relacionado a la normativa establecida, tomando como referencia algún país.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD

En la Norma Técnica Peruana *NTP-ISO 9000:2015. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario* se define el concepto de calidad: “grado en que un conjunto de características inherentes a un objeto cumple con los requisitos”. Entiéndase como un objeto, un producto, un servicio, una persona, un sistema, una organización, un recurso.

En la práctica, para evidenciar la calidad o para lograr alcanzarla no basta con definirla, sino que se debe contar con diversos elementos importantes que ayuden a que esta se alcance: la normalización técnica, la metrología, la acreditación, la evaluación de la conformidad y dependiendo de si estos elementos de calidad apoyan aspectos de seguridad, inocuidad o protección del medio ambiente, la regulación.

Como antecedente se menciona que la unidad internacional de cooperación para el desarrollo del organismo alemán de metrología, PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) introdujo el término "Infraestructura de calidad" (IC) a principios de la década de 2000, y fue utilizado por el gobierno alemán extendiéndose gradualmente a través de la comunidad internacional y en particular entre las organizaciones de asistencia para el desarrollo.

Así mismo, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial-ONUUDI en el documento *Infraestructura de la Calidad confianza para el comercio*, describe que una infraestructura de calidad es un sistema que contribuye a los objetivos de política del gobierno en áreas como el desarrollo industrial, la competitividad comercial en los mercados globales, el uso eficiente de los recursos naturales y humanos, la seguridad alimentaria, la salud, el medio ambiente y el cambio climático (ONUUDI 2017).

En ese sentido, dado que la calidad tiene una dimensión mayor a su definición, cuando se aplica desde un enfoque nacional de infraestructura de la calidad, requiere contar con un

sistema que comprende de instituciones públicas y privadas, de un marco legal, de políticas y prácticas necesarias para incorporar calidad a bienes y servicios; contribuyendo a la mejora de la competitividad, a la seguridad y a la protección de la vida y del medio ambiente.

Es así, que la infraestructura de la calidad es un sistema crítico para promover y mantener el desarrollo económico, así como el bienestar ambiental y social. Por lo tanto, requiere de un desarrollo nacional de:

- La metrología.
- La normalización.
- La acreditación.
- La evaluación de la conformidad.
- Regulación y vigilancia de Mercado (en el contexto vinculante).

En relación a los elementos claves o pilares de la Infraestructura de la calidad, la metrología y la normalización constituyen la base científica y tecnológica de toda la infraestructura de la calidad, apoyando a las actividades prácticas que comprenden la aplicación de los otros elementos como son la acreditación y la evaluación de la conformidad, y todos ellos en su conjunto apoyando a las políticas públicas reflejadas en la regulación o marco normativo vinculante, cuando se trata de alcanzar objetivos legítimos como es la protección de la vida y del medio ambiente.

Un aspecto relevante es que los servicios de Infraestructura de la calidad deben asegurar las condiciones de confiabilidad, fiabilidad, comparabilidad, trazabilidad, competencia, conformidad, transparencia e imparcialidad. En la Figura 1 se muestra cómo es que los pilares de la Infraestructura de la calidad se relacionan y a su vez como garantizan competencia y trazabilidad a los organismos internacionales correspondientes a cada uno de ellos.

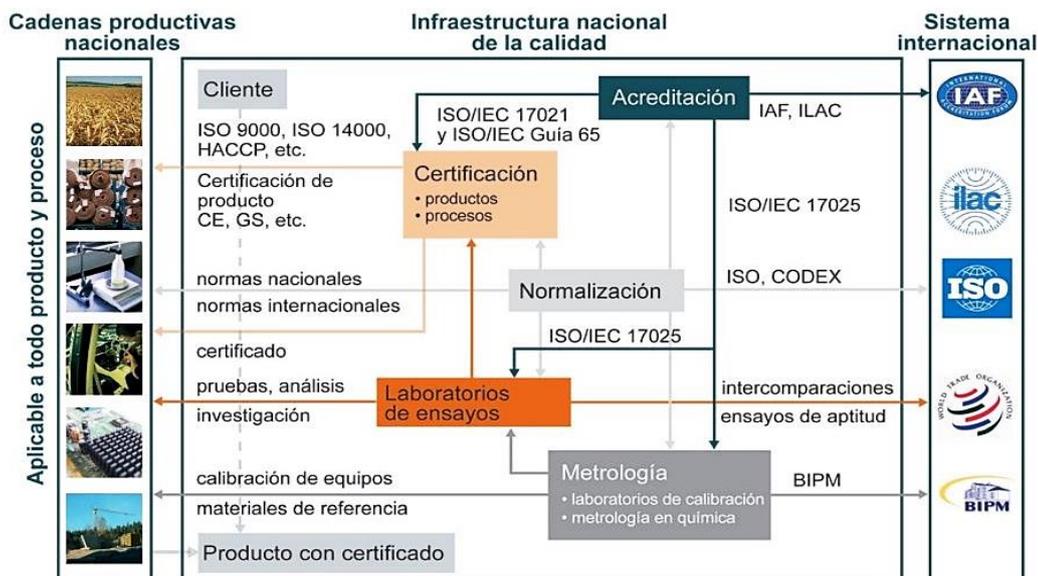


Figura 1: Enfoque Sistémico de una Infraestructura Nacional de la calidad

FUENTE: Physikalisch-Technische Bundesanstalt-PTB. Impacto de la Infraestructura de la calidad en América Latina. Síntesis (2012).

De acuerdo a la Figura 1, se puede definir la infraestructura de la calidad como la red institucional de agentes públicos y privados, dentro de un marco legal que la regula, para formular, editar e implementar normas técnicas y dar evidencia de su cumplimiento a través de actividades de inspección, ensayos, certificación, metrología y acreditación (Gothner 2014).

La infraestructura Nacional de la Calidad (IC) está compuesta por los tres pilares principales: la Metrología, la Normalización y la Acreditación, a su vez estos forman parte de organizaciones internacionales como el Foro Internacional de Acreditación (IAF), la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC), la Cooperación Interamericana de Acreditación (IAAC), la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), y el Bureau Internacional de Pesas y medidas (BIPM). El objetivo es el aplicar estándares, directrices y prácticas internacionales de amplio reconocimiento global, de manera que la Infraestructura nacional de la Calidad tenga reconocimiento internacional.

Los laboratorios de calibración y de ensayos y los organismos de certificación; son los organismos de evaluación de la conformidad que resultan del proceso de acreditación, y que dentro del sistema brindan servicios a los diversos usuarios del sistema.

2.2. LOS PILARES DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD

A continuación, se detalla el ámbito de alcance de cada uno de los pilares de la Infraestructura de la calidad:

2.2.1. Normalización

Las disposiciones que rigen la elaboración, adopción y aplicación de normas están contenidas en el artículo 4 del Acuerdo Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial de Comercio (OMC) y en el Anexo 3 del Código de Buena Conducta para la Elaboración, Adopción y Aplicación de Normas.

Una norma es un documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para las actividades o sus resultados, destinadas a lograr el óptimo grado de orden en un contexto dado, las normas deben basarse en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, y estar dirigidas a la promoción de beneficios comunitarios óptimos (OMC 2014).

Las Normas son en principio voluntarias en su aplicación, aunque cuando se elaboran reglamentos técnicos es importante referenciarlas siempre que se desee alcanzar objetivos legítimos; en ese caso, se pueden usar como base para requisitos regulatorios y para la evaluación de la conformidad.

Las normas juegan un papel importante al definir requisitos y métodos de evaluación para la conformidad de los productos y de procesos a través de los sistemas de gestión, por ejemplo. En ese sentido, contribuyen a la mejora de la competitividad ofreciendo instrumentos técnicos para evidenciar que los productos y servicios se ajustan a los requisitos de los gobiernos o el mercado. El objetivo de las normas dentro de la infraestructura de la calidad es mejorar la adecuación de los productos, procesos y servicios para los fines deseados (Gothner 2014).

Cuando se usan eficazmente, las normas facilitan el comercio internacional, contribuyen a la transferencia de la tecnología y protegen a los consumidores y al medio ambiente.

La organización internacional principal que rige a las actividades de Normalización es la ISO que promueve y fortalece el sistema internacional de normas voluntario, basado en el consenso. En el Perú, el organismo rector en Normalización es el INACAL, que aprueba las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para requisitos de productos, métodos de ensayo y muestreo (Congreso de la República del Perú 2014).

2.2.2. Metrología

La Metrología es el pilar de la Infraestructura de la calidad que es considerada de interés público, principalmente en el ámbito de la metrología científica y legal. Esta es una de las razones por las cuales los Institutos Nacionales de Metrología (INMs) son financiados por los gobiernos hasta en un 90% de su presupuesto anual, este es el caso por ejemplo del NIST (USA), el PTB (Alemania) o INMETRO (Brasil).

En el campo de la Metrología, la confiabilidad y la comparabilidad de las mediciones están aseguradas por el Sistema Internacional de Unidades (SI) con sus magnitudes principales. Todas las mediciones hacen referencia a estas magnitudes. Esto se logra por una cadena ininterrumpida de calibraciones de los patrones de medición de más alta exactitud en el nivel de los Institutos Nacionales de Metrología, hasta los laboratorios secundarios de calibración, de ensayo, así como los instrumentos de medición a nivel de la industria.

Las organizaciones internacionales principales que rigen a las actividades de Metrología son el BIPM y la OIML.

En el Perú, el Organismo rector en Metrología es el INACAL que aprueba normas metrológicas, es proveedor de materiales de referencia certificados (MRC) y brinda servicios de calibración de instrumentos de medición, en la medida que no existan laboratorios de calibración secundarios para hacerlo (Congreso de la República del Perú 2014).

Un Material de Referencia Certificado (MRC), es un material para el cual el valor de una o de varias de sus propiedades se ha certificado, por un procedimiento que establece su trazabilidad a un patrón de referencia. Cada valor certificado viene acompañado de su incertidumbre a un nivel declarado de confianza. Un MRC de utilidad en los laboratorios para verificar la exactitud de las mediciones (EURAMET 2008).

2.2.3. Acreditación y la Evaluación de la Conformidad

La acreditación es un procedimiento mediante el cual un organismo con autoridad le otorga reconocimiento formal a un organismo competente para llevar a cabo tareas específicas.

La *NTP-ISO/IEC 17000:2005 (revisada el 2015). Evaluación de la conformidad. Vocabulario y principios generales*, define a la acreditación como la atestación de tercera parte relativa a un organismo de evaluación de la conformidad que manifiesta la demostración formal de su competencia para llevar a cabo tareas específicas de evaluación de la conformidad.

Es importante destacar que en principio la acreditación es voluntaria. Puede ser una institución de naturaleza privada o pública. Su alcance busca el atender las necesidades del mercado en el ámbito privado, y también en el ámbito público, cuando apoyan políticas públicas de las autoridades con competencia en regulación, control y fiscalización; como es el caso de la legislación respecto al cumplimiento de los VMA (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2019).

En ese sentido, se acreditan organismos de evaluación de la conformidad como laboratorios de ensayo, organismos de inspección, organismos de certificación de productos, sistemas o personas. Es así, que el campo de la evaluación de la conformidad incluye actividades como ensayos, inspección y certificación.

La evaluación de la conformidad proporciona beneficios para cada nivel involucrado, desde los fabricantes hasta los consumidores, así como también al comercio en general.

Los organismos internacionales de importancia para los organismos de acreditación son ILAC, IAF y IAAC. En el Perú el Organismo rector en Acreditación es el INACAL, que acredita a organismos de evaluación de la conformidad (Congreso de la República del Perú 2014).

En resumen, en el Perú, los servicios de infraestructura de la calidad son brindados por el Instituto Nacional de Calidad-INACAL, a través de la Dirección de Normalización, ente encargado de la aprobación de normas técnicas peruanas; la Dirección de Acreditación, encargada de la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad, y la Dirección

de Metrología, encargada de la custodia de los patrones nacionales de las magnitudes de medición de los servicios de calibración y de proveer materiales de referencia certificados (Congreso de la República del Perú 2014)

2.3. USO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA CALIDAD

En el año 2010, el Ministerio de Economía y Finanzas encargó al Consejo Nacional de la Competitividad, la realización de un estudio diagnóstico del estado de la infraestructura de la calidad en el Perú. El diagnóstico fue realizado por AENOR Internacional, quien detectó la necesidad de fortalecer la infraestructura de calidad en el Perú, con el objetivo de acompañar el crecimiento económico, la competitividad de las empresas y la protección de los consumidores.

Una de las recomendaciones de este estudio fue el de fortalecer la institucionalidad de la infraestructura de la calidad y establecer una mayor coordinación entre los actores públicos y privados para el buen uso de los servicios de la infraestructura de la calidad.

Un aspecto clave de esta coordinación es, por ejemplo, el uso de los servicios de infraestructura de la calidad por las entidades regulatorias para los sistemas de vigilancia y control; con ello se genera la demanda de servicios confiables y seguros. En este aspecto la infraestructura de la calidad tiene carácter de bien público (Hillner y Valqui 2011).

Se puede afirmar que sin ensayos y mediciones correctas no hay calidad, y sin calidad no hay competitividad ni futuro para la economía de un país. Su impacto económico y social es mucho más importante de lo que podría parecer. En los países desarrollados representa una cifra del 8 por ciento del PIB y sus efectos son tan positivos que contribuyen no solo al progreso de la ciencia, la industria y el desarrollo de un país, sino que representa la mejora de las condiciones generales de vida desde el punto de vista de la salud, así como en los niveles de contaminación de las ciudades, entre otros (AENOR 2011).

Diversos estudios de impacto demuestran que los servicios brindados por la infraestructura de la calidad generan impactos positivos tanto en lo económico como lo social (Concalves, et al. 2014). Estos impactos pueden ser a nivel macroeconómico, sectorial, empresarial; con el fin de promover la protección de los consumidores y de mejorar la protección del medio

ambiente. En un análisis de la cadena de impacto de los servicios de los componentes de la infraestructura de la calidad, se puede vislumbrar que la utilidad directa de esta, se relaciona con la definición de especificaciones técnicas para un producto o un servicio y la comprobación del cumplimiento o la evaluación de la conformidad (Hillner y Valqui 2014).

2.3.1. Uso de la Infraestructura de la calidad en el sector saneamiento

El uso de los servicios de infraestructura de la calidad en el sector saneamiento para fortalecer el control y evidenciar la disminución de los niveles de contaminación a los cuerpos receptores (Carbajal y Esparragoza 2008), es una buena práctica seguida por varios países, como Chile y Brasil, por citar algunos de la región.

En el Perú, el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA establece que las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), deben monitorear la concentración de los parámetros de descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, a través de laboratorios acreditados por INACAL, que realizan los análisis de aguas residuales de los parámetros establecidos en los Anexos 1 y 2 del reglamento (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2019).

Aunque pareciera que se focaliza sólo en uno de los pilares de la infraestructura de la calidad, como es la acreditación, en realidad no es así, ya que la acreditación de los laboratorios involucra a los organismos de evaluación de la conformidad, a la normalización y a la metrología, dado que la Infraestructura de la calidad opera como un engranaje sistémico.

Es decir, la acreditación de los laboratorios se realiza en base a métodos de ensayos normalizados o validados, involucrando a las actividades de normalización y de Metrología, en la necesidad de contar con materiales de referencia y con instrumentos calibrados por parte de los laboratorios acreditados.

2.3.2. Capacidades de la Infraestructura de la calidad para los VMA

Para cumplir con esta normativa es necesario contar con una adecuada infraestructura de la calidad, ya que para evaluar las descargas de aguas residuales no domésticas se requiere, en primer lugar, contar con métodos estandarizados; más aún, si en base a los resultados de su

aplicación, se toman decisiones que implican un cobro por el principio del que contamina paga, en caso se excedan los límites de los parámetros básicos; o corte del servicio, en el caso de que se excedan los parámetros complementarios de la normativa existente.

Sobre la estandarización de los métodos de ensayo y de muestreo, se tienen los métodos estándares para la evaluación de aguas residuales de la Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association -APHA), los de la Agencia Americana de Medioambiente –EPA, los de la Organización Internacional de Normalización -ISO, y en el nivel nacional, los de las Normas Técnicas Peruanas. Es decir, existen métodos normalizados disponibles para atender los VMA; no obstante, es importante investigar su aplicación por los laboratorios acreditados y no acreditados a nivel nacional.

Un aspecto a resaltar es que en el año 2016 se aprobó la Norma Técnica Peruana *NTP 214.060:2016. Aguas Residuales. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descarguen en la red de alcantarillado* (INACAL, 2020 Biblioteca virtual), y se incorporó en el artículo 12 del Decreto Supremo N° 010-2019 como la norma de referencia para la toma de muestra puntual por los laboratorios acreditados, al cabo de un año de su aplicación de manera vinculante, es necesario evaluar su aplicabilidad y valoración por los laboratorios acreditados.

Otro aspecto clave es que la normativa de los VMA es de aplicación nacional, por lo tanto, se requiere conocer si existen laboratorios acreditados suficientes a nivel nacional, así como conocer si existen laboratorios con capacidad de acreditarse, en función de su capacidad analítica y de los métodos normalizados o métodos validados que aplican.

Si en caso los laboratorios no aplican métodos normalizados, deben validar el método que aplican. Un método debe ser validado cuando es necesario demostrar que sus características de desempeño son adecuadas para el uso previsto. La validación se realiza cuando se usan métodos no normalizados, métodos desarrollados por el laboratorio, métodos normalizados usados fuera de su ámbito de aplicación y en ampliaciones o modificaciones de métodos normalizados.

De acuerdo a lo indicado en 7.2.1.5 de la NTP-ISO/IEC 17025, para la validación se puede usar una de las siguientes técnicas: la precisión utilizando materiales de referencia, la

evaluación de la incertidumbre de medición de los resultados y las comparaciones inter laboratorio, entre otras. En ese sentido, los laboratorios acreditados sólo tienen la opción de usar métodos normalizados o validados. Cuando utilizan métodos normalizados deben confirmar su capacidad para aplicar el método dentro del proceso de verificación, lo que implica demostrar que el método funciona adecuadamente en el laboratorio (EURACHEM, 2016). Ello constituye una fortaleza importante del sistema de verificación de los VMA establecido por el marco legal vigente.

De acuerdo a lo indicado en 7.2.2.3 de la NTP –ISO/IEC 17025, las características de desempeño de los métodos validados que demuestran que el método funciona adecuadamente en el laboratorio, pueden incluir, pero no se limitan a: el rango de medición, la exactitud, la incertidumbre de medición de los resultados, el límite de detección, el límite de cuantificación, entre otros. Del mismo modo, en la *Guía de Laboratorio para Validación de Métodos y Temas Relacionados* de EURACHEM, se menciona que, en la validación de métodos, comúnmente se determinan el límite de detección y el límite de cuantificación.

Ello es importante cuando las mediciones se realizan a concentraciones bajas, en ese caso es necesario conocer la concentración más baja del analito que puede ser detectada por el método a un nivel de confianza especificado. Los términos como “límite de detección” (LD), “valor mínimo detectable”, son utilizados para este concepto (EURACHEM 2016). La ISO utiliza como término general “valor mínimo detectable de la variable en estado neto” lo cual se traduce como “la concentración neta mínima detectable”. Adicionalmente, es importante establecer el nivel más bajo en el cual el desempeño es aceptable para una aplicación típica. Este concepto usualmente es referido como el límite de cuantificación (LQ) (EURACHEM 2016).

Otro aspecto importante, es distinguir entre el límite de detección del instrumento y el límite de detección del método. El límite de detección del instrumento puede basarse en el análisis de una muestra, usualmente un blanco de reactivo, sometido directamente al instrumento, mientras que, para obtener el límite de detección de un método, el LD debe basarse en el análisis de muestras que hayan sido sometidas a todo el proceso de medición. En 2.5 se mencionan algunos límites de detección de los métodos o de los instrumentos, cuando los métodos para los ensayos de los parámetros definidos para los VMA de acuerdo a la legislación vigente, lo mencionan.

En la presente investigación se busca evidenciar si los laboratorios en general tienen en cuenta el límite de detección, para ensayos límite de impurezas o contaminantes, y el límite de cuantificación para la cuantificación de impurezas o contaminantes. Otra característica de desempeño importante sería la selectividad; sin embargo, cuando se utilizan métodos normalizados y se aplican dentro de su alcance, la selectividad usualmente ha sido estudiada como parte del proceso de normalización, por lo que no se evalúa dicha condición (EURACHEM 2016).

Por otro lado, los laboratorios deben identificar y medir la incertidumbre. Cuando se evalúa la incertidumbre, se debe tener en cuenta todas las contribuciones que son significativas. La Incertidumbre no implica duda sobre la validez de una medida; al contrario, el conocimiento de la incertidumbre implica un aumento de la confianza en la validez del resultado de una medición (Guía CG 4 EURACHEM / CITAC 2012). Es importante conocer si los laboratorios en general evalúan la incertidumbre de los métodos que aplican para los ensayos de VMA.

Respecto a la necesidad de que los laboratorios acreditados realicen ensayos de aptitud para mantener la competencia técnica en los métodos que tienen acreditados, se evidencia en la Lista de Proveedores de Ensayos de Aptitud e Inter comparaciones, publicada en la página web de INACAL, que existe en el Perú un único proveedor para la matriz agua, siendo el proveedor, la Dirección de Metrología (Lista de Proveedores de Ensayo de Aptitud e Inter Comparaciones INACAL 2020).

El último programa de ensayos de aptitud para la matriz agua, referido a la determinación de DQO, SST, pH, conductividad electrolítica, dureza total, alcalinidad total, cloruros, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn, fue realizado entre julio y setiembre de 2019.

Para la demostración de la competencia técnica de los laboratorios acreditados, es importante contar con materiales de referencia certificados relacionados a los parámetros de los VMA.

Se encontró información en la web institucional de INACAL respecto a los Materiales de Referencia Certificados (MRC) de la Dirección de Metrología:

MRC 027: Solución acuosa de biftalato de potasio preservada en ácido sulfúrico a 0.25% (v/v). Este material de referencia puede ser empleado para la evaluación analítica del método empleado por los laboratorios para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno en agua, tales como muestra control, muestras para estudios de repetibilidad y/o reproducibilidad, muestras para estudios de exactitud y validación de métodos de ensayos. Su concentración es de 2 000 mg O₂/l, con una incertidumbre de 107mg O₂/l. Los valores se han elegido tomando como referencia los VMA.

MRC 020: Solución Multielemental de Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en Agua Mineral. Este material de referencia puede ser usado en la medición de Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn por cualquier técnica analítica para el aseguramiento de calidad de los procesos de medición y de control de instrumento. Los valores certificados del material de referencia se han elegido tomando como referencia los VMA, como se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Material de Referencia Certificado parámetros VMA

Elementos	Concentración	Incertidumbre
Al	7,336 mg/l	Al ± 0,297 mg/l
As	1,544 mg/l	As ± 0,058 mg/l
Cd	1,188 mg/l	Cd ± 0,117 mg/l
Cr	3,488 mg/l	Cr ± 0,143 mg/l
Cu	2,574 mg/l	Cu ± 0,091 mg/l
Fe	1,070 mg/l	Fe ± 0,065 mg/l
Mn	0,833 mg/l	Mn ± 0,056 mg/l
Ni	2,500 mg/l	Ni ± 0,190 mg/l
Pb	4,542 mg/l	Pb ± 4,542 mg/l
Zn	3,225 mg/l	Zn ± 0,173 mg/l

FUENTE: Web INACAL (2020).

2.4. LEGISLACIÓN NACIONAL PARA EL CONTROL DE LOS VMA

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, se refiere a la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos; establece en la meta 6.3: “Al 2030 mejorar la calidad del agua

reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial” (OMS-ONU HABITAT 2018).

Para lograr el cumplimiento de la meta 6.3 es necesario establecer una normativa acorde a lo que se desea alcanzar al 2030, es decir reduciendo la contaminación del agua, eliminando el vertimiento ilícito o no controlado, monitoreando las aguas residuales tratadas y midiendo que cumplan con la normativa establecida.

El Decreto Legislativo N° 1280 que aprueba la Ley marco de la gestión y prestación de los servicios de saneamiento, en su Art 25 establece la prohibición de descargar en las redes de alcantarillado sanitario, sustancias o elementos extraños que contravengan las normas vigentes sobre la calidad de efluentes.

Con el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, se aprueba el reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario y se deroga el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Tal como se menciona en el Art 2 del Decreto Supremo N° 010-2019 VIVIENDA, la finalidad del reglamento es preservar y hacer sostenible el sistema de alcantarillado, incentivar el tratamiento de las aguas residuales no domésticas y disminuir el riesgo de exposición a contaminantes, del personal que tiene contacto con las descargas de aguas residuales.

Para ello, los Usuarios No Domésticos (UND) del servicio de alcantarillado sanitario no deben exceder los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos. Esto se refiere a la concentración máxima que pueden tener las aguas residuales no domésticas, para cada parámetro establecido en el reglamento en mención. Sobre este valor se corre el riesgo de afectar los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Para cumplir con la normativa las Entidades Prestadoras de los Servicios de Saneamiento-EPS deben:

- Identificar y registrar a la totalidad de los UND de su localidad. A marzo de 2020 debieran estar registrados y/o actualizados la totalidad de sus UND.
- Realizar tomas de muestras inopinadas y analizarlas a través de un laboratorio acreditado por INACAL. Los ensayos se realizan según la actividad económica del UND en base a la Clasificación Industrial Internacional (CIU), de acuerdo a lo establecido en la Resolución Ministerial N° 360 -2016-VIVIENDA.
- Realizar la toma de muestra inopinada anualmente al 15% de los UND del registro.
- Pagar el costo de los análisis de monitoreo si los VMA se cumplen.
- En caso de exceso de los parámetros básicos del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, cobrar por el pago por exceso, mientras el UND no implemente acciones de mejora.
- Suspender el servicio de agua potable y alcantarillado si luego de 60 días de detectar incumplimiento de alguno de los parámetros complementarios de los VMA, el UND no aplica acciones correctivas.
- Aprobar el tratamiento propuesto el cual debe culminarse en 18 meses como máximo.
- Suspender definitivamente el servicio, si estando suspendido un UND se conecta clandestinamente a la red de alcantarillado o el UND rehabilita la conexión sin autorización de la EPS.
- Comunicar a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el incumplimiento del UND, para que esta evalúe la cancelación de la licencia de uso.
- Gestionar que, a marzo del 2021, todos los UND cuenten con una caja de registro o dispositivo similar como conexión domiciliaria en la parte externa de su predio.
- Identificar y determinar el punto para toma de muestra temporal del UND el cual, en todos los casos, debe estar ubicado antes de la red de alcantarillado sanitario.
- Informar a SUNASS anualmente las actividades de realizadas.

Los UND deben cumplir si superan los VMA:

- Implementar sistemas de tratamiento y/o modificar su sistema productivo.
- Elaborar y presentar, un balance hídrico del proceso productivo que incluya el sistema de tratamiento y la ubicación del punto de toma de muestra.
- Pagar el importe de la muestra inopinada.
- Cumplir con las normas sectoriales.

El control de las aguas residuales de los UND es importante puesto que, si las aguas residuales industriales son vertidas al alcantarillado público sin tratamiento, las empresas de saneamiento no pueden realizar eficientemente el tratamiento de las aguas residuales mixtas, por la sobrecarga a las plantas de tratamiento de aguas residuales con valores de DBO y DQO muy altos por encima de su capacidad de diseño, generando efluentes por encima de los LMP (Bauer et al. 2017).

En Tabla 2 se presentan los parámetros básicos del Decreto Supremo N° 010-2019 Vivienda, los cuales si son excedidos procede el pago adicional por los UND, de acuerdo a la metodología establecida por SUNASS.

Tabla 2: VMA sobre los cuales se hará pago adicional si son excedidos

Parámetros básicos	Símbolo	VMA	Unidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	500	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	DQO	1,000	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	S.S.T	500	mg/l
Aceites y Grasas	A y G	100	mg/l

FUENTE: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2019).

De acuerdo a la Resolución de Consejo Directivo N° 011-2020-SUNASS-CD se establece que, a partir de los resultados de los análisis del laboratorio acreditado, la EPS ubica el rango de concentración correspondiente para cada parámetro. En función al rango establecido, se determinan factores individuales de exceso de concentración.

Para DBO₅ los factores de ajuste tienen rangos porcentuales de 60-500%, para DQO de 84-700%, para SST de 48-400% y para A y G de 48-400%.

El factor de ajuste (F) se calcula como sigue:

$$F = F \text{ DBO}_5 + F \text{ DQO} + F \text{ SST} + F \text{ A y G}$$

El importe a facturar por el servicio sanitario será el correspondiente multiplicado por el factor de ajuste.

En la Tabla 3 se presentan los VMA de parámetros que sí son sobrepasados y no se toma acción, ya sea con la modificación del proceso o el tratamiento respectivo; se procede a la suspensión del servicio de agua y alcantarillado sanitario de uso no doméstico.

Tabla 3: VMA sobre los cuales se suspende el servicio

Parámetros complementarios	Simbología	VMA	Unidad
Aluminio	Al	10	mg/l
Arsénico	As	0.5	mg/l
Boro	B	4	mg/l
Cadmio	Cd	0.2	mg/l
Cianuro	CN-	1	mg/l
Cobre	Cu	3	mg/l
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	0.5	mg/l
Cromo total	Cr	10	mg/l
Manganeso	Mn	4	mg/l
Mercurio	Hg	0.02	mg/l
Níquel	Ni	4	mg/l

«Continuación»

Plomo	Pb	0.5	mg/l
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	1000	mg/l
Sulfuros	S ⁻²	5	mg/l
Zinc	Zn	10	mg/l
Nitrógeno amoniacal	NH ⁺⁴	80	mg/l
Potencial Hidrógeno	pH	6 - 9	
Sólidos sedimentables	S.S	8.50	ml/l/h
Temperatura	T	< 35	°C

FUENTE: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2019).

En base a la legislación vigente, las concentraciones de los parámetros establecidos en las Tablas 2 y 3 se determinan por los laboratorios acreditados a partir de análisis de muestras puntuales. La toma de muestra se realiza en base a la Norma Técnica Peruana *NTP 214.060.2016. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado* (Biblioteca virtual INACAL 2020).

A partir de la legislación existente, en esta investigación se tienen varios aspectos importantes a evaluar:

Conocer si los parámetros definidos en la legislación y sus valores VMA son adecuados, para ello se analizará por legislación comparada, los parámetros y sus límites.

Un aspecto importante es que en el Decreto Supremo N° 010-2019- VIVIENDA a diferencia del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, se estableció la muestra puntual en vez de la muestra compuesta, en razón de la estabilidad de la muestra y de los costos; sin embargo, es importante tener en cuenta que sobre una muestra puntual para un parámetro que sobrepase el valor del VMA se toman decisiones que tienen un efecto sancionador ya sea el pago por exceso o el cierre del servicio. Se evaluará en la legislación comparada, si alguna legislación establece la aplicación de muestreos puntuales para la gestión del control de aguas residuales no doméstica.

Otro aspecto clave para el cumplimiento de la legislación, es la capacidad operativa de las EPS para el registro de los UND y para el monitoreo del cumplimiento de los VMA por los UND de su localidad, ello involucra su capacidad de gestión, así como la disponibilidad de contar con laboratorios acreditados en la zona local; para no encarecer costos y para el mejor manejo de las muestras. Se evaluará la gestión de las EPS y la disponibilidad de laboratorios acreditados por región, así como la capacidad para que laboratorios no acreditados, logren acreditarse en regiones.

Cabe resaltar que en la Resolución de Consejo Directivo N° 011-2020-SUNASS-CD, se establece el índice de cumplimiento de los VMA, para evaluar la capacidad de gestión y cumplimiento de las EPS, respecto a lo siguiente:

- Registro actualizado de UND
- Toma de muestra inopinada.
- Facturación del pago adicional por exceso de VMA de parámetros básicos.
- Cierre de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario por exceso de los VMA de los parámetros complementarios.

$$IVMA (\%) = \alpha_1 RUND + \alpha_2 TMI + \alpha_3 FPA + \alpha_4 CAA$$

$$\sum_{i=1}^4 \alpha_i$$

donde:

RUND: Indicador de Registro actualizado de UND

TMI: Indicador de toma de muestra inopinada

FPA: Indicador de facturación del Pago adicional por exceso VMA de parámetros básicos.

CAA: Indicador de cierre de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario por sobrepasar los VMA de parámetros complementarios.

α : Pesos correspondientes a los indicadores

1=RUND; 2=TMI; 3=FPA; 4=CAA: $\alpha_1 = 15\%$; $\alpha_2 = 40\%$; $\alpha_3 = 30\%$ y $\alpha_4 = 15\%$.

2.5. PARÁMETROS IDENTIFICADOS EN LOS VMA

2.5.1. DBO₅

Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la descomposición de material orgánico, durante un período de tiempo específico de 5 días en una muestra de agua residual. Se utiliza como medida del contenido orgánico fácilmente descompuesto de las aguas residuales.

Es un parámetro básico para describir la biodegradabilidad de un efluente. Valores elevados de DBO₅ pueden causar problemas de deterioro en redes de alcantarillado por formación de gases anaerobios, que pueden ser corrosivos. Un valor de DBO₅ elevado causa costos adicionales en energía, aumento del volumen de reactores y disposición final de lodos.

Debido a que el oxígeno se consume cuando la materia orgánica es biodegradada por microorganismos, se evalúa la concentración de oxígeno disuelto al comienzo y al final de un periodo de 5 días, midiendo la cantidad de oxígeno consumido como consecuencia de la oxidación de la materia orgánica.

No hay directriz ni valores referenciales en la OMS para este parámetro (OMS 2018). El método aplicado por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), recomienda contar con muestras con concentraciones $\geq 2\text{mg/l}$ para tener resultados válidos (SMEWW 5210 B 2017).

2.5.2. DQO

La demanda química de oxígeno (DQO) se utiliza cada vez más como una alternativa a la DBO₅ para medir la demanda de oxígeno. Mientras que la DBO₅ indica la demanda de oxígeno para la oxidación microbiana, las pruebas de DQO evalúan todas las sustancias químicamente oxidables. El procedimiento de análisis de laboratorio de DQO utiliza un oxidante químico agresivo para determinar la materia oxidable; los resultados numéricos suelen ser significativamente más altos que los resultados de DBO en la misma muestra. La proporción de DQO a DBO₅ puede variar sustancialmente según el contenido de los desechos, pero a menudo se usa 2: 1 como regla general para los afluentes de plantas de

tratamiento de aguas residuales municipales. Valores altos de DQO se vinculan con la presencia de sustancias que inhiben el tratamiento biológico. Una relación de DQO/DBO₅ elevada, significa un mayor riesgo y costos para el operador de la planta de tratamiento.

Los resultados de DBO₅ para efluentes con sustancias tóxicas presentes pueden no reflejar la verdadera demanda de oxígeno ya que la toxicidad puede interferir con los resultados de la prueba de DBO₅.

El método de laboratorio de DQO tiene la ventaja de tener un tiempo de respuesta mucho más rápido (aproximadamente 2 horas, en comparación con el bioensayo de 5 días para DBO₅). Además, no se ve afectado por la toxicidad. La DQO es un parámetro útil para el cumplimiento de la legislación ya que la toxicidad no interfiere con la prueba; la DQO es también útil para establecer niveles de pago por exceso, en el caso se superen los valores límites establecidos, siempre que el tratamiento adicional pueda realizarse y su costo no supere el correspondiente al nivel de recargo del pago por exceso.

No hay directriz ni valores referenciales en la OMS para este parámetro (OMS 2018). El método aplicado por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), permite trabajar muestras con concentraciones de DQO > 50 mg O₂/l (SMEWW 5220 B 2017).

2.5.3. Sólidos Suspendidos Totales

Sólidos suspendidos totales (SST) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SST presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SST en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras.

Valores altos de SST inciden en atoros en las redes de alcantarillado. Concentraciones altas de SST significan mayores costos en la remoción y en la disposición final de los lodos.

Un aspecto importante es que el contacto abrasivo y erosivo de los SST con las tuberías y las bombas de alcantarillado puede causar corrosión, particularmente en las juntas, codos, curvas y otras áreas no uniformes.

No existe para este parámetro ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS 2018).

El método aplicado por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020) permite trabajar con muestras con concentraciones a partir de 2.5 mg/l (SMEWW 2540 B D 2017).

2.5.4. Aceites y grasas

El principal problema asociado a los aceites y grasas de origen animal y vegetal no está relacionado con la contaminación o el tratamiento ambiental, sino que suele ser el bloqueo del sistema de recolección.

Un valor elevado de aceites y grasas puede causar problemas de incrustaciones en la red y ocasionar atoros. Concentraciones altas causan un incremento en los costos de operación por la necesidad de su eliminación.

El aceite y la grasa tienen dos componentes principales: materia grasa de origen animal y vegetal e hidrocarburos de origen petrolero

Es necesario conocer la cantidad de aceites y grasas en aguas residuales no domésticas, ya que permite el diseño adecuado y la operación del sistema de tratamiento del agua residual, así como conocer las dificultades de su tratamiento (SMEWW 5520 B 2017).

En ese sentido, se hace necesario implementar por ejemplo el requisito de tratamiento físico previo como las trampas de grasas.

No existe para este parámetro ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS 2018).

El método aplicado por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020) permite un promedio de recuperación del 93% (SMEWW 5520 B 2017).

La Resolución Ministerial N° 360-2012-VIVIENDA, establece 64 actividades económicas sobre la base de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme- CIUU y que se relacionan con cada parámetro de los Valores Máximos Admisibles VMA, para su aplicación obligatoria según corresponda.

Para los parámetros básicos, que corresponden a DB0₅, DQO, SST y Aceites y Grasas, aplica su cumplimiento obligatorio para todas las actividades económicas establecidas en la Resolución Ministerial N° 360-2012, mientras que, para los parámetros complementarios; corresponde su control y monitoreo de acuerdo al tipo de actividad.

2.5.5. Aluminio

El aluminio es el elemento metálico más abundante, constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre; puede estar presente en las aguas residuales no domésticas como resultado de la industria metalmeccánica. Es frecuente en el tratamiento de aguas residuales, el uso de sales de aluminio, como el sulfato de aluminio, que actúa como coagulante para reducir el color, la turbidez, el contenido de materia orgánica y la concentración de microorganismos. Este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede conferir al agua color y turbidez no deseables.

No hay un valor referencial para el aluminio para el agua de consumo humano establecido por la OMS (OMS 2018).

Concentraciones que exceden 1.5 mg/l constituyen un peligro tóxico para el agua marina, niveles por debajo de 200 µg/l, presentan un riesgo bajo; para aguas de riego. La FAO recomienda un nivel máximo de 5 mg/l (SMEWW 3500-A1 A 2017).

De acuerdo al método Eriocromo Cianina R, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), la mínima concentración detectable es de 6 µg/l (SMEWW 3500-A1 B 2017).

2.5.6. Arsénico total

Tiene un origen natural presente principalmente en aguas subterráneas, el contenido de arsénico en suelos naturales, se encuentra entre 5 y 10 mg/kg; en sedimentos de río, el promedio mundial es de 5 mg/kg y en aguas superficiales no contaminadas, la concentración típica es $<1 \mu\text{g/l}$ (Alonso 2014).

También tiene un origen antropogénico cuando se utiliza industrialmente como agente de aleación, y también para el procesamiento de vidrio, pigmentos, textiles, papel, adhesivos metálicos, protectores de la madera y municiones. El arsénico también se emplea en los procesos de curtido de pieles y, en un grado más limitado, en la fabricación de plaguicidas, aditivos para piensos y productos farmacéuticos. Es un contaminante inorgánico altamente tóxico y cancerígeno.

El arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Los esfuerzos por reducir la exposición al arsénico incluyen el establecimiento de valores guía, el límite para la concentración de arsénico en el agua potable es de $10 \mu\text{g/l}$, ($0,01 \text{ mg/l}$) aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición (OMS 2018).

Como referencia se menciona que es factible técnicamente reducir la concentración de arsénico hasta $5 \mu\text{l}$ o menos, mediante cualquier método de tratamiento de agua potable; no obstante, es preciso una cuidadosa optimización y control de los procesos, y es más razonable la expectativa de alcanzar $10 \mu\text{g/l}$ mediante tratamientos convencionales, como la coagulación.

Se tiene el límite de detección $0.1 \mu\text{g/l}$ mediante el método de Plasma Acoplado por Inducción (ICP).

De acuerdo al método Espectrometría de absorción atómica con generación de hidruros, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección del método para su determinación es de $2 \mu\text{g/l}$ (SMEWW 3114 B 2017).

2.5.7. Boro

El boro se encuentra de forma natural en aguas subterráneas, pero su presencia en aguas superficiales con frecuencia es consecuencia del vertido en aguas superficiales de efluentes de aguas residuales tratadas. Los compuestos de boro se utilizan en la fabricación de vidrio, jabones y detergentes.

Los tratamientos convencionales del agua para eliminar cantidades significativas de boro como la coagulación, la sedimentación y la filtración, no eliminan cantidades significativas de su presencia. Los tratamientos de intercambio iónico y de osmosis inversa pueden conseguir una disminución sustancial; sin embargo, el único método económico para disminuir la concentración de boro en aguas, es la mezcla con aguas con concentraciones bajas de boro. El valor de referencia fijado para el tratamiento de agua potable por la OMS es de 2.4 mg/l (OMS 2018).

Se tiene el límite de detección de 0.15 µg/l mediante el método Plasma Acoplado por Inducción (ICP) y de 6-10 µg/l mediante el método de Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado por Inducción (ICP-AES).

De acuerdo al método Carmín, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), la mínima cantidad detectable del método para su determinación es de 2 µg/l, con concentraciones de muestras de 1 a 10 mg/l (SMEWW 4500-B C 2017).

2.5.8. Cadmio

Es uno de los metales más tóxico y biopersistente, se utiliza en la industria del acero y de plástico. Los compuestos de cadmio son un componente muy utilizado en pilas eléctricas. Se libera al medio ambiente en las aguas residuales y por contaminación difusa a través de fertilizantes.

Como referencia para el tratamiento de agua potable, puede reducirse la concentración de este metal hasta 0,02 mg/l mediante coagulación o ablandamiento por precipitación.

El valor de referencia de cadmio para el agua potable es de 0.003 mg /l (3 µg/l) (OMS 2018).

Se tiene el límite de detección de 0.01 µg/l mediante el método de Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado por Inducción (ICP-MS) y de 2 µg/l mediante Espectrometría de Absorción Atómica de Llama (FAAS).

De acuerdo al método de Espectrometría de absorción atómica de llama directa de Aire-Acetileno, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección del instrumento es de 0,002 mg/l (2µg/l) de Cd, con un rango óptimo de concentración de muestra de 0,05 a 2 mg/l (SMEWW 3111 B 2017).

2.5.9. Cianuro total

El cianuro es utilizado en la minería puesto que enlaza fuertemente con muchos metales. El cianuro inorgánico es potencialmente letal, es tóxico por la inhibición de ciertas proteínas. La toxicidad aguda del cianuro es alta; no se descompone rápidamente en el medio ambiente debido a su estabilidad y su presencia en el alcantarillado, como gas tóxico, es motivo de preocupación.

Se ha demostrado que aguas cianuradas de mina, tratadas con un método oxidativo con permanganato potásico como agente oxidante, ha conseguido resultados favorables, permitiendo la reducción de la contaminación hasta niveles exigidos en la legislación vigente para envío a un cauce público en España (Fernández 2007).

Si bien en la tercera edición de la guía de valores de referencia de la OMS del 2006, el valor de referencia para el cianuro para el agua potable era de 0.07 mg /l, en la cuarta edición del 2011, debido a que las concentraciones en el agua de consumo humano están muy por debajo de las que representan una preocupación para la salud, se retiró el valor referencial para el agua potable (OMS 2018).

Como referencia para el tratamiento de agua potable, puede reducirse la concentración de cianuro con dosis de agentes oxidantes fuertes como el cloro (OMS 2006).

El nivel de detección para métodos de análisis volumétricos y fotométricos es de 2 µg/l.

De acuerdo al método de cianuro total después de destilación y el de electrodo selectivo de cianuro, disponibles por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), se requieren muestras con concentraciones de 0,05 a 10 mg/l (SMEWW 4500-CN C F 2017).

2.5.10. Cobre total

El cobre es un metal importante porque posee propiedades que lo hacen útil para una diversidad de usos. La mayoría de las aguas superficiales y subterráneas del mundo que se utilizan para beber contienen cobre, pero en cantidades que no ofrecen riesgo para el ser humano. El procedimiento habitual para combatir la corrosión por cobre es aumentar el pH hasta un valor entre 8 a 8,5. Los tratamientos convencionales no eliminan el cobre.

El valor de referencia de cobre total para el agua potable es de 2 mg /l (2000 µg/l) (OMS 2018).

De acuerdo al método de Espectrometría de absorción atómica de llama directa de Aire-Acetileno, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección del instrumento es de 0,01 mg/l de Cu, con un rango óptimo de concentración de muestra entre 0,2 a 10 mg/l (SMEWW 3111 B 2017).

2.5.11. Cromo VI

Desde el punto de vista industrial, el cromo hexavalente tiene propiedades útiles, como la resistencia a la corrosión, la durabilidad y la dureza. Por ello, tiene múltiples usos: como anticorrosivo, en la fabricación de pigmentos, en acabado de metales, cromados, en la producción de acero inoxidable, en el curtido de cueros y como conservante para madera. Sin embargo, en el ámbito de la salud tiene especial importancia su eliminación en los sistemas acuosos, por su toxicidad y su carácter cancerígeno (SMEEWW 3500-Cr B 2017).

El tratamiento de eliminación de Cr (VI) de aguas residuales se aplica en dos etapas: la primera, Cr (VI) es reducido a Cr (III) mediante el empleo de agentes químicos como FeSO₄, FeCl₂, NaHSO₃ o SO₂, en la segunda etapa, el Cr (III) formado es precipitado como Cr(OH)₃ o Cr₂O₃ (López 2016).

El método Colorimétrico, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), es aplicable para la determinación de cromo VI en un rango desde 100 a 1000 $\mu\text{g/l}$, el rango puede extenderse con apropiadas diluciones (SMEWW 3500-Cr B 2017), el método de cromatografía iónica con detección fotométrica, es aplicable para la determinación de cromo VI en aguas residuales industriales en un rango desde 0.5 hasta 5000 $\mu\text{g/l}$, (SMEWW 3500-Cr C 2017) sin embargo, no hay laboratorios acreditados con este método.

2.5.12. Cromo total

Es un metal que se halla espontáneamente en el agua, el suelo y las rocas. Su toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra.

En la industria, el cromo y sus compuestos tienen una gran variedad de aplicaciones que abarcan procesos de: curtido, pigmentos textiles, aleaciones, catalizadores, agentes anticorrosivos, baterías, fungicidas, recubrimientos metálicos, electro galvanizados, etc. (López 2016).

Para el tratamiento de agua potable la concentración de Cromo debería reducirse hasta 0.015 mg/l mediante coagulación.

Se tiene un valor de referencia para el agua potable de 0.05 mg/l (50 $\mu\text{g/l}$) para el cromo total; sin embargo, el valor de referencia es provisional debido a la incertidumbre de datos toxicológicos (OMS 2018)

El límite de detección es 0.05-0.2 $\mu\text{g/l}$ para el cromo total mediante el método de espectrometría de absorción atómica.

De acuerdo al método de Espectrometría de absorción atómica de llama directa de Aire-Acetileno, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección del instrumento es de 0,02 mg/l de Cr, con un rango óptimo de concentración de muestra de 0,2 a 10 mg/l (SMEWW 3111 B 2017).

2.5.13. Manganeso

El manganeso es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre, su presencia suele estar asociada a la del hierro. Se utiliza en la fabricación de aleaciones de hierro y acero, como oxidante para la limpieza, en el blanqueado, en la desinfección en forma de permanganato potásico, y como ingrediente de diversos productos; también se ha utilizado en un compuesto orgánico, como potenciador del octanaje de la gasolina denominado Tricarbonilo Metilciclopentadienilo de Manganeso (MMT). En algunos lugares se utilizan arenas verdes de manganeso para el tratamiento del agua potable. Los estados de oxidación más importantes para la biología y el medio ambiente son el Mn^{2+} , el Mn^{4+} y el Mn^{7+} . Hay manganeso de origen natural en muchas fuentes de aguas superficiales y subterráneas (OMS 2018).

De acuerdo al método de Espectrometría de absorción atómica de llama directa de Aire-Acetileno, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección del instrumento es de 0,01 mg/l de Mn, con un rango óptimo de concentración de muestra de 0,1 a 10 mg/l (SMEWW 3111 B 2017).

2.5.14. Mercurio

Metal presente en forma natural en el ambiente que tiene varias formas químicas. El mercurio inorgánico está presente en aguas superficiales y subterráneas en concentraciones generalmente menores de 0.5 $\mu\text{g/l}$, aunque pueden darse concentraciones mayores en aguas subterráneas.

El mercurio se utiliza en la producción electrolítica de cloro, en electrodomésticos, en amalgamas dentales y como materia prima para diversos compuestos de mercurio. Se ha demostrado que el mercurio inorgánico se metila en agua dulce y en agua de mar.

La concentración se debería reducir hasta menos de 1 $\mu\text{g/l}$ mediante el tratamiento con carbón activado en polvo o utilizando métodos como la coagulación-sedimentación-filtración o el intercambio iónico en aguas que no estén muy contaminadas con mercurio.

Existe un valor de referencia para el mercurio inorgánico de 0.006 mg/l (6 µg/l) y su límite de detección es de 0.05 µg/l mediante el método de Espectrometría de absorción atómica de vapor frío, de 0.6 µg/l mediante el método de Plasma Acoplado por Inducción-ICP y de 5 µg/l mediante el método de Espectrometría de absorción atómica de llama- FAAS (OMS 2018).

Los métodos disponibles por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020) son el Método por espectrometría de fluorescencia atómica (UNE-EN ISO 17852 2008) y el Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (SMEWW 3112 B 2017).

2.5.15. Níquel

El níquel se utiliza principalmente en la producción de acero inoxidable y de aleaciones de níquel. Para el tratamiento de agua potable la concentración de níquel se debería reducir hasta 20 µg/l mediante tratamientos convencionales, como la coagulación. Si el níquel de origen natural se moviliza en aguas subterráneas, se elimina mediante adsorción o intercambio de iones.

Un aumento del pH para controlar la corrosión de otros materiales también debería reducir la contaminación por níquel.

La OMS ha establecido un valor de referencia para el agua potable de 0.07 mg/l (70 µg/l) (OMS 2018).

El límite de detección es 0.1 µg/l mediante el método de Espectrometría de masa con plasma acoplado por inducción -ICP/MS, de 0.5 µg/l con el método de Espectrometría de absorción atómica de llama- FAAS, y de 10 µg/l por Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado por inducción-ICP-AES (OMS 2018).

De acuerdo al método de Espectrometría de absorción atómica de llama directa de Aire-Acetileno, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección del instrumento es de 0,02 mg/l de Mn, con un rango óptimo de concentración de muestra de 0,3 a 10 mg/l (SMEWW 3111 B 2017).

2.5.16. Nitrógeno amoniacal

El nitrógeno presente en forma de amoniaco se denomina nitrógeno amoniacal. Una característica particular es que su comportamiento depende del pH: a pH ácido permanece disuelto en el agua como ion amonio mientras a pH alcalino se transforma en gas amoniaco, el cual es susceptible de volatilizarse al ambiente. El gas amoniaco es sumamente irritante y potencialmente mortal en concentraciones elevadas, la vida acuática muere fácilmente si su nivel aumenta; no obstante, hay mecanismos biológicos que lo pueden transformar o asimilar antes que se acumule.

El nitrógeno amoniacal se produce por descomposición de la urea, compuesto siempre presente en las aguas residuales sanitarias, por hidrólisis enzimática. La hidrólisis de la urea se ve favorecida por un pH alcalino entre 8,2 y 9,0. El avance de la hidrólisis origina a su vez un aumento del pH del medio, el proceso es rápido y produce una cantidad excesiva de amoníaco, que sobrepasa los requerimientos de los microorganismos para la síntesis proteica; con la consecuente pérdida de nitrógeno en el medio y el posible peligro de toxicidad. Las aguas superficiales no deben contener amoníaco y en general la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa.

No hay un valor referencial para agua de consumo humano porque sus concentraciones en el agua de consumo humano son tan bajas, que no representan una preocupación para la salud (OMS 2018).

El método disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020) es el de Electrodo selectivo de amoníaco, y es aplicable en el rango desde 0,03 a 1400 mg/l (SMEWW 4500-NH₃ 2017).

2.5.17. pH

La medición del pH es una de las mediciones más importantes en el análisis de aguas residuales debido a que prácticamente todas las fases de tratamientos de aguas residuales como la neutralización ácido base, el ablandamiento de agua, la precipitación, la

coagulación, la desinfección y el control de la corrosión; son dependientes del pH (SMEWW 4500-H⁺ B 2017).

Por ejemplo, con un pH alcalino se reduce las emisiones de olores del sistema de recolección, debido a una reducción en la cantidad de sulfuro de hidrógeno acuoso, también ayuda al proceso de nitrificación, mejora la precipitación y la eliminación de metales pesados tóxicos, mediante clarificación primaria.

No hay un valor referencial para el agua potable basado en efectos sobre la salud para el pH; no obstante, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua (OMS 2018).

El método disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), es el Método electrométrico (SMEWW 4500-H⁺ B 2017).

2.5.18. Plomo total

Es un metal tóxico muy peligroso para la salud, sus propiedades permiten que tenga numerosas aplicaciones tanto en la industria química, metalúrgica como en la construcción. El plomo se utiliza principalmente en la producción de baterías de plomo ácido, en la soldadura y en aleaciones.

El plomo entra al agua potable primordialmente como resultado de la corrosión o el desgaste de los materiales, que están en el sistema de suministro de agua y en la plomería doméstica.

EL valor de referencia para el agua potable es de 0.01 mg/l (10 µg/l), este valor se considera como provisional sobre la base de la eficacia del tratamiento y la capacidad analítica. (OMS 2018).

El límite de detección es de 1 µg/l por el método de Espectrometría de absorción atómica-AAS; el límite de cuantificación practico es de 1-10 µg/l (OMS 2018).

De acuerdo al método de Espectrometría de absorción atómica de llama directa de Aire-Acetileno, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020),

el nivel de detección del instrumento es de 0,05 mg/l de Pb, con un rango óptimo de concentración de muestra de 1 a 20 mg/l (SMEWW 3111 B 2017).

2.5.19. Sólidos Sedimentables

Es la cantidad de material que sedimenta en una muestra de agua residual en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/l) o de una masa (mg/l), mediante volumetría y gravimetría respectivamente. El método es aplicable a todo tipo de aguas.

No hay valor de referencia para este parámetro para el agua potable establecido por la OMS.

De acuerdo al método volumétrico de cono *imhoff* de Sólidos sedimentables, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), se tiene un límite práctico en un rango entre 0,1- 1 ml/l como nivel inferior de medición (SMEWW 2540 F 2017).

2.5.20. Sulfatos

Los sulfatos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden estar presentes en aguas desde bajas hasta altas concentraciones. Aguas residuales de la industria minera pueden tener concentraciones de sulfatos.

La presencia de sulfatos en el agua puede contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución. Los sulfatos causan corrosión al reaccionar con el calcio en el concreto para formar sulfato de calcio, que puede hacer que el concreto se agriete (EPA-832-R92-001 1992).

No se tiene un valor de referencia para los sulfatos en base a su impacto en la salud; no obstante, debido a los efectos gastrointestinales de la ingestión de agua para consumo humano, con concentraciones altas de sulfatos, se recomienda notificar a las autoridades de salud las fuentes de agua de consumo humano en las que las concentraciones de sulfatos rebasen los 500 mg/l. Posiblemente sea un agente cancerígeno, cuando en ciertas

condiciones da lugar a ácido sulfhídrico H_2S , que es un gas tóxico (OMS 2018).

De acuerdo al método Turbidimétrico, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección está en el rango de 1 a 40 mg/l de SO_4^{2-} (SMEWW 4500- SO_4^{2-} E 2017).

2.5.21. Sulfuros

Los sulfuros están presentes en aguas subterráneas y sedimentos. Es producido por la descomposición de la materia orgánica y por la reducción bacteriana de los sulfatos.

El sulfuro de hidrogeno es un gas con un olor desagradable característico a “huevo podrido” y es detectable en concentraciones muy bajas, por debajo de $0.8 \mu g/m^3$ en el aire. Se forma por la hidrolisis de los sulfuros en el agua; sin embargo, la concentración de sulfuro de hidrogeno en el agua de consumo humano será generalmente baja, porque los sulfuros se oxidan rápidamente en aguas bien oxigenadas o en el agua clorada; por ello no hay un valor de referencia para el agua potable (OMS 2018).

La toxicidad aguda para las personas por sulfuro de hidrógeno inhalado es alta; se puede observar irritación ocular por inhalación de concentraciones del gas de $15-30 mg/m^3$.

El sulfuro de hidrógeno corroe metales como hierro, cobre, plomo y zinc. También es un precursor del ácido sulfúrico, que corroe el hormigón y los metales (EPA-832-R92-001 1992).

De acuerdo al método de Electrodo selectivo de iones, disponible por los laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el nivel de detección es de 5 mg/l de S^{2-} con un rango óptimo de concentración de muestra de 0,032 a 100 mg/l (SMEWW 4500- S^{2-} G, H 2017).

2.5.22. Temperatura

El control de la temperatura es importante para evitar puntos de inflamación, combustión de vapores, protección contra incendios y explosiones; que pueden afectar los sistemas

sanitarios y poner además, en riesgo la salud de las personas a cargo del tratamiento de las aguas residuales.

Se cuenta con dos métodos acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), el método de Laboratorio y campo (SMEWW 2550 B 2017) y el método de Calidad de agua para la determinación de la temperatura en agua (NTP 214.050:2013).

2.5.23. Zinc

Es un metal químicamente activo, pero poco abundante en la corteza terrestre.

La solubilidad del zinc en agua es función del pH y de la concentración de carbono inorgánico total; la solubilidad del carbonato básico de zinc disminuye al aumentar el pH y la concentración de carbonatos. En aguas de alcalinidad baja, un aumento del pH a 8,5 debería bastar para controlar la disolución del zinc.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el zinc en el agua de uso y consumo (OMS 2018).

De acuerdo al método de Espectrometría de absorción atómica de llama directa de Aire-Acetileno, disponible por los laboratorios acreditados (INACAL 2020), el nivel de detección del instrumento es de 0,05 mg/l de Zn, con un rango óptimo de concentración de muestra de 0.05 a 2 mg/l (SMEWW 3111 B 2017).

Otros parámetros identificados que no se encuentran en la legislación nacional de VMA

Se lista a continuación con una breve explicación, otros parámetros identificados que no están en la legislación nacional para VMA pero que se encontraron en las legislaciones de por lo menos 5 países:

2.5.24. Sustancias fenólicas

Son sustancias orgánicas de importancia en aguas residuales industriales ya que están presentes en subproductos no deseados y en materias primas de industrias de transformación

de lignito, refinerías, petroquímicas, productoras de gas, farmacéuticas, entre otras. Así mismo, pertenecen al grupo de contaminantes más tóxicos y comunes de la industria de plásticos, tintes y papel (Cuizano et al. 2009).

La OMS ha establecido un valor de referencia de 0.2 mg/l (200 µg/l) para el 2,4,6 triclorofenol, en aguas tratadas para consumo humano, el valor se ha establecido en base a estudios que indican que posiblemente sea cancerígeno para el ser humano (OMS 2018).

Se tiene un límite de detección con un rango entre 1-10 µg/l por el método de Cromatografía de gases con detector de captura de electrones (CG-ECD). No se cuenta con laboratorios acreditados con este método. Sí se cuenta con laboratorios acreditados con el método de Fotometría Directa SMEWW 5530 C que tiene una sensibilidad de 1 µg/l y con el método de extracción con cloroformo 5530 D que tiene una sensibilidad de 10 µg/l.

2.5.25. Hidrocarburos

La presencia de hidrocarburos en las aguas residuales puede ser el resultado de operaciones de explotación, refinación, distribución y almacenamiento de petróleo crudo y sus derivados sin tratamiento adecuado. También puede generarse la contaminación por fugas en tuberías de descarga, perforaciones en tuberías y depósito de hidrocarburos, o derrames.

Por otro lado, el crecimiento del parque automotor, genera servicios alrededor de la industria automotriz mediante lubricadoras-lavadoras de autos que también originan aguas residuales contaminadas con hidrocarburos, como lo ha demostrado Gonzales et al. (2019).

La OMS no ha establecido un valor de referencia en aguas tratadas para consumo humano, debido a que, en la mayoría de los casos, el sabor y olor se detectan en concentraciones inferiores a las que representan una preocupación para la salud, especialmente en la exposición de corto plazo (OMS 2018).

Se cuenta con laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020), con el método SMEWW 5520 F que se aplica con el extracto de aceites y grasas obtenido mediante el método gravimétrico, expuesto a silica gel que tiene la capacidad de absorber materiales polares, el porcentaje de recuperación es de 97%.

2.5.26. Fósforo total

Al igual que el nitrógeno juega un papel importante en la eutrofización, su control en las aguas residuales industriales es un factor clave para la prevención de la eutrofización de las aguas superficiales.

El fósforo suele encontrarse en soluciones acuosas como fosfatos que se clasifican en:

- Ortofosfatos: disponible para el metabolismo biológico sin posteriores disociaciones.
- Polifosfatos: moléculas con 2 o más átomos, oxígeno y en algunos casos átomos de hidrógeno combinados en una molécula compleja. Normalmente las polifosfatos experimentan un proceso de hidrólisis y se transforman en ortofosfatos. Este proceso suele ser muy lento.

El fósforo es uno de los principales constituyentes de los detergentes sintéticos, grandes cantidades pueden agregarse durante procesos de limpieza y lavado, puesto que en estos procesos se utilizan fosfatos como el mayor constituyente de diversas preparaciones de limpieza de uso comercial.

Para este parámetro, se tienen laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020) con el método SMEWW 4500-P B, 5 Fósforo, Preparación de muestra y Digestión con persulfato.

2.5.27. Benceno

Sustancia química poco soluble en agua con múltiples usos para la fabricación de productos químicos, plásticos, fibras sintéticas, detergentes, medicamentos y pesticidas. Los procesos industriales constituyen la principal fuente de benceno en el medio ambiente, puede entrar en el agua procedente de vertidos industriales.

En las personas, una exposición breve a concentraciones altas de benceno afecta principalmente al sistema nervioso central.

Para tratamientos de agua potable la concentración debería reducirse hasta 0.01 mg/l mediante tratamiento con carbón activado granular-CAG o arrastre con aire.

Se tiene un valor de referencia para el Benceno en agua potable de 0.01 mg/l (10 µg/l) (OMS 2018).

El límite de detección aplicando el método de Cromatografía de Gases con detección de fotoionización y confirmación mediante espectrometría de masas es de 0.1 µg/l.

No hay laboratorios acreditados para analizar Benceno en aguas residuales.

2.5.28. Selenio

El selenio es un elemento esencial para los seres humanos; sin embargo, su exposición a concentraciones elevadas puede ser dañina, es así que la FAO/OMS estableció un límite máximo tolerable para el selenio de 400 µg/día.

El selenio se utiliza en la manufactura del acero inoxidable y de algunas otras aleaciones. En fotografía, el selenio es utilizado para recubrir los cilindros del metal para producir una imagen fotográfica transferible por el proceso de la xerografía; también se utiliza para producir los pigmentos termoestables en el espectro rojo, para fabricar los plásticos, las pinturas, los esmaltes, las tintas y el caucho (Thomas 2018).

Se tiene un valor de referencia para el Selenio en agua potable de 0.04 mg/l (40 µg/l). Este valor de referencia es provisional debido a la incertidumbre inherente a la base de datos científica (OMS 2018).

Se cuenta con laboratorios acreditados para aguas residuales (INACAL 2020) con el método de Espectrometría de absorción atómica con generación de hidruros para selenio y arsénico (SMEWW 3114 B C 2017).

El nivel de detección del método es < 2 µg/l, el rango de concentración óptima es de 2 a 20 µg/l.

2.5.29. Tricloroetileno

Compuesto Orgánico Volátil, organoclorado, es un líquido incoloro y volátil, se evapora rápidamente en el aire, no es inflamable y tiene un olor dulce. Tiene dos usos principales: como solvente para eliminar la grasa de piezas metálicas y como sustancia química que se usa para fabricar otras sustancias químicas, especialmente como refrigerante para: aire acondicionado de vehículos, frigoríficos domésticos, enfriadores de agua, bombas de calor, cámaras de conservación, transporte frigorífico y refrigeración.

El tricloroetileno se degrada muy lentamente en la tierra y el agua, y se elimina principalmente a través de la evaporación al aire.

Se considera un cancerígeno para los seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) lo ha clasificado como cancerígeno para los seres humanos. La EPA también lo ha caracterizado como un cancerígeno para los seres humanos por todas las vías de exposición (ATSDR 2019).

Se tiene un valor de referencia para el agua potable tratada de 20 µg/l o 0.02 mg/l (OMS 2018).

Se cuenta con laboratorios acreditados para aguas residuales con el método de Cromatografía de gases EPA 8260 D Rev. 4 (INACAL 2020).

2.6. LEGISLACIÓN DE DIVERSOS PAÍSES SOBRE EL CONTROL DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS

En la presente investigación se busca hacer un análisis de la legislación comparada sobre los parámetros y sus límites para el control de las aguas residuales no domesticas descargadas a los sistemas de alcantarillado. Se analizan en esta parte las legislaciones existentes, las autoridades respectivas y los parámetros que se controlan.

Es importante resaltar, que se busca relacionar los parámetros exigidos en la legislación nacional, en base al Decreto Supremo N° 010-2019- VIVIENDA, con las legislaciones de 10 países considerando las regiones de América, Europa, Asia y Oceanía. Además, se

seleccionan los parámetros adicionales a los considerados en la legislación nacional, siempre que se encuentren en por lo menos 4 países. En base a la revisión de la legislación, se investigan los parámetros y sus límites; a través de un análisis comparativo.

2.6.1. Argentina

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable es el ente que coordina las políticas, planes y acciones.

La norma 674/1989 – Decreto reglamentario de la Ley 13.577 de Obras Sanitarias de la Nación del 6 de junio de 1989, busca proteger la integridad y buen funcionamiento de los sistemas de alcantarillado (Obras Sanitarias de la Nación 1989).

La Resolución N° 79.179/90 establece las disposiciones para la aplicación del Decreto N° 674/89, que norma los valores límites permisibles para los vertimientos de los establecimientos industriales y especiales.

La Resolución 336/2003 ADA de la Autoridad del agua de Buenos Aires establece los límites de calidad para los vertimientos por parámetro y específica su aplicación de acuerdo a la clasificación de las actividades económicas en 4 categorías de riesgo, esta resolución modifica algunos parámetros contemplados en la Resolución 389/98.

Cabe resaltar, que la Resolución 389/98 establece los métodos de ensayo basados en los estándares de la American Public Health Association (SMEWW), como métodos normalizados para lograr reproducibilidad.

De acuerdo a la revisión de la legislación, principalmente basada en la Resolución 336/2003, se evidencia para la ciudad de Buenos Aires, la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, SST, aluminio, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo VI, cromo total, manganeso, mercurio, níquel, nitrógeno amoniacal, pH, plomo total, sólidos sedimentables, sulfatos, sulfuros, temperatura, zinc, sustancias fenólicas e hidrocarburos.

2.6.2. Brasil

El Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil CONAMA, es la autoridad normativa que establece los parámetros de vertimientos.

A través de la Resolución CONAMA N° 357 de 2005, modificada por las Resoluciones N° 370 de 2006, N° 397 de 2008, N° 410 de 2009, y la N° 430 de 2011, complementada por la Resolución N° 393 de 2007; se regulan los vertimientos a cuerpos de agua. Así mismo, en la norma se establecen los objetivos de calidad para los cuerpos de agua según su uso. Cada estado es autónomo de establecer las concentraciones de los contaminantes, según las condiciones locales.

En el Brasil se establecen Valores límite de DQO por sector industrial. En la Tabla 4 se muestran los sectores industriales y los límites respectivos.

Tabla 4: Valores DQO para vertimientos por sector industrial en Brasil

Sector Industrial flujo más de 3.5 m³/Día	Límite permisible DQO (mg/l)
Industria Química, petroquímica y refinerías de Petróleo	<250 5kg/Día
Fabricación de productos farmacéuticos y veterinarios (no incluye antibióticos por proceso fermentativos)	<150 3kg/Día
Fabricación de Antibióticos por procesos fermentativos	<300 6kg/Día
Fabricación de bebidas cervezas, refrigerantes, vinos, aguardientes (no incluye destiladoras de alcohol)	<150 3kg/Día
Curtiembres, procesamiento de cuero y pieles	<400 4kg/Día
Fabricación de tintas, barnices, esmaltes, lacas, impermeabilizantes, secantes y resinas/masas plásticas	<300 6kg/Día

«Continuación»

Operaciones unitarias de tratamiento superficial que se realizan en industrias de las industrias metalúrgica, siderúrgica, mecánica, material de transporte, eléctrica, electrónica y comunicaciones, material editorial y gráfico, material plástico, caucho, aparatos, instrumentos y materiales fonográficos, fotográficos y ópticos.	<200 4kg/Día
Industria de alimentos (excepción industria pesquera)	<400 8kg/Día
Industria de pescados	<500 10kg/Día
Fabricación de cigarros, preparación de puros y humo	<450 9kg/Día
Industria textil	<200 4kg/Día
Industrias siderúrgicas y metalúrgicas <ul style="list-style-type: none"> – Planta de cocción, carboquímica y altos hornos – Planta de herrería y laminación – Otras unidades, excepto sector de tratamiento de superficies 	<200 <150 <100
Papel y Celulosa	<200 4kg/Día
Estaciones de tratamiento terciario de efluentes líquidos	<250 5kg/Día
Lixiviados de vertederos industriales	<200

FUENTE: INEA. Directriz DZ-205.R-6 (2007).

En base a la Resolución N° 430 -2011 se establecen límites para diversos parámetros de aguas residuales no doméstica a sistemas de alcantarillado. Además, se establece que la verificación del control de los parámetros se realice por laboratorios acreditados por el Instituto Nacional de Metrología y Calidad Industrial INMETRO o por otro organismo signatario del acuerdo de reconocimiento mutuo, además se establece que los métodos de ensayo sean realizados tomando como base normas específicas estandarizadas.

De acuerdo a la revisión de la legislación, principalmente basada en la Resolución CONAMA 430-2011, se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, aluminio, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo VI, cromo total, manganeso, mercurio, nitrógeno amoniacal, pH, sólidos sedimentables, temperatura, zinc, bario, selenio y tricloroetileno.

2.6.3. Canadá

En Canadá, los diferentes niveles de gobierno comparten la responsabilidad de regular los vertimientos a cuerpos de agua y sistemas de tratamiento. El gobierno federal a través del Consejo de Medio Ambiente (Canadian Council of Ministers of The Environment – CCME). El Gobierno provincial o territorial, es responsable de la regulación a los sistemas de tratamiento municipal.

Respecto a los límites de descargas a sistemas de alcantarillado establecidos por CCME, y por la norma Sewer use by law N° 2003-514, los usuarios no domésticos deben enviar a la autoridad municipal un informe que describa sus actividades y la localización del punto de vertimiento. Adicionalmente, deben tramitar un permiso de vertimientos antes de descargar sus efluentes a la PTAR. En este permiso se establece el programa de monitoreo, el caudal máximo permisible, los parámetros y las concentraciones que deben controlar.

De acuerdo a CCME, ciertos sectores de servicios requieren sistemas de pretratamiento antes de realizar la descarga al alcantarillado. En la Tabla 5 se presentan los requerimientos establecidos para algunos sectores comerciales.

Tabla 5: Requisitos adicionales por sectores en Canadá

Servicio	Requisitos
Restaurantes, industrias, instituciones y comercio donde la comida es preparada	Trampa de grasas
Talleres para reparación de vehículos	Interceptor de aceites y grasas
Lavaderos de carro	Trampa de sedimentos
Consultorios odontológicos	Separación de amalgama dental

FUENTE: CCME PN 1421 (2009).

De acuerdo al documento Model Sewer Use Bylaw Guidance de Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) PN 1421, el control de los parámetros por parte de las industrias debe utilizar métodos de ensayo estandarizados y en lo posible laboratorios acreditados en el estándar ISO/IEC/17025 de acuerdo a CAN-P 1585 del Standard Council of Canadá, organismo de Acreditación y de Normalización de Canadá. Los métodos establecidos son los métodos estándares de la Asociación Americana de Salud Pública APHA (SMEWW) y los de la agencia EPA.

Así mismo, se establece que puede ser que algunos análisis requeridos no estén cubiertos específicamente por programas de acreditación, respaldados por pruebas de aptitud. En ese caso, es posible que el Municipio o autoridad respectiva necesite identificar métodos analíticos adecuados para algunos contaminantes y alternativamente requerir que la industria proponga un método adecuado para la aprobación municipal.

También es posible que algunas comunidades no tengan acceso inmediato a laboratorios acreditados. Si este es el caso, se permite autorizar a laboratorios no acreditados para que realicen análisis; la autoridad deberá establecer cómo se identifican los laboratorios autorizados, quién lo hará y qué requisitos de competencia debe demostrar el laboratorio para mantener la autorización.

Se establecen contaminantes sobre los cuales se hacen acuerdos de pago por exceso debido a que pueden ser tratados en plantas de tratamiento: DBO₅, DQO, fósforo total, nitrógeno total, SST y aceites y grasas de origen animal-vegetal, puesto que los aceites y grasas de origen de hidrocarburos de petróleo no se consideran en este criterio. Otro aspecto relevante es que existen límites máximos que se permiten para los acuerdos de pago por exceso de estos parámetros, a excepción de DBO₅, que podría ser sujeto a límites mayores dependiendo de la capacidad de tratamiento.

Respecto a la toma de muestra con fines de monitoreo en el marco de la legislación se establecen muestras compuestas de por lo menos 2 días, muestreando 4 muestras por día con intervalos de al menos 1 hora. El resultado es el promedio de las muestras compuestas diarias.

De acuerdo a la revisión de la legislación Sewer Use Bylaw Guidance de Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) PN 1421, 2009 se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas, aluminio, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo VI, cromo total, manganeso, mercurio, níquel, nitrógeno amoniacal, pH, plomo total, sulfatos, sulfuros, temperatura, zinc, sustancias fenólicas, fósforo total, benceno, selenio y tricloroetileno.

2.6.4. Chile

A través del Decreto Supremo N° 609/98 modificado por el Decreto Supremo MOP N° 3.592/00 y por el Decreto Supremo MOP N° 601 de 2004 (vigente a partir del 8 de septiembre de 2004), el Ministerio de Obras Públicas regula los contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado en Chile.

La norma está orientada a proteger y preservar los servicios públicos de recolección y disposición de aguas servidas mediante el control de las descargas de residuos industriales líquidos, que puedan producir interferencias con los sistemas de tratamiento de aguas servidas, o dar lugar a la corrosión, incrustación, u obstrucción de las redes de alcantarillado o a la formación de gases tóxicos o explosivos en las mismas, u otros fenómenos similares. Esta norma, al proteger los sistemas de recolección de aguas servidas, evita que los contaminantes transportados, puedan eventualmente ser liberados sin tratamiento al medio ambiente urbano (calles, suelo, aire entre otros), por efecto de roturas u obstrucciones del sistema; pudiendo afectar la calidad de este y la salud de las personas (Superintendencia de Servicios Sanitarios 2010)

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) es el organismo regulador y fiscalizador de los servicios urbanos de agua potable y alcantarillado, le corresponde la fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios respecto al cumplimiento de las normas relativas a servicios sanitarios y el control de los residuos líquidos industriales que se encuentren vinculados a las prestaciones o servicios de las empresas sanitarias.

Se establece el autocontrol como la herramienta prioritaria de verificación de cumplimiento, para lo cual deben efectuar los controles establecidos por las resoluciones dictadas por la autoridad competente, en función a un programa de monitoreo.

En la práctica el autocontrol, es efectuado por las empresas prestadoras de servicios sanitarios y los establecimientos industriales generadores del agua residual, con sus propios recursos, o bien contratando laboratorios externos y entidades de muestreo que prestan este tipo de servicios.

Los procedimientos de monitoreo como las metodologías analíticas se encuentran reguladas en normas técnicas oficiales; para el caso del muestreo mediante la Norma NCh 411/10- 2005: Muestreo de aguas residuales. Recolección y manejo de las muestras, y para el caso de los ensayos mediante la serie de normas de análisis NCh 2313: Aguas residuales Métodos de análisis.

También se establece por parte del SISS la ejecución en forma aleatoria de controles directos, como un mecanismo para validar los informes de autocontrol que las empresas de servicios sanitarios y los establecimientos industriales, le remiten periódicamente.

Los controles para la validación contemplan la toma de muestras, la medición de caudal y los análisis de parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los efluentes, tanto de plantas de tratamiento de aguas servidas, como de residuos líquidos descargados por los establecimientos industriales. Para esta labor, la SISS contrata laboratorios acreditados por el INN organismo acreditador chileno.

Un aspecto importante es que se cuenta con un documento denominado: Manual Operativo de la Norma de Muestreo de Aguas Residuales NCh 411/10- 2005, con el objeto de asegurar la reproducibilidad a nivel nacional y homogeneizar criterios.

Las Empresas Sanitarias tienen la facultad de suspender la prestación del servicio de recolección de aguas servidas, en el caso que las descargas comprometan la continuidad o la calidad del servicio público de recolección y/o disposición. Según la actividad económica de cada industria los parámetros monitoreados son diferentes, estos se miden en cada descarga que se hace a la red de alcantarillado, la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIU) define los parámetros que se deben controlar (Superintendencia de Servicios Sanitarios 2010).

La norma establece la concentración máxima de contaminantes para las aguas residuales de los establecimientos industriales. Los valores máximos permitidos para los vertimientos a redes de alcantarillado corresponden al valor promedio diario de la concentración del correspondiente contaminante, con excepción del pH y temperatura cuyos límites se refieren a valores instantáneos y el de Sólidos sedimentables que corresponde a ml/l/hora.

La muestra compuesta es constituida por la mezcla homogénea de muestras puntuales con alícuotas proporcionales a los respectivos volúmenes descargados en el intervalo de tiempo transcurrido entre dos muestras puntuales. El número mínimo de muestras puntuales para cada muestra compuesta establecido es:

- Tres (3) muestras puntuales, en los casos en que la descarga tenga una duración menor o igual a cuatro (4) horas.
- Muestras puntuales obtenidas a lo más cada dos (2) horas, en los casos en que la descarga sea superior a cuatro (4) horas.

La frecuencia de monitoreo varía según las sustancias vertidas, la Tabla 6 presenta la frecuencia de monitoreo para industrias que viertan: aceites y grasas, Al, As, B, Cd, CN-, Cu, Cr (total y hexavalente), HC, Hg, Mn, Ni, Pb, S⁻², SO₄⁻² o Zn.

Tabla 6: Frecuencia de monitoreo industrias según sustancias vertidas en Chile

Volumen de descarga de Residuos Industriales líquidos [m³/d]	Frecuencia de autocontrol anual
< 100	1 cada 3 meses
Desde 100 a < 200	1 mensual
Desde 200 a < 1 000	2 mensual
≥ 1.000	4 mensual

FUENTE: Superintendencia de Servicios Sanitarios (2010).

La frecuencia de monitoreo para industrias que viertan: SST, sólidos sedimentables, DBO₅, P, nitrógeno amoniacal u otros contaminantes, se muestra en la Tabla 7. Las muestras de monitoreo son compuestas constituidas por sub-muestras tomadas en la superficie y en el interior del fluido.

Tabla 7: Frecuencia de monitoreo industrias según sustancias vertidas en Chile

Volumen de descarga de Residuos Industriales líquidos [m³/d]	Frecuencia de autocontrol anual
< 100	1 cada 3 meses
Desde 100 a < 200	1 cada 2 meses
Desde 200 a < 1 000	1 mensual
Desde 1000 a < 5 000	2 mensual
≥ 5000	4 mensual

FUENTE: Superintendencia de Servicios Sanitarios (2010).

Para cada descarga el establecimiento industrial deberá habilitar un lugar de muestreo, al que concurren sus residuos líquidos y al que puedan tener acceso los órganos a cargo de la fiscalización de la norma Decreto Supremo N° 609/2004. Para estos efectos, el establecimiento industrial podrá construir una cámara especial en la unión domiciliaria entre la línea de cierre y el colector público o habilitar otra instalación con libre acceso para el fiscalizador. Los días de autocontrol deberán corresponder a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la industria, se viertan los residuos generados en máxima producción.

Los vertimientos industriales que descargan en una red de alcantarillado que cuente con planta de tratamiento autorizada para aplicar cargo tarifario, pueden solicitar un permiso para que la concentración media diaria de DBO₅, fósforo, nitrógeno amoniacal y SST pueda ser superior a los valores máximos permitidos (Superintendencia de Servicios Sanitarios 2010).

De acuerdo a la revisión de la legislación principalmente basada en Decreto Supremo MOP 601-2004 que modifica el Decreto Supremo N° 609-1998, se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, SST, aluminio, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo VI, cromo total, manganeso, mercurio, níquel, nitrógeno amoniacal, pH, plomo total, sólidos sedimentables, sulfatos, sulfuros temperatura, zinc, hidrocarburos, fósforo total.

2.6.5. Estados Unidos de Norte de América - USA

El Congreso establece y publica las regulaciones ambientales en los Códigos de Regulaciones Federales CFR. De acuerdo a la legislación definida en el 40 CFR. 403.5 los siguientes contaminantes no deben introducirse en un sistema de alcantarillado:

- Contaminantes que crean un riesgo de incendio o explosión incluyendo, pero no limitado a corrientes de desechos.
- Contaminantes que causen daños estructurales corrosivos, en ningún caso descargas con pH menor a 5.0, a menos que la obra esté diseñada específicamente para tratar tales descargas.
- Contaminantes sólidos o viscosos en cantidades que causen obstrucción al flujo, resultando en interferencia.
- Cualquier contaminante, incluidos los contaminantes que demandan oxígeno (DBO, etc.) liberados en una descarga a una tasa de flujo y/o concentración de contaminantes que causen interferencia.
- Calor en cantidades que inhiban la actividad biológica en la planta de tratamiento que resulte en interferencia, en ningún caso calor en cantidades tales que la temperatura en la planta de tratamiento supere los 40 °C a menos que la autoridad apruebe límites de temperatura alternos.
- Aceite de petróleo, aceite no biodegradable o productos de origen de aceite mineral en cantidades que causen interferencia o traspaso.
- Contaminantes que resultan en la presencia de gases, vapores o humos tóxicos dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales, en una cantidad que pueden causar problemas graves de salud y de seguridad de los trabajadores.

La Agencia Reguladora de Protección Ambiental es la EPA (Environmental Protection Agency), esta entidad regulatoria establece la regulación y las categorías de estándares para que las autoridades establezcan los límites locales, para ello ha publicado la guía Local Limits Developed Guidance y la Guía Industrial Effluent Guidelines, sobre efluentes para las descargas de aguas residuales industriales en aguas superficiales y en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. Las guías enlazan al CFR 40 que especifica los

límites por industria.

La EPA ha identificado 15 contaminantes de importancia. Se consideran los contaminantes convencionales: Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (DBO₅) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) porque se tienen problemas continuos con cargas excesivas de estos contaminantes de fuentes industriales y comerciales, también agregó amoníaco como un contaminante “condicional”, porque muchas Empresas Prestadoras de Servicios experimentan toxicidad en sus efluentes por amoníaco, arsénico, plomo, cadmio, mercurio, cromo, níquel, cobre, plata, cianuro. Además, consideró molibdeno y selenio porque son parte de su normativa de bio sólidos federales para la aplicación de lodos al suelo. La EPA recomienda que cada autoridad monitoree como mínimo, la presencia de éstos 15 contaminantes utilizando datos sobre descargas de usuarios industriales.

Es importante resaltar, que las muestras para evaluar el cumplimiento de los límites son el resultado del promedio diario por un periodo de 30 días. Por otro lado, salvo que cuando esté expresamente autorizado para hacerlo por un estándar o requisito de pretratamiento aplicable, ningún usuario industrial deberá aumentar el uso de agua de proceso, o de cualquier otra manera intentar diluir una descarga como un sustituto parcial o completo del tratamiento adecuado para lograr el cumplimiento de un estándar o requisito de pretratamiento.

Por otro lado, las empresas que emiten aguas residuales deben obtener un permiso del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES), emitido por la EPA para controlar las descargas de fuentes puntuales de contaminantes a las aguas de los Estados Unidos o sistemas separados de drenaje pluvial. También existe el permiso emitido para descargas combinadas de alcantarillado y aguas pluviales.

Respecto a los métodos de ensayo de referencia, los Estados Unidos cuentan con estándares de amplio reconocimiento para el ensayo de aguas residuales emitidas por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, que a su vez es el resultado de un comité conjunto formado por tres sociedades reconocidas: la American Public Health Association (APHA), LA American Water Works Association (AWWA) y la Water Environmnet Federation (WEF). En ese sentido, existen estándares que permiten que la regulación se aplique en un marco de armonización técnica.

En el marco de los laboratorios que prestan el servicio para el control de aguas residuales, deben ser independientes, los informes de ensayo que emiten deben ser reconocidos por la División de Protección ambiental de la EPA.

De acuerdo a la revisión de la legislación se evidencia que según la legislación de U.S.A, cada Estado e inclusive municipio local, tiene un marco regulatorio para las aguas residuales no domésticas tomando como base las Guías de la EPA Local Limits Developed Guidance. Para efectos del análisis comparativo se ha tomado información de regulaciones, en base a 3 ciudades de USA: Boston, King Couty de Seattle y Massachusetts. En ese sentido, se tienen los límites para los siguientes parámetros; sin embargo, sólo con fines referenciales puesto que no se tiene una única legislación al respecto: DBO₅, SST, aceites y grasas, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo VI, cromo total, mercurio, níquel, pH, plomo total, sulfuros, zinc, temperatura, sólidos sedimentables, sustancias fenólicas, hidrocarburos, benceno y selenio.

2.6.6. México

La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT, es quien regula y vigila, el cumplimiento de las normas relacionadas con el medio ambiente; en coordinación con autoridades federales, estatales y municipales. La Comisión Nacional del Agua verifica el cumplimiento de las normas, determina la calidad y cantidad de las descargas de agua residual.

La Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL del año 1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Establece límites para cada parámetro en razón al promedio diario y promedio mensual; en este caso los análisis son realizados tomando muestras compuestas. También establece un límite instantáneo, este último como valor límite de referencia, ya que tiende a ser superior a los otros límites. Si se exceden los límites instantáneos, se procede al ensayo de los límites diarios y de promedio mensual.

Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, se obtienen del análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas en volúmenes proporcionales al

caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo. La frecuencia del muestreo de muestras simples, depende del número de horas por día que opera el generador, tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Frecuencia de muestreo en México

Horas / Día	N° muestras simples	Intervalo máximo entre toma de muestras simples (horas)	
		Mínimo	Máximo
<4	Mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
>8 hasta 12	4	2	3
>12 hasta 18	6	2	3
>18 hasta 24	6	3	4

FUENTE: Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1996).

Para el caso de los parámetros DBO₅ y SST la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL. 1996, establece la frecuencia de muestreo como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Frecuencia de monitoreo para vertimientos no municipales en México

DBO ₅ (Ton/día)	SST (Ton/día)	Frecuencia
>3	>3	Mensual
1.2- 3.0	1.2 -3.0	Trimestral
<1.2	< 1.2	Semestral

FUENTE: Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1996).

Los valores límites pueden cambiar en casos específicos y la autoridad competente fija las condiciones particulares. Las industrias pueden remover la DBO y los SST en una planta de tratamiento municipal, si demuestran a la autoridad competente que no ocasiona daños al sistema de alcantarillado y paga los sobre costos que sean necesarios.

Las industrias están en la obligación de realizar análisis de contaminantes para medir el promedio diario o el mensual de las descargas de aguas residuales, en el caso de no generar alguno de estos contaminantes, no es necesario que los incluya en el análisis.

De acuerdo a la revisión de la legislación principalmente basada en la NOM-002-ECOL. 1996, se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros, considerando los límites para el monitoreo diario: DBO₅, SST, aceites y grasas, arsénico total, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo VI, mercurio, níquel, pH, plomo total, sólidos sedimentables, temperatura y zinc.

2.6.7. Colombia

Con el Art 14 de la Ley 1955 “Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022”, emitida el 2019, se establece que los prestadores de alcantarillado estarán en la obligación de permitir la conexión de las redes de recolección a las plantas de tratamiento de aguas residuales de otros prestadores y de facturar esta actividad en la tarifa a los usuarios, siempre que la solución represente menores costos de operación, administración, mantenimiento e inversión a los que pueda presentar el prestador del servicio de alcantarillado.

Con la Resolución N° 631-2015 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible de Colombia estableció los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Se establecen límites generales como el de la T° que precisa que las aguas residuales no deben tener temperaturas mayores a 40°C, y respecto a las actividades que utilicen plaguicidas, la suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas no podrá ser superior a 1,00 mg/l.

Se tienen definidos parámetros para aguas residuales domésticas y no domésticas y para vertimientos a aguas superficiales. Para los vertimientos en alcantarillado público se establecen, en función a las diferentes cargas de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ por Kg/día, límites para los parámetros mostrados en la Tabla 10. Cabe resaltar que se establecen parámetros adicionales para iones metales y metaloides, no existiendo diferencias por carga en kg/día. También se destaca que no existen límites para todos los parámetros, en algunos casos sólo se establece la necesidad de reportarlos.

Tabla 10: Límites para diferentes cargas de DBO₅ en Colombia

Parámetro	DBO₅ hasta 625 kg/día	DBO₅ >625kg/día hasta 3000 kg/día	DBO₅ >3000kg/día
DQO mg/l	180	180	150
DBO ₅ mg/l	90	90	70
SST mg/l	90	90	70
Grasas y Aceites mg/l	20	20	10

FUENTE: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible-Resolución N° 0631 (2015).

Se destaca que en la resolución N° 0631 se establecen límites para los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas descargadas a cuerpos de aguas superficiales diferenciándolos por actividades económicas productivas. Para la presente investigación, se han utilizado los límites para una industria de fabricación de sustancias y productos químicos, con el objetivo de realizar el análisis comparativo.

Respecto a los laboratorios para la determinación de los parámetros establecidos, la legislación recomienda el uso de laboratorios acreditados por ONAC, organismo de acreditación de Colombia; asimismo, se aceptan los resultados de análisis que provengan de laboratorios acreditados por otro organismo de acreditación, en tanto no se cuente con la disponibilidad de capacidad analítica en Colombia.

De acuerdo a la revisión de la legislación, principalmente la Resolución N° 0631-2015, se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas, arsénico total, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo total, mercurio, níquel, pH, plomo total, sólidos sedimentables, temperatura, zinc, bario, selenio y tricloroetileno.

2.6.8. Japón

El Ministerio del Medio Ambiente del Japón es la autoridad que establece las leyes de Vertimientos. La legislación se basa en la Ley Water Pollution Control Law del año 1971. A partir de esta, el Ministerio creó un estándar de calidad para efluentes de vertimiento al sistema de alcantarillado. El objetivo de este estándar es regular las sustancias que son incompatibles con los procesos de tratamiento o representan un peligro para los humanos.

El estándar de calidad para efluentes de vertimiento al sistema de alcantarillado establece que, dado que la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales utilizan el proceso de lodos activados, este proceso no elimina los metales pesados como el cadmio de las aguas residuales. Por lo tanto, los metales pesados deben eliminarse de las aguas residuales antes de descargarlos en el sistema de alcantarillado (Okada y Peterson 2000).

El estándar de calidad para efluentes de vertimiento al sistema de alcantarillado, también establece que las tarifas de uso de las plantas de tratamiento de aguas residuales que se aplican a las aguas residuales suelen ser proporcionales a las concentraciones de DBO₅ o DQO, si estas demandas son superiores a un valor determinado. Por lo tanto, se aplican recargos a las aguas residuales que tienen más de 200 mg/l o 300 mg/l de DBO₅ o DQO, respectivamente.

En la Tabla 11 se muestran, en base al estándar de calidad de aguas residuales vertidas en los sistemas de alcantarillado, los valores límites en función al tamaño de las empresas.

Tabla 11: Valores límites para vertimientos en alcantarillado en Japón

Parámetros Concentración promedio diario	Empresas de gran escala > 50 m³/día	Empresas medianas <50m³/día
temperatura	< 45°C	< 40°C
pH	5.7 – 8.7	5.0 – 8.0
DBO mg/l	<300	<600
SST mg/l	<300	<600
extracto n-hexano mg/l	< 50	< 300
yodo mg/l	<220	< 220
fenoles mg/l	<50	<100
cianuro mg/l	<2	
cromo total mg/l	<3	

FUENTE: Okada y Peterson (2000).

Puede que las leyes locales identifiquen estándares más estrictos para sustancias contaminantes, así como para para DBO y SST.

Es importante señalar que el Ministerio del ambiente de Japón en el año 2017, estableció límites para otros parámetros contaminantes que afectan la salud y el medio ambiente (Hasegawa 2017).

De acuerdo a la revisión de la legislación basada en la Ley Water Pollution Control Law de 1971 y la legislación de 2017, se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, SST, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo total, manganeso, mercurio, nitrógeno amoniacal, pH, plomo total, temperatura, zinc, Sustancias fenólicas, fósforo total, benceno, selenio y tricloroetileno.

2.6.9. España

Con el Real Decreto 849/1986, se aprueba el reglamento del Dominio Público Hidráulico que en su Anexo al título IV define los parámetros y sus límites, sobre los cuales es necesario implementar tratamientos a los vertimientos.

Esta norma legal establece la necesidad de contar con una autorización administrativa para el vertido de efluentes. Además, establece el pago de un canon de vertido en función del proceso industrial.

En general lo que se busca es que el agua residual de la industria contribuya, a través del cumplimiento de los límites máximos permisibles, a proteger el dominio público hidráulico contra su deterioro, intentando conseguir y mantener el nivel de calidad de las aguas, impidiendo la acumulación de compuestos tóxicos o peligrosos y evitando cualquier actuación que pueda ser causa de degradación.

Las principales normativas relacionadas a las aguas residuales no domésticas en España, además del Real Decreto 846/1986, son las siguientes (Fundación COTEC 1999):

- Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985 y reglamento del Dominio Público Hidráulico de 1986 (RD 847/86), establece respecto a los vertimientos, que toda actividad susceptible de provocar la contaminación o degradación del dominio público hidráulico, y en particular, el vertido de aguas y productos residuales susceptibles de contaminar las continentales; requiere autorización

administrativa.

- Directiva 91/271/CEE de 1991, relativa al vertido de aguas residuales urbanas, en la que se señala la necesidad de que los vertidos de aguas residuales industriales que entren en los sistemas de colectores e instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, sean objeto de un tratamiento previo. A su vez define a las aguas residuales industriales como: todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de corriente pluvial.

De acuerdo a la legislación vigente mencionada para obtener la autorización del vertimiento, el titular de la actividad debe presentar una solicitud en relación a:

- Características de la actividad.
- Localización exacta del punto de vertido.
- Características cuantitativas y cualitativas de los vertidos.
- Descripción de las instalaciones de depuración y de las medidas de seguridad encaminadas a evitar los vertidos accidentales.
- Proyecto de Tratamiento para alcanzar el nivel de tratamiento previsto.

Para la autorización de los vertimientos se debe cumplir con los límites cuantitativos y cualitativos estipulados en el reglamento del Dominio Público Hidráulico, establecidos en el Anexo al Título IV (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo 1986).

De acuerdo a la revisión de la legislación, principalmente el Real Decreto 849/86, se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas, aluminio, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo VI, cromo total, manganeso, mercurio, níquel, nitrógeno amoniacal, pH, plomo total, sólidos sedimentables, sulfatos, sulfuros, temperatura, zinc, sustancias fenólicas, y selenio.

2.6.10. Australia

Cada estado del gobierno es el responsable de regular los vertimientos a cuerpos de agua y

sistemas de alcantarillado, de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Consejo de Protección de Medio Ambiente y Herencia.

La Guía “Australian Guidelines for Sewage Systems. Effluent Management National Water Quality Strategy” es uno de los documentos que forman la Estrategia Nacional de Gestión de la Calidad del Agua. Esta guía revisa la gestión general de los sistemas de alcantarillado y aborda específicamente la gestión de efluentes. Se ha desarrollado como base para un enfoque común y nacional en toda Australia.

La Guía se enfoca en los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales para desechos domésticos e industriales. Se identifican las partes interesadas en el campo de la gestión de efluentes que incluyen:

- Los gobiernos: establecen normas y regulaciones, otorgan autoridad a las agencias de alcantarillado y responden a la comunidad.
- Las autoridades de alcantarillado: administran los sistemas de alcantarillado.
- La comunidad: brinda información al proceso y puede verse afectada por las decisiones del gobierno y de las autoridades de alcantarillado.

El objetivo es minimizar el uso de agua, las descargas y las cargas contaminantes mediante una combinación de legislación, educación e incentivos financieros; por ejemplo, un cargo por servicio basado en la fuerza y el volumen de los desechos.

Los límites estándares para vertimientos en sistema de alcantarillado se clasifican en estándares para fuentes domésticas, fuentes industriales y fuentes comerciales.

De acuerdo a Sidney Water, la empresa que suministra de agua a Sidney y que mantiene el servicio de alcantarillado y los servicios de aguas residuales, las aguas residuales industriales deben cumplir con límites o estándares de aceptación; los cuales se basan principalmente en (Sidney Water 2020):

- Niveles seguros de sustancias que podrían ser un riesgo para la salud de los trabajadores dentro y alrededor del sistema de aguas residuales.
- Niveles seguros de sustancias para proteger la salud pública.

- Objetivos de reducción de la contaminación y condiciones de licencia de descarga establecidas por la Autoridad de Protección Ambiental (E P A).
- La necesidad de proteger sus sistemas de alcantarillado y procesos de tratamiento.
- La capacidad del sistema de aguas residuales para transportar sustancias como sólidos en suspensión, grasa y DBO₅.
- Especificaciones de calidad para biosólidos y agua de reutilización.
- Consideraciones de reutilización, incluida la necesidad de proporcionar aguas residuales que no interfieran con los procesos de tratamiento de reutilización ni limiten las oportunidades de reutilización.
- Criterios de aceptación nacionales publicados como directrices nacionales de gestión de fuentes de aguas residuales.

Respecto a los ensayos, estos deben ser realizados por laboratorios acreditados por la Asociación Nacional de Autoridades de Pruebas de Australia (NATA), Organismo Nacional de Acreditación de Australia.

La (NATA) tiene un Memorando de Entendimiento con el Gobierno de Australia y varios gobiernos estatales y territoriales que reconocen su papel clave en la infraestructura técnica de Australia. El gobierno australiano recomienda el uso de la acreditación y alienta a los gobiernos estatales y territoriales y a otros organismos a hacer lo mismo.

De acuerdo a la revisión de la legislación principalmente basada en Sidney Water 2020 21SW208 06/20, se evidencia la existencia de límites para los siguientes parámetros: DBO₅, SST, aceites y grasas, arsénico total, boro, cadmio, cianuro total, cobre total, cromo total, manganeso, mercurio, níquel, nitrógeno amoniacal, pH, plomo total, sulfatos, sulfuros, temperatura, zinc, sustancias fenólicas, hidrocarburos, fósforo total, benceno, selenio y tricloroetileno.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue de tipo no experimental, transeccional descriptivo, con variables descriptivas. Se investigó la Infraestructura de la calidad para el cumplimiento de la legislación de aguas residuales no domésticas en el Perú.

3.2. HIPÓTESIS

Las normas técnicas peruanas de adopción de métodos de ensayo y muestreo reconocidos, son útiles para evaluar el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA). Los laboratorios aplican los métodos de ensayo para los VMA de manera confiable, los que no están acreditados tienen condiciones para iniciar un proceso de acreditación aplicando la norma NTP-ISO/IEC 17025. La regulación es viable porque, por lo menos, existe un laboratorio acreditado por región que ayude a la Empresa Prestadora de Servicios (EPS) a ejercer el control y vigilancia. Los parámetros y límites establecidos para los VMA en la legislación nacional son adecuados.

3.3. VARIABLES IDENTIFICADAS

Se identificaron las variables objeto a investigar:

- Utilidad de las Normas Técnicas Peruanas de métodos de ensayo y muestreo para evaluar el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA).
- Aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable.
- Existencia de Laboratorios de ensayo a nivel nacional para aplicar los métodos de ensayo para los VMA.
- VMA adecuados en la legislación nacional.

Para cada variable se siguió la siguiente metodología:

- Se identificó el objeto a evaluar en función de la variable con fines de que sea detectable, ubicable y trazable.
- Se evaluaron los datos en función a la información obtenida.
- Se diseñó y/o se desarrolló el instrumento de colecta de datos
- Se validó cada encuesta como instrumento de colecta de datos (variable 1 y 2).
- Se realizó el análisis de estadística descriptiva de los resultados

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se trabajó con 3 tipos de poblaciones:

- Usuarios vinculados a los análisis de aguas residuales
- Laboratorios de ensayo
- Legislaciones de países respecto al control de aguas residuales no domésticas

Selección del tipo de muestreo:

Se decidió usar el muestreo aleatorio simple (MAS) debido a que este tipo de diseño de muestreo se usa cuando cada unidad muestral (laboratorio), tiene la misma posibilidad de ser escogida.

Cálculo de muestra:

Debido a que el tamaño de población no es lo suficientemente grande, en cada análisis, para ser considerados como poblaciones infinitas; el tamaño de muestra mínimo en cada análisis fue calculado mediante la fórmula (Pérez 2005):

$$n = \frac{NpqZ_{(1-\frac{\alpha}{2})}^2}{(N-1)e^2 + pqZ_{(1-\frac{\alpha}{2})}^2}$$

Donde

N: Tamaño de la población.

p: Proporción de éxitos respecto a la variable de mayor interés en cada análisis.

q: Proporción de fracasos respecto a la variable de mayor interés en cada de análisis.

α : Nivel de significación. Si se trabaja a un $(1-\alpha)*100\%$ de confianza.

$Z_{1-\alpha/2}$: Cuantil de distribución normal asociado a $1-\alpha/2$.

e: Margen de error.

Para la variable Utilidad de las Normas Técnicas Peruanas de métodos de ensayo y muestreo para evaluar el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA), el tamaño de población fue de 59 en base a los laboratorios disponibles. Se consideró un nivel de confianza de 90% y un margen de error absoluto de 0.12. El valor p es la proporción de laboratorios que consideran útiles las Normas Técnicas Peruanas; para ello se seleccionó la NTP 214.051 sobre el método de ensayo de nitrógeno amoniacal que por su importancia y factibilidad es factible de realizarse por los laboratorios; y que en una muestra piloto de 9 laboratorios, tomada como referencia para la validación de la encuesta tal como se menciona en 3.5.3.1, fue considerada útil para el ensayo de aguas residuales, obteniéndose un valor $p=7/9$ y $q=2/9$. En base a estos datos y aplicando la formula respectiva, se determinó el tamaño de muestra de 22 laboratorios.

Para el uso y valoración de la NTP 214.060:2019 sobre el Protocolo de muestreo, a un año de su aplicación por los laboratorios acreditados, el tamaño de la población fue de 49 que corresponde al 100% de los laboratorios acreditados para ensayos relacionados a los VMA; se consideró un nivel de confianza de 95% y un margen de error absoluto de 0.1, obteniéndose como resultado un tamaño de muestra de 21. Es importante señalar que este tamaño de muestra está asociado a la proporción de laboratorios que, en la muestra piloto de 10 laboratorios realizada para la validación de la encuesta tal como se menciona en 3.5.3.2, consideraron útil la NTP 214.060 y dieron una puntuación de 3 o más a la pregunta sobre la utilidad de dicha norma, obteniéndose un valor $p=9/10$ y un valor $q=1/10$.

Para la variable aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable por los laboratorios de ensayo, el tamaño de población fue de 68 en base a los laboratorios acreditados y no acreditados disponibles; se consideró un nivel de confianza de 90% y un margen de error absoluto de 0.12, obteniéndose un tamaño de muestra de 23. En este caso,

el tamaño de muestra está asociado a la proporción de laboratorios que, en la muestra piloto de 9 laboratorios realizada para la validación de la encuesta tal como se menciona en 3.6.3, respondieron que aplicaban métodos normalizados, obteniéndose un valor $p=7/9$ y un valor $q= 2/9$.

Respecto a la selección las legislaciones de 10 países de diversas regiones del mundo, el muestreo fue no probabilístico.

3.5. VARIABLE UTILIDAD DE NTP PARA EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS VMA

3.5.1. Instrumentos de colecta de datos

- Fuentes primarias: Revisión bibliográfica de Normas Técnicas Peruanas.
- Fuentes secundarias: Análisis de antecedentes de las Normas Técnicas Peruanas.
- Encuesta a laboratorios y entidades demandantes de análisis de aguas residuales.

3.5.2. Diseño de la Encuesta

3.5.2.1. Para métodos de ensayo

El diseño de la encuesta respecto a los métodos de ensayo constó de dos partes, una de datos generales, y la otra referida a los beneficios de las NTP, en donde se consultó el conocimiento y la utilidad de las normas a través de un cuestionario, para un total de 17 NTP. Se estableció una escala de valoración del 1 al 5, siendo 1 la menor valoración y 5 la mayor valoración; Se incorporaron un total de 103 ítems a evaluar.

3.5.2.2. Para Protocolo de muestreo

El diseño de la encuesta para evaluar la utilidad de la norma de muestreo NTP 214.060, tuvo 7 ítems referidos a la valoración del contenido técnico de:

Punto de muestreo.

Preservación y almacenamiento de muestra.

Tipos de muestreo por parámetro de VMA.

Cálculo de la alícuota para el muestreo compuesto.

Sobre medición de caudal.

Técnicas de control de calidad de muestreo.

Todos los ítems estuvieron medidos en escala Likert según su utilidad.

3.5.3. Validación de las encuestas

3.5.3.1. Encuesta de Utilidad de NTP de Métodos de ensayo

Para la validez y confiabilidad de las preguntas de la encuesta se realizó un estudio piloto con 9 encuestados con características similares a la población de estudio, quienes fueron seleccionados al azar, se les aplicó el cuestionario para someterlo a un proceso de análisis estadístico de sus ítems. En el Anexo 8.1 se muestra la encuesta y el análisis estadístico de sus ítems.

En la Tabla 12 se muestra el resultado obtenido del coeficiente Alfa de Crombach para los 103 ítems o elementos de la encuesta.

Tabla 12: Estadística de fiabilidad encuesta Variable 1 NTP de Métodos

Alfa de Cronbach	N° de ítems
0,956	103

La confiabilidad de consistencia interna del instrumento, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obtuvo un valor de 0.956. Según diferentes autores un valor del alfa de Cronbach mayor a 0.7 es aceptable, el valor de alfa de Cronbach oscila de 0 a 1 cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1, mayor es la consistencia interna de los ítems analizados (Frías-Navarro 2014); en este caso el valor siendo mayor a 0.8, se consideró al instrumento

de una confiabilidad muy alta (Ruiz 2007).

3.5.3.2. Encuesta de Utilidad de NTP del Protocolo de muestreo

Para la validez y confiabilidad de las preguntas de la encuesta se realizó un estudio piloto con 10 laboratorios encuestados con características similares a la población de estudio, quienes fueron seleccionados al azar, se les aplicó el cuestionario para someterlo a un proceso de análisis estadístico de sus ítems.

En el Anexo 8.2 se presenta la encuesta y el análisis estadístico de sus ítems, lo cual fue respaldado con los valores del coeficiente Alfa de Cronbach. En la Tabla 13 se muestra el resultado obtenido del coeficiente Alfa de Cronbach para los 6 ítems o elementos de la encuesta.

Tabla 13: Estadística de fiabilidad Encuesta Variable 1 NTP de Muestreo

Alfa de Cronbach	N° de ítems
0,86	6

La confiabilidad de consistencia interna del instrumento, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obtuvo un valor de 0.86. Siendo mayor a 0.8, se consideró al instrumento de una confiabilidad muy alta (Ruiz 2007).

3.5.4. Procedimiento

3.5.4.1. Utilidad de NTP de métodos de ensayo

Para evaluar la variable Utilidad de las Normas Técnicas Peruanas de métodos de ensayo y muestreo, primero se consultó la fuente primaria a través de la revisión del catálogo virtual de Normas Técnicas Peruanas (NTP), se identificó la existencia de 17 Normas Técnicas Peruanas de métodos de ensayo relacionados directamente con los parámetros de los VMA de acuerdo a la legislación vigente.

Una vez revisada la fuente primaria, se procedió a revisar la fuente secundaria a través de los antecedentes de los métodos de ensayo de cada NTP identificada, con el objetivo de verificar si estaban basadas en normas de reconocimiento internacional.

En base a la revisión de las fuentes de información, se diseñó una encuesta con el objetivo de levantar información principalmente sobre el conocimiento, utilidad y valoración de cada NTP; otros aspectos evaluados fueron, la necesidad de actualización, mantener su vigencia y su difusión.

En base al tamaño de población que fue de 59, para un 90% de confianza y un margen de error de 0.12, se procedió a realizar la encuesta, previamente validada, a 22 empresas (laboratorios de primera y tercera parte, laboratorios de universidades, EPS y usuarios) vinculadas a la temática de aguas residuales y calidad de agua. Para que la muestra sea representativa se escogieron de manera al azar las 22 empresas.

Finalmente se procedió al análisis de los resultados a través de estadística descriptiva.

3.5.4.2. Utilidad de la NTP de Protocolo de muestreo

Una vez identificada la fuente primaria que correspondió a la legislación nacional a través del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, que referencia a la NTP 214.060 para el Protocolo de muestreo, se procedió con la fuente secundaria que corresponde a la NTP 214.060, se revisó su contenido, se identificaron 7 ítems a evaluar y se elaboró una encuesta para evaluar su utilidad al cabo de un año de su implementación.

En base al tamaño de la población que fue de 49 laboratorios acreditados, para un 95% de confianza y un margen de error de 0.10, se procedió a realizar la encuesta, previamente validada, a 21 a laboratorios acreditados en métodos de ensayo para aguas residuales no domésticas, escogidos aleatoriamente para que la muestra sea representativa.

3.6. VARIABLE APLICACIÓN DE MÉTODOS DE ENSAYOS RECONOCIDOS DE MANERA CONFIABLE

3.6.1. Instrumento de colecta de datos

- Fuentes primarias: Normas Técnicas Peruanas, Normas técnicas de asociaciones, Normas Internacionales.
- Fuentes secundarias: laboratorios acreditados cuya información estuvo disponible en web, directorios de EPS y fuentes de laboratorios en general.
- Encuesta a laboratorios con implementación de la NTP-ISO 17025 (acreditados) y aquellos que no cuentan con la implementación de la NTP-ISO 17025 (no acreditados).

3.6.2. Diseño de la encuesta

El diseño de la encuesta constó de tres partes, una de datos generales, otra de los métodos que se aplican para los parámetros básicos de los VMA y otra referida a los métodos complementarios de los VMA.

Para cada método normalizado se preguntó: si aplican el método, cuál de ellos requerían adopción nacional como NTP, si aplican algún método propio, si considera el límite de detección para el método que aplican, si consideran el límite de cuantificación para el método que aplican y finalmente si han calculado la incertidumbre del método que aplican. La encuesta tuvo 146 ítems.

Los criterios evaluados en esta encuesta fueron:

- a. Los parámetros de la VMA de acuerdo a la legislación vigente
- b. Métodos reconocidos (normalizados de organizaciones internacionales o nacionales) o validados (en base a métodos normalizados)
- c. Laboratorios Acreditados con NTP-ISO/IEC 17025 o con implementación de la misma norma o equivalente (No acreditados)
- d. Aplicación de características de desempeño: Límite de Detección/ Límite de Cuantificación / Cálculo de incertidumbre

3.6.3. Validación de la encuesta

Inicialmente para la validez y confiabilidad de las preguntas de la encuesta se realizó un estudio piloto con nueve encuestados con características similares a la población de estudio, quienes fueron seleccionados al azar, se les aplicó el cuestionario para someterla a un proceso de análisis estadístico de sus ítems.

En el Anexo 8.3 se presenta la encuesta y el análisis estadístico de sus ítems, que fue respaldado con los valores del coeficiente Alfa de Cronbach. En la Tabla 14 se muestra el resultado obtenido del coeficiente Alfa de Cronbach para los 146 ítems o elementos de la encuesta.

Tabla 14: Estadística de fiabilidad Encuesta Variable 2

Alfa de Cronbach	N° de ítems
0,991	146

La confiabilidad de consistencia interna del instrumento, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obtuvo un valor de 0.991, siendo mayor a 0.8, se consideró al instrumento de una confiabilidad muy alta (Ruiz 2007).

Si bien es cierto, muchos investigadores consideran necesario aplicar el Alfa de Cronbach para sustentar que el cuestionario ha sido bien planteado. Solo será válido cuando el cuestionario intente medir con todas las variables o su mayoría, planteadas de tal modo que todas las respuestas se encuentren en una misma escala; es decir, dicotómicas, multinivel, escalas Likert, etc. Debido a que esta encuesta tuvo diversos tipos de escalas, se decidió adicionalmente la opción de validación a través juicio de expertos. El juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación puesto que es una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas como expertos cualificados en el tema (Robles y Rojas 2015).

Para la validez del instrumento mediante juicio de expertos, se consultó con 5 expertos de áreas relacionadas al tema en estudio. A cada uno de ellos se le pidió que calificaran el cuestionario. El juicio de expertos se aplicó mediante el método individual, a través del cual

se obtuvo la valoración de la encuesta por cada experto de manera individual, sin que los mismos estén en contacto.

Para considerar este instrumento (encuesta) se buscó probar la variable Aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable, para ello la validación del instrumento por parte de los expertos debió alcanzar un valor de aprobación mayor a un valor estándar de 80% (Escurra, 1988). Este valor fue establecido como valor objetivo; de tal manera que si el promedio de puntuaciones de los distintos aspectos supera el 80% significaría que los expertos están conformes con el instrumento y quedaría como validado.

Cada uno de los expertos dio puntuaciones superiores al 80% para cada aspecto, estando de acuerdo con el cuestionario, en consecuencia, el Índice de Acuerdo (IA) fue de 1. Con estos resultados el instrumento quedó validado.

En el Anexo 8.4 se presenta el resultado de valoración de la encuesta de los 5 expertos.

Una vez obtenido ambos instrumentos de validación se verificó la validez y fiabilidad de la encuesta y no fue necesario eliminar ningún ítem, cabe resaltar que ha pedido de uno de los expertos, se ajustó la redacción de algunas preguntas para una mejor comprensión.

3.6.4. Procedimiento

Para evaluar la variable Aplicación de Métodos de Ensayos reconocidos de manera confiable por los laboratorios de ensayo, primero se consultó las fuentes primarias a través de la revisión de Normas Técnicas Peruanas, Normas técnicas internacionales y de asociaciones relacionadas a los métodos de ensayo para los parámetros de los VMA; luego las fuentes secundarias respecto a los laboratorios acreditados para los ensayos de aguas residuales, las EPS y los laboratorios no acreditados.

Respecto a los laboratorios acreditados y no acreditados vinculados a los análisis de aguas residuales, se contó con los siguientes directorios:

Registro de Universidades

<https://www.sunedu.gob.pe/sibe/>

Directorios EPS- SUNASS

http://www.sunass.gob.pe/websunass/images/mapa/eps_directorio_3918.pdf

Directorio de laboratorios con implementación de la NTP-ISO 17025

<https://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados>

Una vez identificadas las normas existentes para los métodos de ensayo relacionados a los parámetros de los VMA, se diseñó una encuesta cuyo objetivo fue levantar información sobre los métodos de ensayo que aplican los laboratorios acreditados y no acreditados, para los ensayos de aguas residuales relacionados a los parámetros de los VMA; así como, evaluar algunas características de desempeño en base a criterios de confiabilidad de los resultados emitidos.

Con la encuesta validada y en base a la población objetivo que fue de 68 laboratorios, para un 90% de confianza y un margen de error de 0.12; se procedió a realizar la encuesta a 23 empresas (laboratorios de tercera parte, laboratorios de universidades, EPS), vinculadas a la temática de aguas residuales y calidad de agua. Las empresas fueron escogidas al azar para que la muestra sea representativa.

3.7. VARIABLE EXISTENCIA LABORATORIOS ACREDITADOS A NIVEL NACIONAL

En este caso el objeto a evaluar fue la presencia de laboratorios acreditados a nivel nacional.

3.7.1. Colecta de información

Se utilizó la siguiente fuente secundaria: laboratorios acreditados cuya información estuvo disponible en web.

En este caso se evaluó al 100% de laboratorios acreditados

No fue necesario aplicar una encuesta puesto que la información está disponible.

3.7.2. Procedimiento de análisis de datos

- a. Se evaluaron los datos en función a la información obtenida
- b. Se investigó si existe capacidad analítica de laboratorios en regiones
- c. Se investigó la existencia de laboratorios acreditados en regiones
- d. Se realizó el análisis de estadística descriptiva de los resultados

3.8. VARIABLE VMA ADECUADOS EN LA LEGISLACIÓN NACIONAL

En este caso se evaluaron los parámetros y los valores límites de los VMA de la legislación nacional en base a un análisis de legislación comparada.

3.8.1. Colecta de datos

Se utilizó la siguiente fuente primaria: revisión bibliográfica de la legislación existente nacional e internacional.

No fue necesario aplicar una encuesta puesto que la información está disponible.

Se ubicaron países de diferentes regiones: América, Europa, Asia, Oceanía, para tener un panorama global del control de vertimientos de aguas residuales no domésticas.

3.8.2. Procedimiento

El procedimiento que se realizó fue el siguiente:

- a. Se hizo una búsqueda de la normativa vigente en materia de control de vertimientos no domésticos en Perú y en 10 países: Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Canadá, Estados Unidos de Norte América (U.S.A), España, Japón y Australia
- b. Se hizo un análisis cualitativo transversal por medio de legislación comparada para la evaluación de los parámetros de VMA que se contemplan en cada legislación
- c. Se evaluaron los valores límites de cada parámetro de cada legislación

- d. Se determinaron rangos encontrados para cada parámetro y se verificó la ubicación del valor de los VMA en el rango encontrado
- e. Se realizó la estadística descriptiva a los resultados obtenidos
- f. Se analizaron los resultados y se determinó si los VMA definidos en la legislación nacional son adecuados, así como sus valores límites

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos según el procedimiento detallado en el capítulo anterior.

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS POR VARIABLE

4.1.1. Variable utilidad de las Normas Técnicas Peruanas de métodos de ensayo y muestreo para el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA)

Se identificaron 17 Normas Técnicas peruanas (NTP) para los 23 parámetros de los VMA.

En el Anexo 8.5 se muestra el listado de las Normas Técnicas Peruanas identificadas, además se encontraron NTP para el muestreo, de ellas la más importante es la NTP 214.060:2019 referida al Protocolo de muestreo, que está referenciada en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, por lo que su aplicación es de obligatorio cumplimiento.

Se encontró que las NTP cuentan con el antecedente basado en normas de reconocimiento internacional, siendo su mayoría (90%) normas del Standard Métodos de agua de la Asociación americana de salud pública de USA SMWWE-APHA y en menor proporción (10%) basadas en normas ISO.

Una vez validado el instrumento de colecta de datos, se procedió a ejecutar la encuesta para evaluar la utilidad de las NTP.

La encuesta fue respondida por 22 laboratorios: 17 privados, 5 públicos; 10 cuentan con la implementación de la NTP-ISO/IEC 17025 acreditada. Asimismo, 13 se ubicaron en Lima, 2 en Arequipa, 1 en Callao, 1 en Cuzco, 1 Lambayeque-Chiclayo, 1 en Huánuco, 1 en La Libertad, 1 en Puno y 1 en Ucayali. En la Tabla 15 se muestra un resumen de esta información.

Tabla 15: Ubicación de laboratorios encuestados sobre utilidad de NTP

Lugar	N° de Laboratorios	Con NTP-ISO 17025
Arequipa	2	1
Lima	13	8
Callao	1	1
Cuzco	1	0
Chiclayo	1	0
Huánuco	1	0
La Libertad	1	0
Puno	1	0
Ucayali	1	0
Total	22	10

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de la encuesta fue demostrar la utilidad de las NTP para los ensayos de aguas residuales, para ello se levantó información respecto al conocimiento de la existencia de 17 NTP vinculadas a los ensayos de los VMA; a su utilidad y su valoración, estableciendo una escala de valoración del 1 al 5, siendo 1 la menor valoración y 5 la mayor valoración.

Respecto al conocimiento de las 17 NTP existentes vinculadas a aguas residuales, por parte de los 22 laboratorios que respondieron la encuesta, se tiene que el 50% (11 laboratorios) conocen el 52.94% de las NTP; las NTP menos conocidas por los laboratorios, fueron la NTP 214.034, método para la determinación de aluminio y la NTP-ISO 17194-2, método para la determinación de boro y mercurio, conocidas solo por el 27.27% (6 laboratorios).

Mientras que las más conocidas fueron la NTP 214.050 (temperatura), por el 77.27% (17 laboratorios); la NTP 214.029 (pH) y la NTP 214.037 (DBO₅) por el 72.22% (16 laboratorios); seguida por la NTP 214.052 (sólidos sedimentables), por el 68.18% (15 laboratorios). La Figura 2 muestra el número y porcentaje de laboratorios que afirmaron conocer cada NTP consultada.

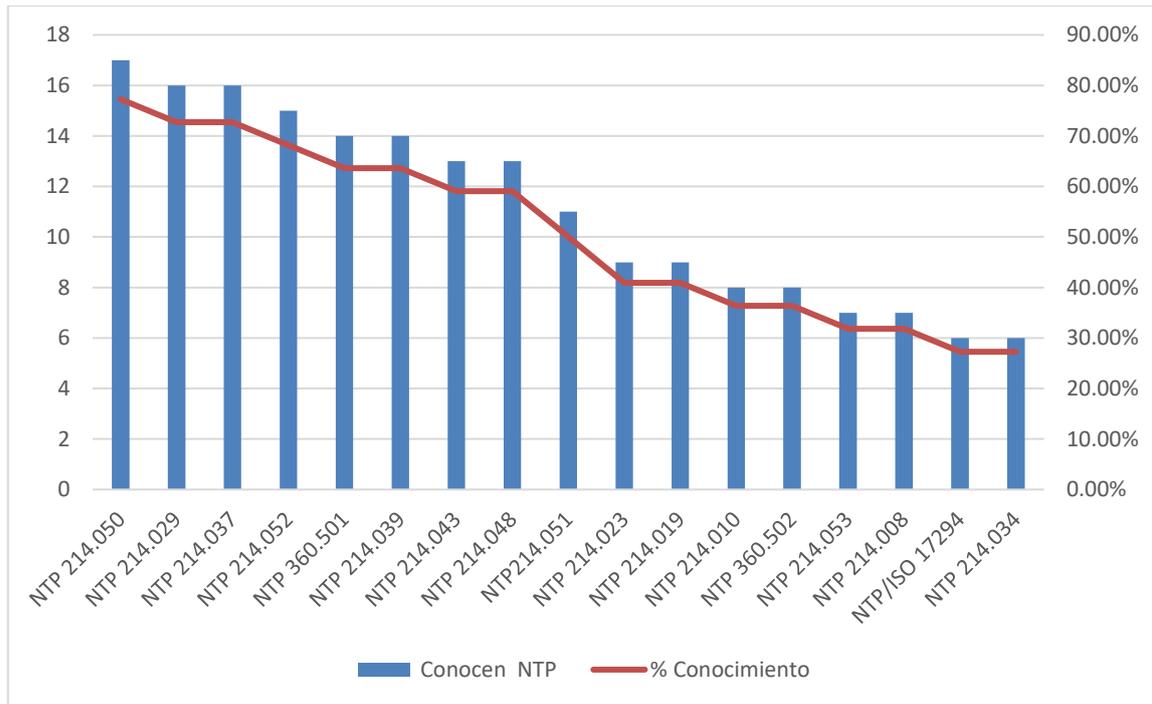


Figura 2: Número de Laboratorios que conocen las NTP

Respecto a la utilidad de las NTP, se consultó a los laboratorios si las NTP eran útiles para realizar los ensayos de VMA en aguas residuales, los resultados demuestran que por lo menos el 50% de los laboratorios consideran útiles las siguientes NTP: NTP 214.050 (temperatura) por el 77.27%; NTP 214.029 (p H) , NTP 214.039 (SST) y NTP 214.037 (DBO₅) por el 72.73%; NTP 214.043 (metales), NTP 214.048 (aceites y grasas), NTP 214.052 (sólidos sedimentables) y NTP 360.501 (DQO), por el 63.64%; y, la NTP 214.051(nitrógeno amoniacal) y la NTP 360.502 (sulfuro de hidrógeno) por el 50% de laboratorios.

Asimismo, las normas consideradas menos útiles por los laboratorios fueron la NTP 214.034 (aluminio) considerada útil sólo por el 18.18% de laboratorios y la NTP 214.008 (arsénico) por el 27.27%. En la Figura 3 se muestra el % de laboratorios que consideran útiles las NTP.



Figura 3: Porcentaje de laboratorios que consideran útiles las NTP

Otra medición que se obtuvo de la encuesta en relación a la utilidad de las NTP para el ensayo de aguas residuales, fue la valoración de cada NTP respecto a: su contenido técnico con antecedentes de métodos internacionalmente reconocidos, su disponibilidad en idioma español y su costo accesible; ello frente a las normas de métodos internacionales que están generalmente en idioma inglés y su costo no siempre es accesible, sobre todo para laboratorios en el interior del país.

En la Figura 4 se presenta el porcentaje de valoración comparado con su utilidad para cada NTP. Se evidencia que la NTP más valorada con 100% de valoración, fue la NTP 214.052 (sólidos sedimentables); las NTP que tuvieron 94.1% de valoración fueron la NTP 214.050 (temperatura), la NTP 214.029 (pH) y la NTP 214.037 (DBO₅); entre las menos valoradas, se encuentran la NTP 360.502 (sulfuro de hidrógeno), seguida de la NTP 214.034 (aluminio) no obstante obtuvieron 57.1% y 70.0% de valoración respectivamente.

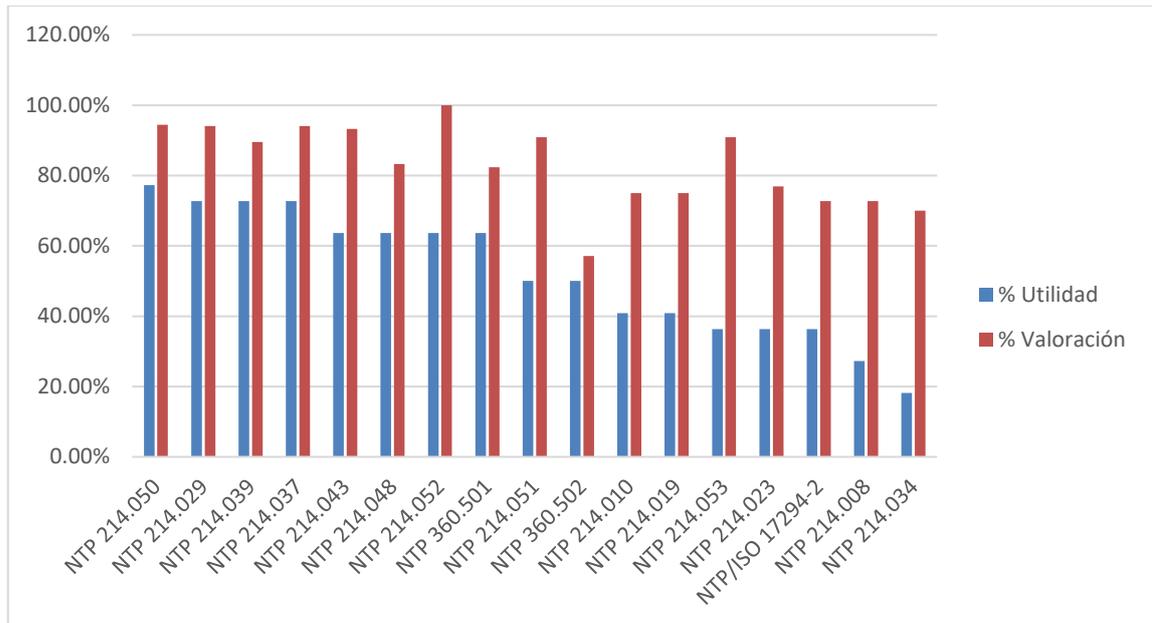


Figura 4: Porcentaje de valoración utilidad de cada NTP por los laboratorios

En la Tabla 16 se presenta la relación del porcentaje de utilidad, de valoración y de conocimiento de las NTP por parte de los laboratorios, resaltando en celeste aquellas que representan por lo menos un porcentaje de utilidad y de conocimiento del 50% de laboratorios y a su vez un porcentaje de valoración de por lo menos 80%. Se destacan las NTP que refieren a los VMA de temperatura, pH, sólidos totales suspendidos, DBO₅, metales varios, aceites y grasas, sólidos sedimentables, DQO y nitrógeno amoniacal.

Tabla 16: Porcentaje de utilidad, valoración y conocimiento de las NTP

NTP	% Utilidad	% Valoración	% Conocimiento	Relación VMA
NTP 214.050	77.27%	94.40%	77.27%	Temperatura
NTP 214.029	72.73%	94.10%	72.73%	p H
NTP 214.039	72.73%	89.50%	63.64%	Sólidos Totales Suspendidos
NTP 214.037	72.73%	94.10%	73.73%	DBO ₅
NTP 214.043	63.64%	93.30%	59.09%	Metales varios
NTP 214.048	63.64%	83.30%	59.09%	Aceites y Grasas
NTP 214.052	63.64%	100.00%	68.18%	Sólidos sedimentables
NTP 360.501	63.64%	82.40%	63.64%	DQO

«Continuación»

NTP 214.051	50.00%	90.90%	50.00%	Nitrógeno amoniacal
NTP 360.502	50.00%	57.10%	36.36%	Sulfuro de Hidrógeno
NTP 214.010	40.91%	75.00%	36.36%	Manganeso
NTP 214.019	40.91%	75.00%	40.91%	Cianuro Total Met. Colorimétrico
NTP 214.053	36.36%	90.90%	31.82%	Cromo VI
NTP 214.023	36.36%	76.90%	40.91%	Sulfatos M. Turbidimétrico
NTP-ISO 17294-2	36.36%	72.70%	27.27%	Boro / Mercurio
NTP 214.008	27.27%	72.70%	31.82%	Arsénico
NTP 214.034	18.18%	70.00%	27.27%	Aluminio

Cabe resaltar, que las 17 NTP evaluadas, tuvieron los siguientes resultados de valoración:

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
57.10%	75%	88.2%	83.48%	93.3%	100%

La valoración se midió en escala de 1 al 5, siendo 1 la menor y 5 la mayor valoración. Se consideró la valoración positiva de 3 a 5. De todas las NTP estudiadas, considerando respuestas positivas de 3 a 5, el porcentaje mínimo de valoración positiva fue de 57.1%, la mitad de las NTP tuvieron un porcentaje de valoración positiva de 88.2%. En promedio, las NTP tuvieron un porcentaje de valoración positiva de 83.48% y el porcentaje máximo de valoración positiva fue de 100%.

Los resultados de la encuesta demuestran que los laboratorios encuestados valoran las NTP de métodos de ensayo y consideran que son útiles para la determinación de los parámetros VMA de aguas residuales no domésticas. Sin embargo, también se evidencia que la valoración no significa su utilidad, ya que se identifican mayores porcentajes de valoración respecto a la utilidad de cada NTP evaluada.

También se evaluó la opinión de los laboratorios respecto a la actualización de las NTP, el 37% opinó sobre la necesidad de actualizar las NTP; el 60% opinó la importancia de mantenerlas vigentes y el 55% la necesidad de difundirlas.

Como se mencionó en el capítulo anterior, siendo que la Norma Técnica Peruana “NTP 214.060:2016 *Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado*”, es de aplicación obligatoria debido a que está referida en el artículo 12.1 del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA; se decidió evaluar la valoración de su utilidad por los laboratorios acreditados, luego de un año de su aplicación, a través de una encuesta específica dirigida a 21 laboratorios acreditados. En el Anexo 8.4 se presenta la encuesta realizada.

Se preguntó de manera general sobre la utilidad de la NTP 214.060. Se consideró una escala de Likert, 1 como nada útil y 5 como muy útil. El 95% de los 21 laboratorios acreditados contestaron que era muy útil.

Luego, se decidió abrir en detalle la valoración del contenido de la norma respecto a 6 aspectos importantes del contenido de la misma: Tipo de muestreo por parámetro VMA, medición de caudal, cálculo de la alícuota, punto de muestreo, preservación y almacenamiento de las muestras y técnicas de control de calidad del muestreo.

En la Figura 5 se muestra el resultado de valoración respecto al tipo de muestreo por parámetro VMA, la medición de caudal, el cálculo de la alícuota y el punto de muestreo.

Para el análisis de estos aspectos, los resultados se dividieron en dos clases, esto permitió verificar si un determinado laboratorio consideraba a la NTP 214.060 como poco útil o como una norma útil; es decir, estableciendo como punto de corte el valor 3. Donde menores a 3 sería poco útil y los mayores o iguales a 3 corresponderían a que la norma es útil.

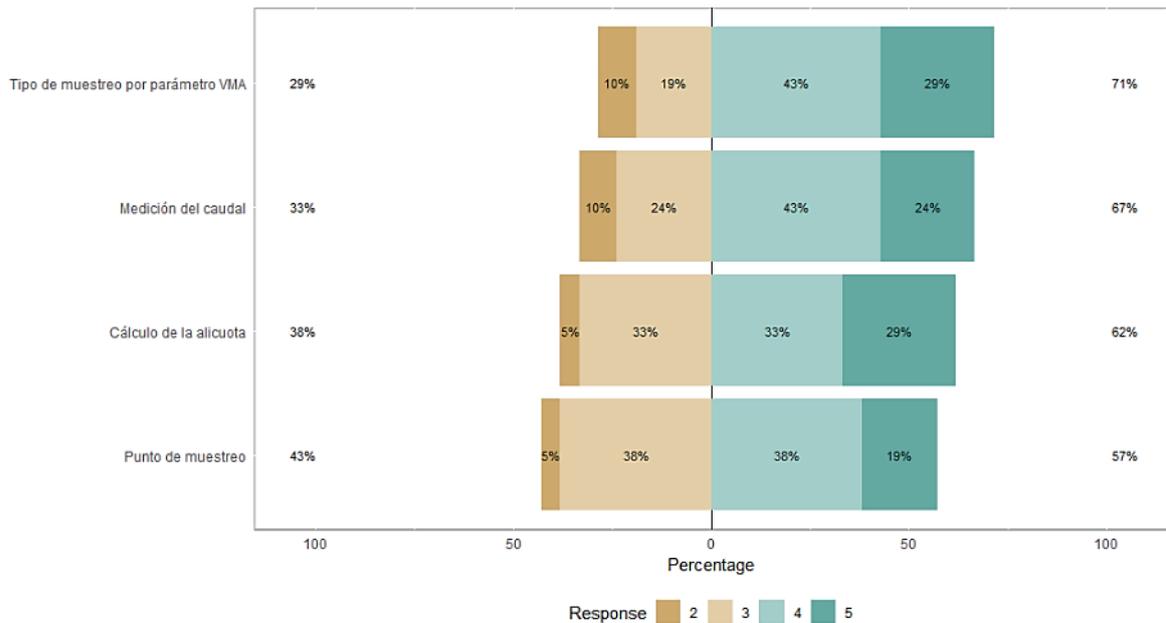


Figura 5: Valoración de la utilidad de cuatro aspectos de la NTP 214.060

Los resultados demuestran que el 71% de laboratorios consideran de útil a muy útil la información del tipo de muestreo por VMA, el 67% la medición del caudal, el 62% el cálculo de la alícuota y el 57% el punto de muestreo. No hubo ninguna respuesta en la que se consideró información no útil respecto a alguno de los contenidos técnicos, antes mencionados de la norma.

Respecto a los temas referidos a la preservación y almacenamiento de la muestra, el 81% de los laboratorios consideró de útil a muy útil esta información, mientras que un 10% consideró poco útil o inútil esta información (5% inútil); respecto a las técnicas de control de calidad de muestreo, el 62% consideró útil o muy útil esta información, y un 19% la consideró poco útil o inútil (5% inútil).

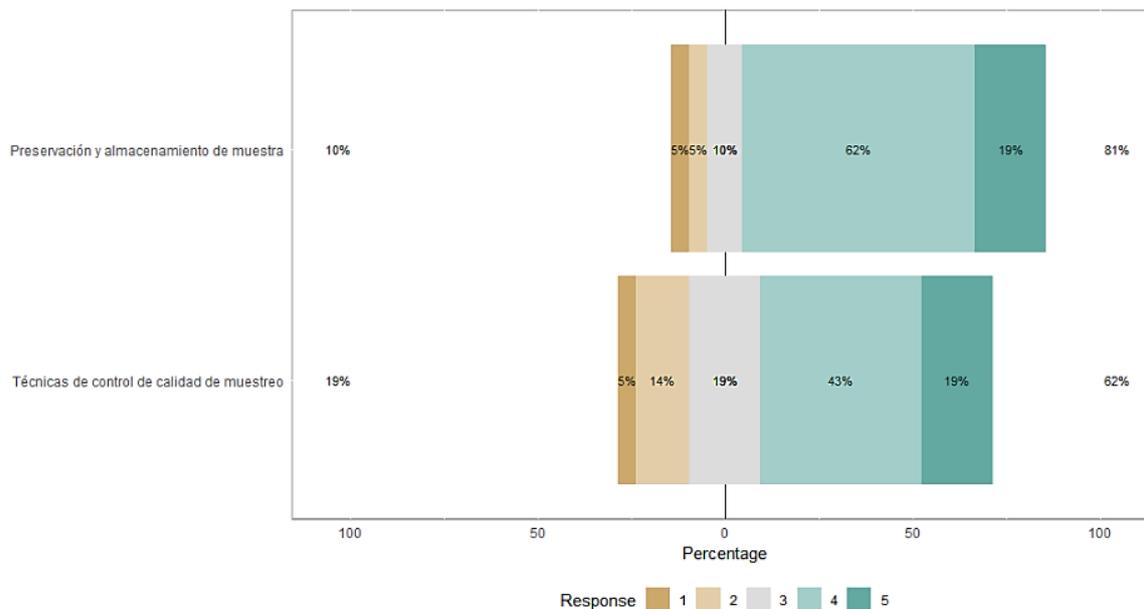


Figura 6: Valoración de la utilidad de dos aspectos de la NTP 214.060

En la Figura 6 se muestra que hubo puntuaciones con valoración baja (valoración de la información como no útil). Sin embargo, la mayoría de los laboratorios dieron una puntuación de 4 a cada aspecto de la norma. Es decir, la mayoría de los laboratorios consideran entre útil y muy útil cada aspecto de la norma.

Los resultados demuestran que, al cabo de un año de su aplicación, esta norma tiene una importante valoración sobre su utilidad por los laboratorios acreditados; sin embargo, respecto al punto de muestreo se obtuvo el nivel de valoración más bajo que corresponde a 57%, seguido del cálculo de la alícuota y de las técnicas de control de calidad del muestreo, existiendo oportunidades de mejora sobre estos aspectos. Cabe resaltar, que ningún laboratorio tiene acreditado el muestreo a través de la NTP 214.060.

En resumen, las normas técnicas peruanas (NTP) de métodos de ensayo y muestreo, de acuerdo a los resultados serían útiles para evaluar el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA). Más adelante, se discutirá si los laboratorios acreditados con la NTP/ISO-IEC 17025, se han acreditado con estas NTP para atender los VMA de acuerdo a la legislación vigente.

4.1.2. Variable aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable

Para evaluar esta variable **Aplicación de métodos de ensayos reconocidos de manera confiable**, primero fue importante identificar la existencia de métodos normalizados, adicionales a las NTP, mediante la revisión bibliográfica de las fuentes primarias constituidas por los catálogos de los organismos Internacionales de Normalización.

Se identificaron Normas Técnicas reconocidas de métodos de ensayo para los 23 parámetros básicos y complementarios, del Decreto Supremo N° 010 2019- VIVIENDA.

Las Normas Técnicas identificadas de nivel internacional, correspondieron a la Organización Internacional de Normalización-ISO; las de nivel nacional a las UNE de España y a las Normas Técnicas Peruanas; las Normas Técnicas de asociaciones especializadas en la temática ambiental identificadas, fueron: de la Asociación Americana de Salud Pública de los Estados Unidos de Norte América-APHA- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-SMEWW, de la Agencia de Protección Ambiental-EPA, de la Asociación Americana de Materiales- ASTM y de la AOAC -Internacional.

Respecto a la cobertura de los métodos normalizados emitidos por cada organización de normalización para los 23 parámetros de los VMA, se tiene que existen métodos de ensayo normalizados de las siguientes organizaciones, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Cobertura de parámetros de VMA por organización de normalización

Norma	Cobertura Parámetros VMA
APHA-SMEWW	23
NTP-INACAL	23
EPA	17
AOAC	17
ASTM	16
ISO	2
UNE-ISO	1

FUENTE: Elaboración propia

Respecto a las Normas Técnicas Peruanas, a julio de 2020 de acuerdo a la revisión del catálogo virtual de NTP, existen métodos de ensayo normalizados para los 23 parámetros; se destaca que en todos los casos el antecedente está basado en los estándares de la APHA-SMEWW.

Como se mencionó anteriormente, en el Anexo 8.5 se presenta el listado de NTP existentes para los 23 parámetros de los VMA, y en el Anexo 8.6 el listado de las normas internacionales identificadas para cada parámetro.

De acuerdo al procedimiento establecido en la metodología, para la variable aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable, se realizó una encuesta a laboratorios vinculados a la ejecución de ensayos de aguas residuales, independientemente si son acreditados o no.

La encuesta fue respondida por 23 laboratorios: 19 privados, 4 públicos, de los cuales 17 fueron acreditados con la NTP-ISO/IEC 17025 y 6 no acreditados.

En la Tabla 18 se muestra el número de laboratorios por región y su estado respecto a la acreditación.

Tabla 18: Ubicación de laboratorios encuestados sobre métodos reconocidos

Lugar	N° de Laboratorios	NTP-ISO/IEC 17025 (Lab. Acreditados)
Arequipa	2	2
Lima	10	10
Callao	2	2
Cuzco	3	2
Chiclayo	1	0
Huánuco	1	0
La Libertad	1	0
Piura	1	1
Puno	1	0
Ucayali	1	0
Total	23	17

FUENTE: Elaboración propia

En esta variable se busca evaluar si los laboratorios de ensayo acreditados y no acreditados, aplican métodos normalizados, el criterio de confiabilidad se basa en el uso de métodos normalizados o validados y el empleo de características de desempeño como el límite de cuantificación; el límite de detección, aplicable cuando se tienen trazas del contaminante; y el cálculo de la incertidumbre.

En el caso de los laboratorios no acreditados, se evaluó si aplican las características de desempeño, antes mencionadas, para evaluar si podrían estar en condiciones de iniciar un proceso de acreditación aplicando la norma NTP/ISO-IEC 17025.

La encuesta fue respondida por 23 laboratorios, 17 acreditados con la NTP-ISO 17025, así como por 6 laboratorios no acreditados. En Figura 7 se muestran los resultados globales para ambos tipos de laboratorios.

Se observa que el 96% de los laboratorios, en general acreditados y no acreditados, aplican métodos normalizados para el parámetro de SST, seguido del 83% de laboratorios para la determinación de pH, el 74% para los parámetros de DBO₅, aceites y grasas y temperatura, el 70% para el parámetro de DQO y el 57% para la determinación de sulfatos.

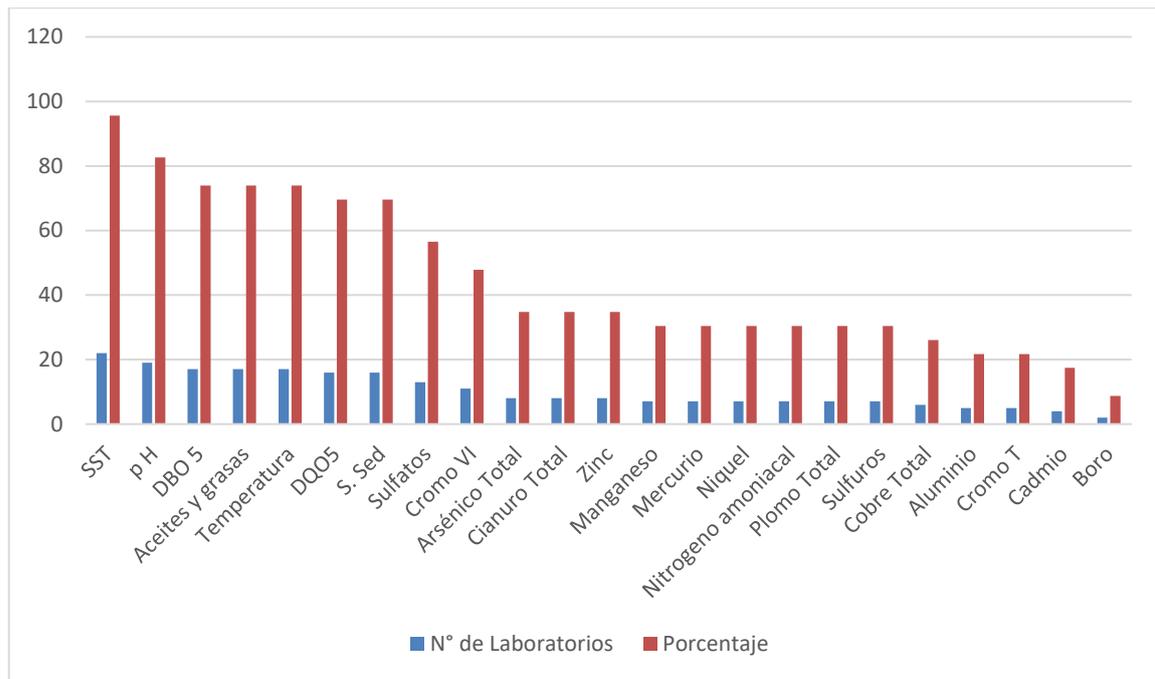


Figura 7: Porcentaje de Laboratorios con métodos normalizados por parámetro VMA

Así mismo, se evidencia como se muestra en la Figura 8 que por lo menos el 70% de los laboratorios, acreditados y no acreditados, aplican métodos normalizados para los cuatro parámetros básicos de los VMA: 17 laboratorios (74%) DBO₅, 16 laboratorios (70%) DQO, 22 laboratorios (96%) SST y 17 laboratorios (74%) aceites y grasas.

Respecto a los parámetros complementarios, existen pocos laboratorios, en promedio sólo el 35% realiza ensayos para los parámetros complementarios, a excepción de los parámetros de temperatura que realizan 17 laboratorios (74%), el de pH 19 laboratorios (83%) y Sólidos sedimentables 16 laboratorios (70%). Lo que podría afectar el control de los VMA para los parámetros complementarios, los cuales son específicos de acuerdo a las actividades económicas de los Usuario No Domésticos.

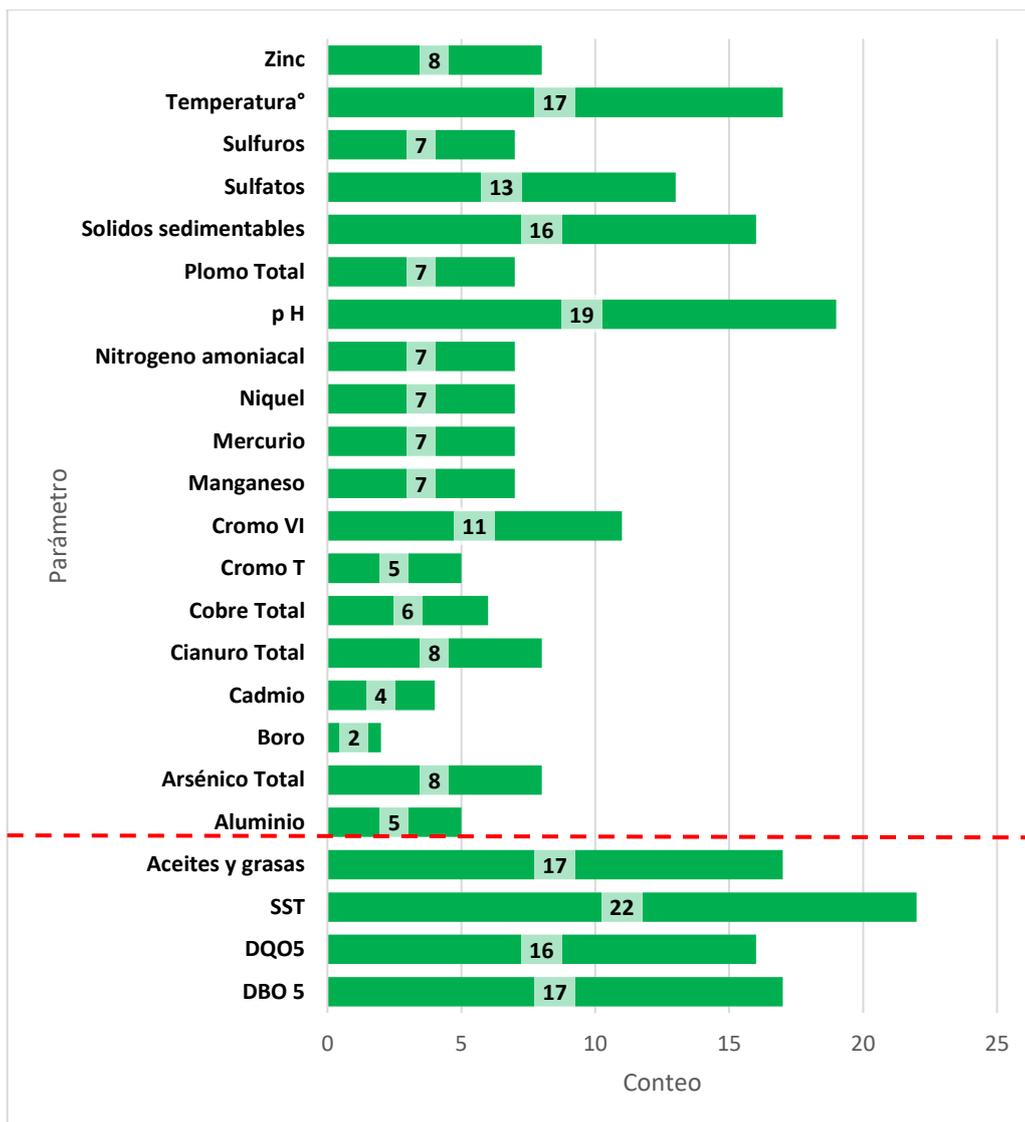


Figura 8: Número de laboratorios con métodos normalizados por parámetro VMA

Para evaluar la diferencia de la aplicación de métodos normalizados de laboratorios acreditados y no acreditados, se procedió a analizar los resultados por separado.

En la Figura 9 se muestra la distribución porcentual de sólo los laboratorios acreditados, que en su conjunto aplican métodos normalizados que cubren los 23 parámetros.

Se observa que en los 17 laboratorios acreditados |encuestados, se aplican métodos normalizados como sigue: el 94% de laboratorios para SST, el 88% aceites y grasas y pH, el 82% DQO y temperatura, el 76% DBO₅ y sólidos sedimentables y el 65% cromo VI y sulfatos. Así mismo, los parámetros de VMA para los cuales hay menor número de laboratorios acreditados son: boro con 12%, aluminio con 18% y cadmio con el 23%.

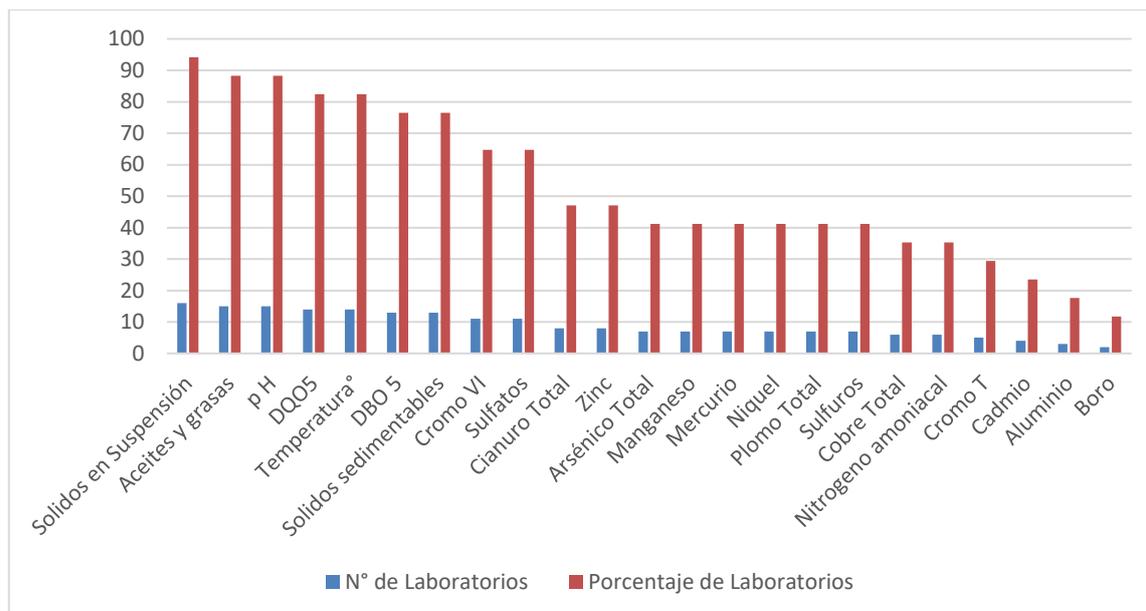


Figura 9: Porcentaje de Laboratorios acreditados con métodos normalizados por parámetro VMA

De los resultados analizados se observa que existe mayor número de laboratorios acreditados para el control de los parámetros básicos de los VMA del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA–cuyo control es esencial, puesto que, si se supera uno de sus valores, las Empresas Prestadoras de Servicios –EPS, están facultadas a cobrar a los Usuarios No Domésticos-UND un pago adicional por el exceso de concentración de algunos de los parámetros establecidos para los VMA.

En la Figura 10 se muestra la distribución del número de laboratorios acreditados que utilizan métodos normalizados reconocidos por parámetro de VMA, la línea horizontal roja separa los parámetros básicos de los VMA en la parte inferior, de los parámetros complementarios de los VMA en la parte superior.

Se evidencia que por lo menos el 76% de los laboratorios acreditados aplican métodos normalizados para los cuatro parámetros de los VMA básicos: 13 laboratorios (76%) para DBO₅, 14 laboratorios (82%) para DQO, 16 laboratorios (94%) para SST y 15 laboratorios (88%) para el parámetro de aceites y grasas.

Respecto a los parámetros complementarios hay poca oferta que va desde el 12% hasta el 88% dependiendo del parámetro a ensayar. Se cita en orden decreciente, 15 laboratorios (88%) aplican métodos normalizados para el parámetro de pH, 14 laboratorios (82%) para el de temperatura, 13 laboratorios (76%) para sólidos sedimentables y 11 laboratorios (65%) para el parámetro de sulfatos y cromo VI, por mencionar aquellos parámetros que tienen más del 50% de laboratorios con métodos normalizados.

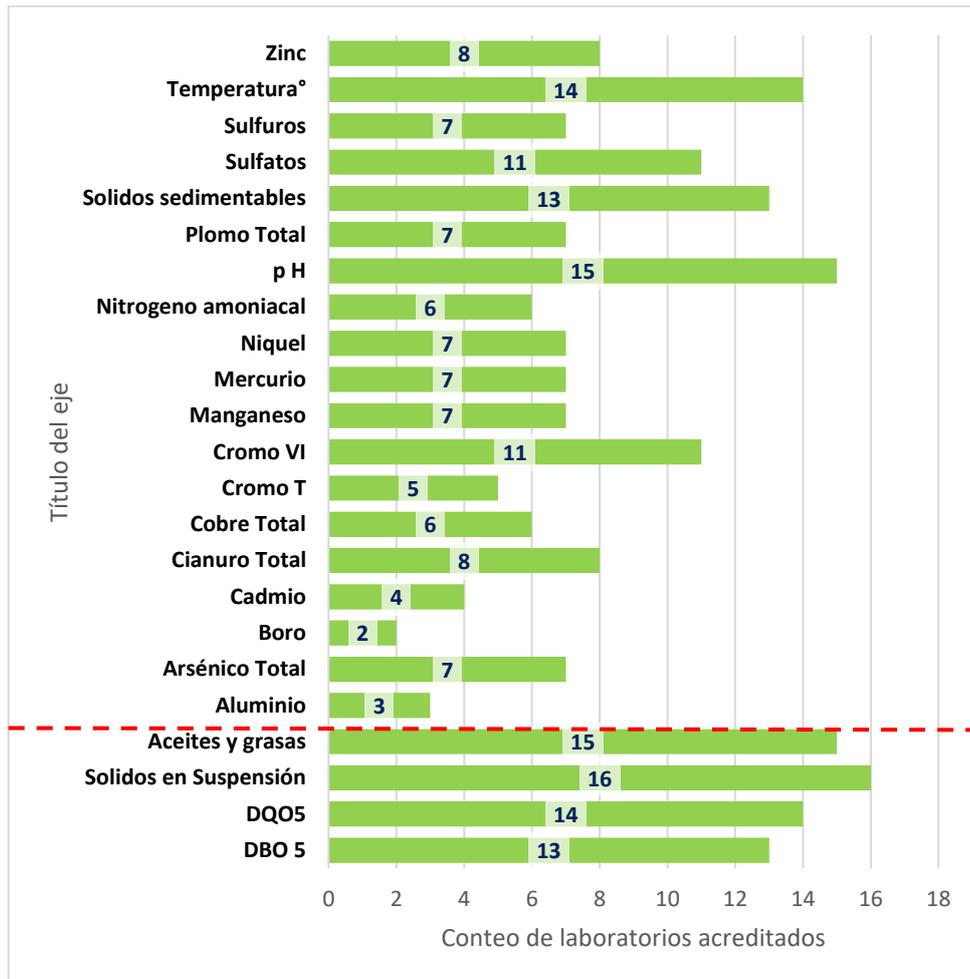


Figura 10: Número de laboratorios acreditados con métodos normalizados por parámetro VMA

Igualmente se hizo el análisis de la información para los laboratorios no acreditados, se tiene que los laboratorios no acreditados encuestados aplican métodos normalizados sólo para 11 parámetros de los VMA, siendo como sigue: el 100% de los laboratorios aplica métodos normalizados para SST, el 67% para el parámetro de DBO₅ y de pH, el 50% para el parámetro de sólidos sedimentables y de temperatura, el 33% para DQO, aluminio, sulfatos y aceites y grasas y el 17% para arsénico y nitrógeno amoniacal. En la Figura 11 se muestra el

porcentaje de laboratorios no acreditados que aplican métodos normalizados para cada parámetro VMA.

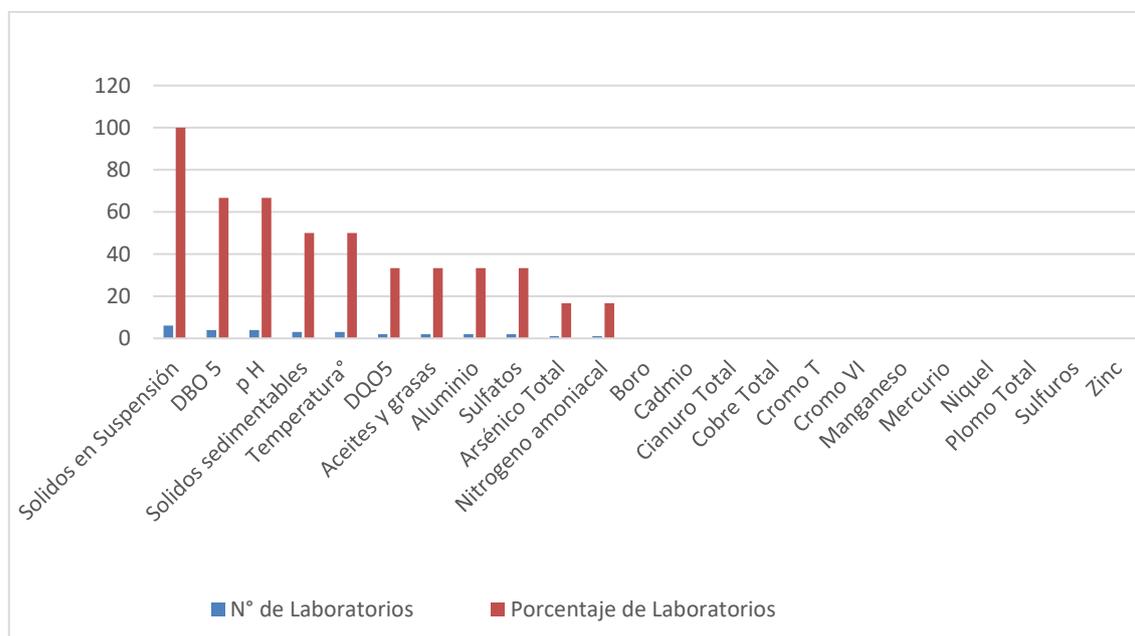


Figura 11: Porcentaje de Laboratorios no acreditados que aplican métodos normalizados por parámetro VMA

Sobre la aplicación de métodos normalizados por los laboratorios no acreditados, se evidencia que al igual que en los laboratorios acreditados se aplican métodos normalizados principalmente para los cuatro parámetros básicos de los VMA.

En la Figura 12 se muestra el número de laboratorios no acreditados que utilizan métodos normalizados reconocidos para los parámetros básicos y complementarios, la línea horizontal roja separa los métodos para los parámetros básicos en la parte inferior, de los complementarios en la parte superior. Se evidencia que tienen capacidad para 7 parámetros complementarios y que no existe ningún laboratorio que aplique métodos normalizados para 12 parámetros complementarios.

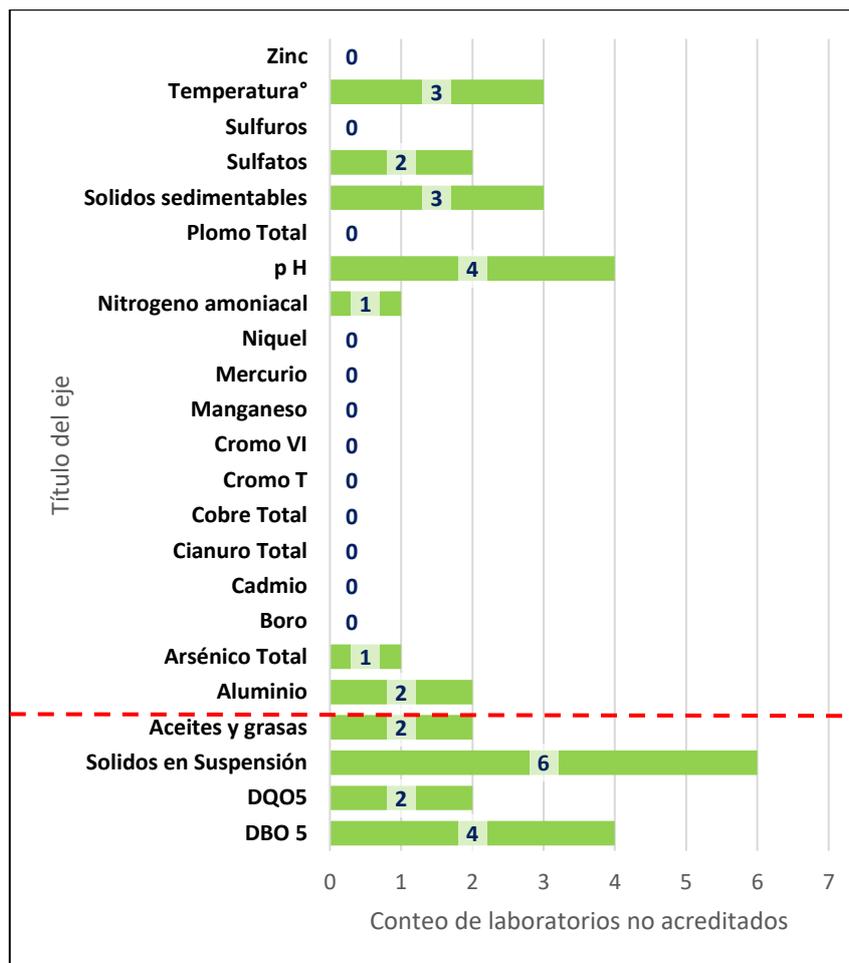


Figura 12: Número de laboratorios no acreditados que aplican métodos normalizados por parámetro de VMA

Un aspecto importante a evaluar para la confiabilidad de los resultados, tiene que ver con el desempeño frente a algunas características como: el límite de detección, el límite de cuantificación y el cálculo de la incertidumbre; que en esta investigación se usaron como criterios para evaluar la confiabilidad de los resultados, en la medida que los laboratorios reportaron su aplicación. El análisis se hizo por parámetro de los VMA, concentrándose en los laboratorios que aplican métodos normalizados, considerando laboratorios acreditados y no acreditados.

En la Figura 13 se muestra el resultado para los laboratorios acreditados. Se evidencia que aplican las 3 características de desempeño para todos los métodos que tienen acreditados como sigue: 16 laboratorios consideran el límite de detección, el límite de cuantificación y el cálculo de la incertidumbre para la determinación de SST (94%); 15 (88%) para aceites y grasas, a excepción del límite de detección que es aplicado por 13 de 15 laboratorios (57%);

15 (88%) para pH; 14 (82%) para DQO y temperatura; 13 (76%) para DBO₅ y sólidos sedimentables; 11 (65%) para cromo VI y sulfatos, por citar los parámetros que tienen más del 50% de laboratorios acreditados. Se concluye que para los parámetros de VMA se tienen laboratorios acreditados que aplican las características de desempeño de confiabilidad de los resultados, definidas para esta investigación.

Este resultado era de esperarse puesto que tiene relación directa con la exigencia de confiabilidad que requiere cumplir un laboratorio acreditado. Es decir, el que la legislación de los VMA requiera el uso de laboratorios acreditados es una fortaleza del sistema debido a su confiabilidad. No obstante, también es importante destacar que no todos los laboratorios tienen acreditados métodos para todos los parámetros de los VMA, teniendo en cuenta que la aplicación de la legislación es a nivel nacional, puede ser una debilidad. Esto se discutirá en mayor detalle más adelante, en el análisis de la siguiente variable.

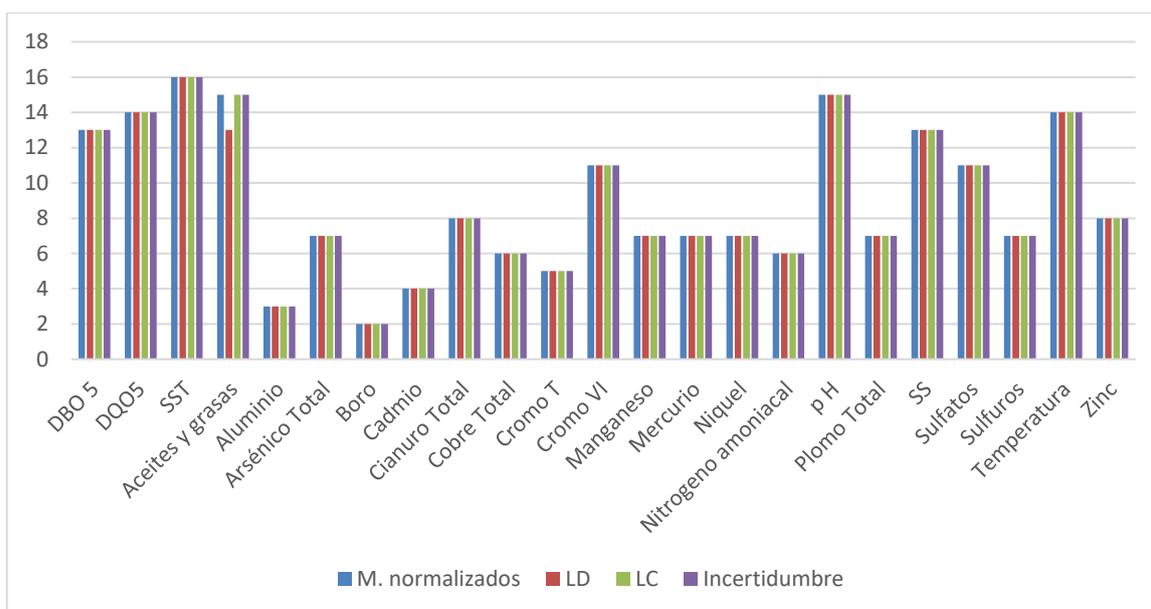


Figura 13: Características de desempeño de laboratorios acreditados por cada VMA

En la Figura 14 se hace el mismo análisis, en este caso para los laboratorios no acreditados. Se muestra que los laboratorios no acreditados si bien aplican métodos normalizados, no aplican el cálculo de la incertidumbre en todos los casos. Se tiene sólo el cálculo de incertidumbre para 3 parámetros DBO₅, DQO y sulfatos por un solo laboratorio (17%) que no está acreditado, pero tiene implementado la NTP ISO-IEC 17025.

Respecto al límite de cuantificación. Se tiene que 5 laboratorios (83%) aplican dicha característica para el parámetro de SST; 4 laboratorios (67%) para pH; 3 laboratorios (50%) para DBO₅ y sólidos sedimentables; 2 laboratorios (33%) para los parámetros de aceites y grasas, aluminio, sulfatos y temperatura; y por lo menos 1 laboratorio (17%) para cada uno de los siguientes parámetros: DQO, arsénico y nitrógeno amoniacal. Así mismo, ninguno toma en consideración la característica de límite de detección.

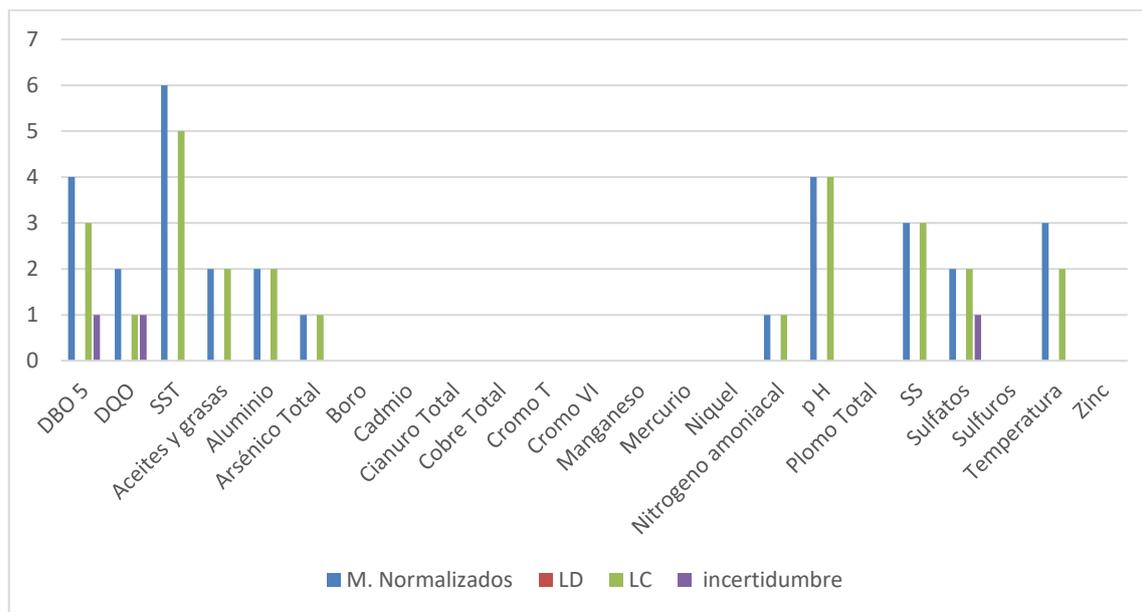


Figura 14: Características de desempeño de laboratorios no acreditados por cada VMA

Otro aspecto que también influye en la confiabilidad de resultados por parte de los laboratorios, es el uso de Materiales de Referencia Certificados (MRC), como un elemento importante para demostrar la competencia técnica de los laboratorios en la determinación de un determinado analito; por ejemplo, a través de ensayos de aptitud, como se mencionó en el capítulo IV.

En la Figura 15 se muestra el resultado de la respuesta de los laboratorios respecto al uso de MRC, los resultados se muestran en escala de Likert. Se distingue la diferencia entre laboratorios acreditados y no acreditados. Los 17 laboratorios acreditados (100%) utilizan MRC, mientras que el 50% de los laboratorios no acreditados reportó su uso a veces. Este es un aspecto importante a considerar para una futura acreditación.

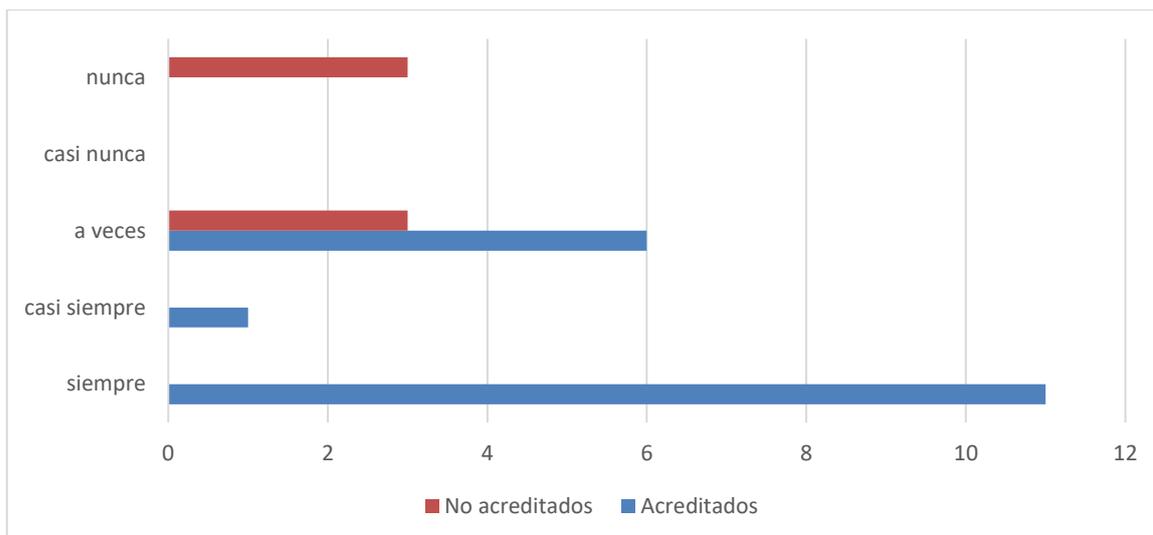


Figura 15: Uso de MRC por parte de los laboratorios

Otro aspecto relevante es la identificación de los métodos normalizados que los laboratorios aplican para cada parámetro de los VMA, teniendo en cuenta que los métodos deben ser reproducibles, con fines de verificación y dirimencia, según sea el caso.

Respecto a la aplicación de métodos normalizados aplicados por los laboratorios, la Tabla 19 muestra la distribución de los métodos normalizados en relación a los 23 parámetros VMA.

Tabla 19: Métodos normalizados aplicados a los VMA por los laboratorios

Método Normalizado	N° de parámetros VMA	Parámetros VMA
SMEWW	21 (91%)	Todos, excepto aluminio y boro
NTP	7 (30%)	sólidos suspendidos totales, aluminio, arsénico, pH, sólidos sedimentables, sulfatos y temperatura
ISO	3 (13%)	DBO ₅ , aluminio y boro
EPA	2 (9%)	aceites y grasas y cobre total
ASTM	2 (9%)	mercurio y pH

En la Figura 16 se presenta el conjunto de resultados y la distribución por parámetro en relación a los métodos normalizados de las organizaciones de normalización, utilizados por los laboratorios, donde se refleja la predominación de los métodos del SMEWW ampliamente reconocidos por ser específicos para el ensayo de aguas.

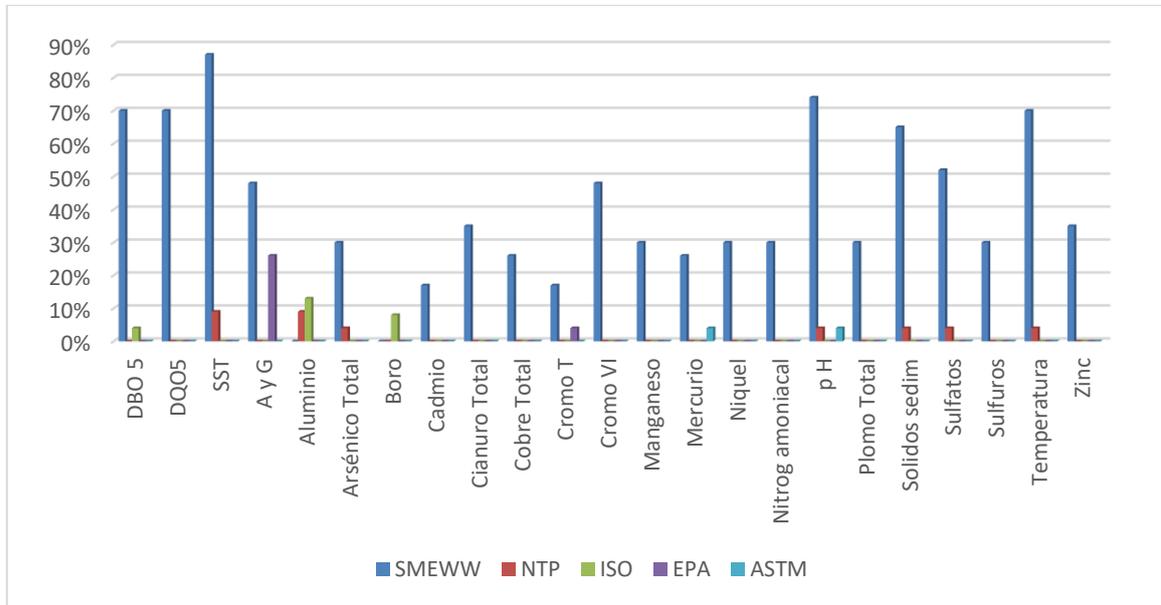


Figura 16: Porcentaje de laboratorios que aplican diversos métodos normalizados por VMA

En el punto 4.1.1 se demostró que los laboratorios valoran las NTP por ser útiles para el análisis de aguas residuales; sin embargo, se observa que en comparación con las normas del SMEWW, se aplican sólo al 30% de los parámetros VMA.

Aun cuando los resultados indican que las NTP se aplican sólo para el 30% de los parámetros de los VMA, esto no se refleja en el ámbito de la acreditación. De acuerdo a los métodos acreditados por los laboratorios que se presenta el Anexo 8.7, se evidencia que los laboratorios se han acreditado para 22 parámetros con las normas SMEWW y solo el parámetro de temperatura es acreditado con la NTP 214.050. Ello podría deberse a que los laboratorios prefieren usar las normas SMEWW de su fuente original, se acreditaron antes de que se publicaran las NTP o desconocen que existan NTP adoptadas del SMEWW. Se destaca que el tener NTP peruanas que son prácticamente adopción de las normas del SMEWW-APHA, es una oportunidad para los laboratorios no acreditados a nivel nacional, que pueden conseguirlas a menor costo y en el idioma español; también es una tarea

pendiente el difundirlas para darlas a conocer como métodos normalizados útiles para ayudar a la implementación de los VMA.

Otro resultado importante, es que los laboratorios acreditados encuestados ubicados en Lima, Callao, Arequipa, Cuzco y Piura realizan ensayos para los 23 parámetros, mientras que los laboratorios no acreditados ubicados en Cuzco, Chiclayo, Huánuco, La Libertad, Puno y Ucayali, aplican ensayos para 11 parámetros de los 23. Esto es importante destacar ya que existe capacidad de ampliar la oferta de ensayos si se fortalecen capacidades a estos laboratorios para su acreditación, esto dependiendo de la necesidad de acreditar métodos en función a la demanda de las actividades de los UND.

Otro resultado al margen de si el laboratorio es acreditado o no, en ambos casos los parámetros con mayor cobertura por los laboratorios, son los básicos: Sólidos en suspensión, DBO₅, DQO, aceites y grasas, realizados por lo menos por el 70% de los laboratorios. Respecto a los parámetros complementarios los de mayor cobertura por los laboratorios, son el de temperatura, pH y sólidos sedimentables, realizados por lo menos por el 70% de los laboratorios. Existiendo poca oferta para los ensayos complementarios, que son específicos por actividad económica de acuerdo a la clasificación CIUU, esto sería un tema a fortalecer.

Respecto a las características de desempeño medidas por el límite de detección, cuantificación y el cálculo de la incertidumbre de las mediciones, así como el uso de MRC; se tiene diferencias que están reflejadas en la exigencia de la implementación de NTP/ISO-IEC 17025 y se acentúa más cuando existe la acreditación con esta Norma. En general, los laboratorios acreditados evidenciaron aplicar estas características de desempeño, mientras que los laboratorios que no cuentan con la acreditación, no evidenciaron cumplir con las tres características de desempeño evaluadas, salvo aquellos que están en proceso de implementación de la norma en mención. Esto se ve reflejado en que sólo un laboratorio no acreditado realiza el cálculo de incertidumbre, mientras que, para la característica de desempeño referida al límite de cuantificación, dependiendo del parámetro, es aplicada desde el 17% hasta el 83%, es decir su aplicación es variable.

No obstante, también es importante resaltar que los laboratorios no acreditados tendrían condiciones para avanzar en su acreditación para el ensayo de los parámetros básicos y para 7 de los 19 parámetros complementarios, previo fortalecimiento de capacidades para desarrollar competencias técnicas en las diferentes características de desempeño.

4.1.3. Variable existencia de Laboratorios de ensayo a nivel nacional

Para evaluar la existencia de Laboratorios de ensayo a nivel nacional, que aplican métodos de ensayo para los VMA, fue importante la búsqueda de laboratorios acreditados con la NTP-ISO 17025, para el alcance de aguas residuales; en la web de la Dirección de Acreditación de INACAL.

Como se ha mencionado y demostrado en 4.1.2, la acreditación asegura que los resultados emitidos por los laboratorios acreditados cumplan con las exigencias de aseguramiento de la calidad de la NTP-ISO 17025, como el cálculo de la incertidumbre de las mediciones, entre otras consideraciones, ya que se utilizan criterios y procedimientos desarrollados específicamente para determinar y mantener la competencia técnica. Por lo que la legislación nacional a través del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, en materia de Infraestructura de la calidad, consideró acertadamente el uso de laboratorios acreditados para la verificación del cumplimiento de los VMA.

En ese sentido, la acreditación reconoce que el laboratorio u organismo está facultado para realizar actividades de ensayo, asegurando la competencia técnica de los Organismos de Evaluación de la Conformidad (Laboratorios de ensayo), a través del uso de estándares normalizados.

En la Tabla 20 se muestra el número de laboratorios acreditados por región para el alcance de aguas residuales, encontrándose 43 laboratorios acreditados para los ensayos de los VMA en 9 regiones del país; sin embargo, sólo 20 laboratorios están acreditados para cubrir la totalidad de los 23 parámetros de los VMA, mientras que 35 laboratorios están acreditados a nivel nacional para cubrir los ensayos de los parámetros básicos de los VMA.

Tabla 20: Laboratorios Acreditados por Región para los VMA

Región	Total		VMA		VMA	
	Laboratorios	Porcentaje	VMA (23 P)	Porcentaje	básicos (4 P)	Porcentaje
Ancash	1	2%	0	0%	1	3%
Arequipa	5	12%	3	15%	5	14%
Cajamarca	3	7%	0	0%	0	0
Callao	8	19%	4	20%	6	17%
Cuzco	2	5%	0	0%	2	6%
Ica	1	2%	0	0%	0	0
Lima	20	46%	12	60%	18	51%
Piura	1	2%	0	0%	1	3%
La Libertad	2	5%	1	5%	2	6%
Total	43	100%	20	100.00%	35	100.00%

FUENTE: Elaboración Propia - Web INACAL (2019).

En la Figura 17 se muestra la distribución del número de laboratorios por Región, concentrándose en Lima el 46%, seguidos de Callao con 19%, Arequipa con el 12%, Cajamarca con el 7%, Cuzco y La Libertad con el 5% y Áncash, Ica y Piura con el 2%. Es decir, el 65% se concentra en Lima y Callao y el 35% en las demás regiones.

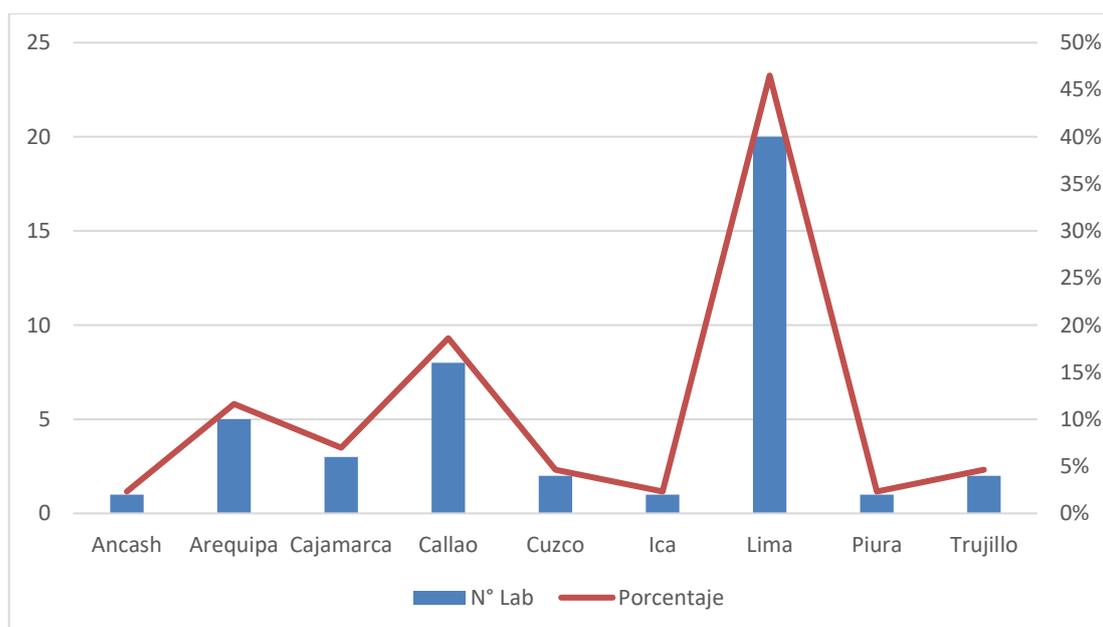


Figura 17: Distribución de 43 Laboratorios por Región

Para la preservación de las instalaciones sanitarias y el control de las aguas residuales no domésticas, de acuerdo a la legislación vigente, se espera que los laboratorios tengan la capacidad para ensayar los 23 parámetros para el monitoreo de descargas de UND de diversas actividades.

En la Figura 18 se muestra la distribución de los 20 laboratorios acreditados por región que tienen la capacidad para desarrollar los 23 parámetros de los VMA. Se evidencia que solo 4 regiones del país cuentan con laboratorios acreditados para atender los 23 parámetros de los VMA. Se tiene, que Lima concentra el número de laboratorios con el 60%, seguido de la región Callao con el 20%, Arequipa con el 15% y La Libertad- Trujillo con el 5%. Se muestra que entre Lima y Callao se concentran el 80% mientras que Arequipa y La Libertad, el 20%. Áncash, Cajamarca, Cuzco, Ica y Piura no cuentan con laboratorios para los 23 parámetros de los VMA. Esto es una debilidad si se requiere cobertura de laboratorios a nivel nacional.

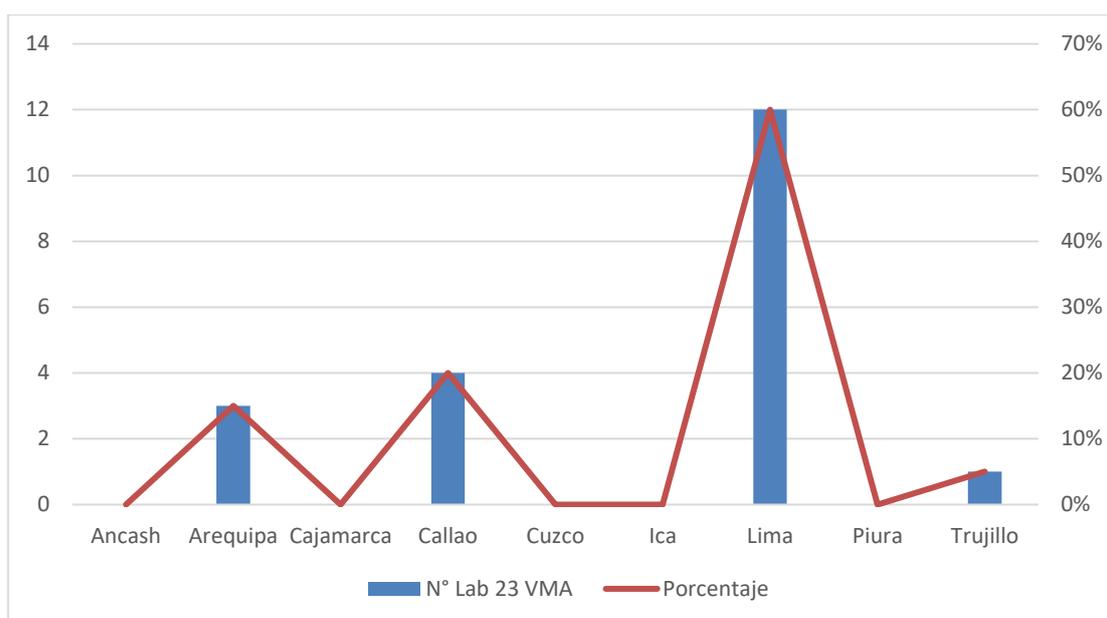


Figura 18: N° de laboratorios para ensayar los 23 parámetros VMA/Región

Un aspecto muy importante en relación a la legislación vigente, es la capacidad de los laboratorios para realizar los métodos de ensayo de los parámetros básicos de los VMA, debido a que se aplican a todas las actividades y sus categorías, independientemente del tipo de empresa, giro, o código de Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU); código que corresponde a una clasificación internacional de las actividades y sus categorías económicas productivas.

Cabe resaltar que la legislación vigente permite el mecanismo de subcontratación a través del cual, un laboratorio encontrándose acreditado para realizar el análisis de aguas residuales en algunos de los parámetros establecidos para los VMA, subcontrata a otro laboratorio acreditado para que realice el análisis de aguas residuales, de aquellos parámetros en los que el laboratorio subcontratante se encuentra en proceso de acreditación. No obstante, existiendo esta opción, hay insuficientes laboratorios acreditados para atender la demanda a nivel nacional.

Respecto al sistema de monitoreo y control, un aspecto importante a tener en cuenta para que funcione, es la capacidad de gestión de las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS), debido a que ellas tienen la obligación de gestionar la aplicación de la legislación de los VMA, registrando a los Usuarios No Domésticos (UND) y monitoreando la concentración de parámetros de descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, a través de laboratorios acreditados.

En la Tabla 21, se muestra la lista de EPS que cumplen con el registro de UND, con el monitoreo de los VMA y con la buena práctica de tener un área específica para los VMA. Se resaltan las EPS que tienen acción sobre el registro de los UND y al mismo tiempo, sobre el monitoreo de los VMA; por consiguiente, la intervención de los laboratorios acreditados. Se identifica que existen EPS en las regiones de: Ica, Cajamarca, Áncash, San Martín, Lima, La Libertad, Arequipa, Cuzco y Piura; que cumplen con ambos indicadores.

Tabla 21: EPS que tienen acción sobre los VMA

Región	EPS	Área VMA	Registro UND	% registro UND	Monitoreo VMA	% monitoreo de VMA
Ucayali	EMAPACOP S.A	Si	Si	66.67%	No	0%
Ica	EMAPISCO S.A	Si	Si	100.00%	Si	5.56%
Cajamarca	SEDACAJ S.A	Si	Si	48.95%	Si	12.12%
Tacna	EPS TACNA S.A	Si	Si	38.91%	No	0%
Ancash	SEDACHIMBOTE S.A	No	Si	49.99%	Si	100.00%

«Continuación»

San Martín	EMAPA SAN MARTIN S.A	Si	Si	74.29%	Si	31.25%
Madre de Dios	EMAPAT SR LTDA	SI	Si	66.67%	No	0%
Lima	EMAPA HUACHO S.A	No	Si	68.35%	Si	40.00%
Lima	SEDAPAL	Si	Si	62.31%	Si	17.63%
Moquegua	EPS ILO S.A	No	Si	100.00%	No	0%
La Libertad	SEDALIB S.A	Si	Si	100.00%	Si	72.46%
Arequipa	SEDAPAR S.A	Si	Si	73.33%	Si	0.86%
Cuzco	EPS SEDACUZCO S.A	Si	Si	100.00%	Si	2.67%
Piura	EPS GRAU S.A	Si	Si	100.00%	Si	4.03%
Ancash	EPS CHAVIN SA	No	Si	46.74%	No	0%
Lima	SEMAPA BARRANCA	Si	Si	100%	No	0%
Ica	EMAPICA	Si	Si	64.78%	Si	50.00%
Junín	EPS SIERRA CENTRAL	No	Si	49.33%	No	0%
Apurímac	EMUSAP ABANCAY E.I.R.L	No	Si	46.94%	No	0%

FUENTE: SUNASS. Benchmarking Regulatorio de las EPS (2016).

Si se relaciona la Tabla 20 con la Tabla 21, se identifica, a excepción de la Región San Martín, que existen laboratorios acreditados justo en las regiones en que las EPS tienen gestión sobre los VMA. Es decir, en la medida que las EPS tengan mayor capacidad para gestionar los VMA, generan la demanda de la existencia de laboratorios acreditados para que realicen el monitoreo. Así mismo, se evidencia la necesidad de contar con un laboratorio acreditado en la región San Martín puesto que la EPS EMAPA SAN MARTIN tiene capacidad de gestión de los VMA.

Es importante destacar que existiendo 50 EPS registradas en la SUNASS, sólo 11 de ellas (22%) cumple tanto con el registro de los UND como con el monitoreo de los VMA (tomando como referencia el año 2016). En la Figura 19 se muestra el resultado de los 3 indicadores de gestión para las 50 EPS (registro de UND, monitoreo y área para los VMA). Se tiene que 36% de las EPS lleva un registro de los UND, el 26% tiene un área específica para la gestión de los VMA, y un 22% los monitorea.

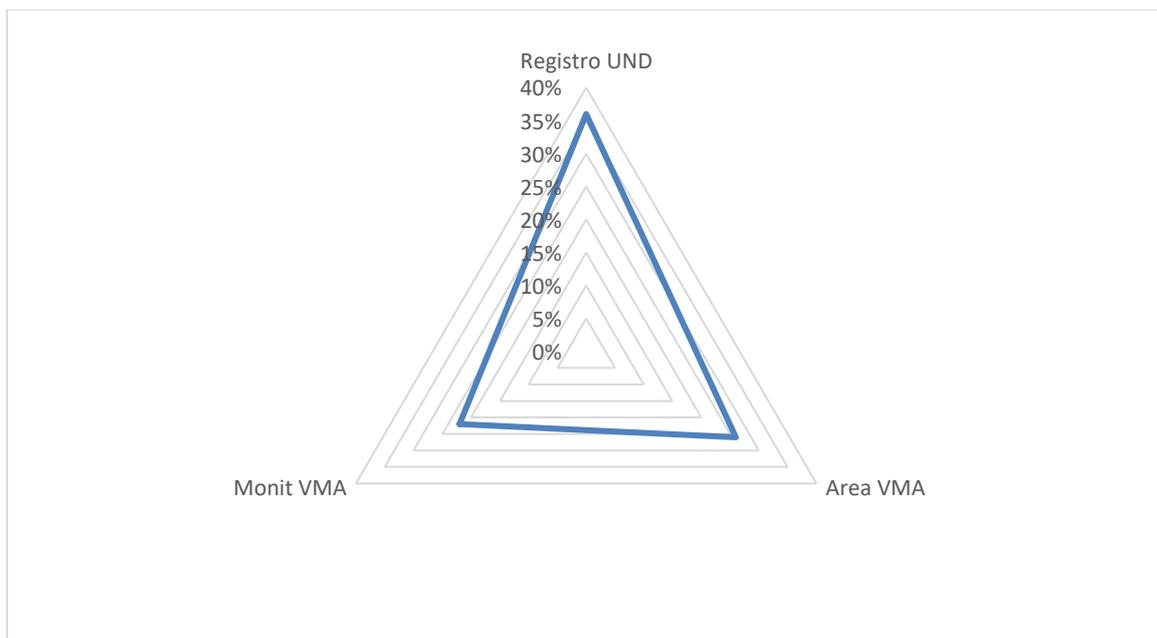


Figura 19: Gestión de los VMA por las 50 EPS

De acuerdo al reporte Benchmarking Regulatorio de las EPS, publicado por la SUNASS el 2016, se identifican como indicadores de sostenibilidad ambiental: el tratamiento de aguas residuales, el registro de UND y el monitoreo de los VMA.

La Tabla 22 muestra a las EPS que cumplen con los 3 indicadores. Se identifican las EPS de las regiones Ica, Lima, La Libertad, Cuzco y Piura. Sólo el 12% de las 50 EPS cumplen con los 3 indicadores de sostenibilidad ambiental. En ese sentido, nuevamente, son en las regiones en donde las EPS tienen mejor capacidad de gestión de los VMA, en donde existen laboratorios acreditados.

Tabla 22: EPS que cumplen con el enfoque de sostenibilidad ambiental

Región	EPS	Tipo	Tamaño	N° PTAR	Trat. de AR	Calificación	Área VMA	Registro UND	Monitoreo VMA
ICA	EMAPISCO S.A	Municipal	M	2	92.47%	Bueno	Si	Si	Si
LIMA	SEDAPAL	Estatad	G-1	20	79.85%	Regular	Si	Si	Si
LA LIBERTAD	SEDALIB S.A	Municipal	G-1	13	108.24%	Bueno	Si	Si	Si
CUZCO	SEDACUZCO S.A	Municipal	G-2	1	95.41%	Bueno	Si	Si	Si
PIURA	EPS GRAU S.A	Junta Acreed	G-1	24	71.77%	Regular	Si	Si	Si
ICA	EMAPICA	Municipal	G-2	4	63.23%	Regular	Si	Si	Si

En la Figura 20 se muestra el resultado de las 50 EPS respecto al cumplimiento de los 3 indicadores de sostenibilidad ambiental, se tiene que el 36% lleva el registro de los UND, aun cuando tienen diversas coberturas de registro como se muestra en la Tabla 19; el 22% realiza el monitoreo de los VMA con distintas capacidades que van desde el 2,67% de los UND registrados, hasta monitoreos que alcanzan el 100% de los UND registrados, y respecto al tratamiento de aguas residuales, que se refiere a la proporción Volumen tratado/ Volumen recolectado, se tiene el 24% de las EPS.

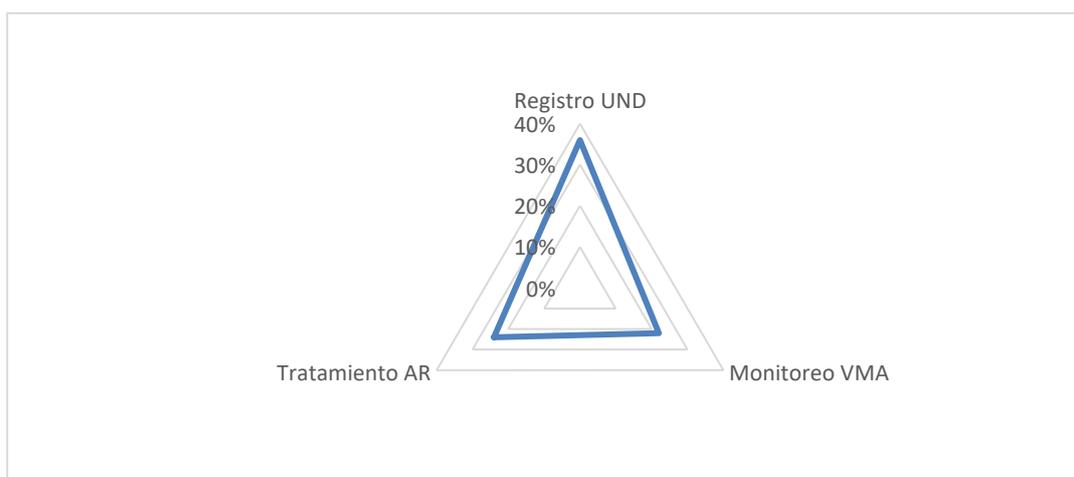


Figura 20: Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de las EPS

Luego del análisis realizado se puede concluir que la regulación es viable en la medida que las EPS tengan la capacidad de gestionar la aplicación de los VMA y se promueva la intervención de los laboratorios acreditados en las regiones del país. Se ha demostrado que cuando la EPS cumple con los indicadores de sostenibilidad ambiental por lo menos, existe un laboratorio acreditado en dicha región que ayude a la Empresa Prestadora de Servicios (EPS) a ejercer el control y vigilancia.

Cabe resaltar que este análisis se realizó en base al reporte publicado por SUNASS el 2016 que contempla la medición de los indicadores antes mencionados.

En el reporte publicado por SUNASS en el 2019 *benchmarking regulatorio de EPS 2019*, se evidencia que no se evalúa a las EPS en base al indicador de monitoreo de los VMA, sino sólo por el indicador de identificación de UND de VMA, que se refiere a la identificación, notificación y registro de los VMA por parte de la EPS. Se evidencia que 23 de 50 (46%)

EPS han registrado UND, no se puede evidenciar si han realizado el monitoreo respectivo a los VMA, es decir los ensayos analíticos a las aguas residuales de UND (SUNASS 2019).

Debido al cambio en la legislación de los VMA en el año 2019, se presenta otro escenario para el registro de UND; antes del cambio, el registro era de parte, a iniciativa de los UND, ahora es de oficio, por las EPS; lo que facilitaría su gestión en cuanto al control de los UND. Respecto al registro de UND en el 2020, posterior al cambio de la legislación, debido a que no se encontró información publicada, se hizo la consulta directa a SUNASS. En base a la respuesta recibida, se tiene que al 01-09-20, el 77% de las EPS cumplió con el registro de UND, sobre la base de un tamaño de muestra de 26 EPS, que corresponde a 20 EPS. Si la muestra es representativa de la población (50 EPS), se tendría 38 EPS cumpliendo con el registro, eso significaría, comparando con la información del 2016, que habrían duplicado su capacidad de registro y con respecto al 2019, que habrían mejorado en su capacidad de registro en 31%.

Cabe resaltar que con la aprobación de la Resolución N° 011 -2020-SUNASS-CD, se estableció el Índice de Cumplimiento de la Normativa de los VMA, se espera que en adelante se uniformice la evaluación del desempeño de las EPS en su capacidad de gestionar el monitoreo de los VMA en los UND, a través de los ensayos analíticos realizados por los laboratorios acreditados.

Otro aspecto clave, es la concientización a los UND en la importancia del cumplimiento de los VMA y en la aplicación de los tratamientos adecuados.

De acuerdo al análisis de esta variable se tiene que no existen laboratorios suficientes para atender la demanda a nivel nacional. Además, no todos los laboratorios acreditados tienen la capacidad para atender todos los parámetros complementarios de los VMA, lo que afectaría el monitoreo de aguas residuales respecto a los parámetros vinculados a las actividades económicas de los principales UND de las regiones; este hecho es importante porque lo que se busca es proteger el sistema de alcantarillado y que las descargas de aguas faciliten el tratamiento en las plantas de tratamiento y permitan alcanzar los Límites Máximos Permisibles de los respectivos sectores para la conservación de los cuerpos de agua.

4.1.4. Variable Eficiente Marco legal existente

Para evaluar esta variable se realizó un análisis de legislación comparada con 10 países de diversas regiones del mundo. En la Tabla 23 se muestran las regiones y países seleccionados.

Tabla 23: Regiones y países seleccionados para la legislación comparada

Regiones	Países
América del sur	Argentina, Brasil Colombia y Chile
América del norte	Estados Unidos de Norte América, Canadá y México
Europa	España
Asía	Japón
Oceanía	Australia

El análisis se realizó tomando como referencia principalmente los 23 parámetros establecidos en la legislación peruana. También se consideraron parámetros adicionales siempre que por lo menos 5 países consideraron el parámetro adicional.

En la Tabla 24 se muestra la comparación de los límites para vertimientos en sistemas de alcantarillado en base a la revisión y análisis de la legislación de 10 países presentada en el Capítulo IV.

Tabla 24: Comparación de límites para vertimientos en sistemas de alcantarillado

País/ Marco legal	Unidad	Perú	Argentina	Brasil	Colombia	Chile	México	Canadá	U.S.A	Japón	España	Australia
		D.S. N° 010 2019	R 336 2003	CONAMA N° 430 2011	R.N 631 2015	D.S. MOP 601 2004	NOM 002 ECOL 1996 Semamat	CCME PN1421-2009	40 CFR. 403.5 Boston WSC 1998	W.P.C law.1971	RD 849/86 1986	Sidney Water. 21SW208 06/20 2020
VMA												
DBO 5	mg/l	500	200	120	900	300	200	300	300	600	300	230
DQO	mg/l	1 000	700	500	1 200			600			500	
SST	mg/l	500	100		300	300	200	300	400	600	300	500
Aceites y grasas	mg/l	100		100	38	150	100	150	100		40	110
Aluminio	mg/l	10	5	10	A.R	10		50			2	
Arsénico total	mg/l	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	0.75	1	1	0.1	1	1
Boro	mg/l	4	2	5		4		25	20	10	10	100

«Continuación»

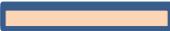
Cadmio	mg/l	0.2	0.5	0.2	0.05	0.5	0.75	0.7	0.5	0.03	0.5	1
Cianuro total	mg/l	1	0.1	1	0.5	1	1.5	1.2	2	2	1	1
Cobre total	mg/l	3	2	1	1	3	10	2	1.5	3	10	5
Cromo VI	mg/l	0.5	0.2	0.1		0.5	0.75	1	0.5		0.5	
Cromo total	mg/l	10	2	1	0.5	10		2.8	2.75	3	10	3
Manganeso	mg/l	4	1	1		4		5		10	10	10
Mercurio	mg/l	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.1	0.005	0.1	0.03
Níquel	mg/l	4	3	2	0.5	4	8	2	2.5		10	3
Nitrógeno amoniacal	mg/l	80	75	20	A.R.	80		24		100	50	100
p H		6 - 9	7-10	5 - 9	6 - 9	5.5-9	5.5 -10	6-10.5	5.5-11.5	5 - 9	5.5-9.5	7 - 10
Plomo total	mg/l	0.5	1		0.2	1	2	0.7	2	0.1	0.5	2
Sólidos sedimentables	mg/l/h	8.5	5	1	7.5	20	7.5		7		2	
Sulfatos	mg/l	1 000	1 000		400	1 000		1 500			2 000	2 000
Sulfuros	mg/l	5	1		1	5		1	0.1		2	5
Temperatura	°C	<35	<45	<40	<40	<35	<40	<60	<40	<45	<30	<38
Zinc	mg/l	10	5	5	3	5	9	3	5	2	20	5
Sustancias Fenólicas	mg/l		2	0.5	A.R.			1	5	5	1	1
Hidrocarburos	mg/l		30		10	20		10				10
Fósforo total	mg/l		10			10		10		16		50
Benceno	mg/l			1.2				0.01	0.3	0.1		0.1
Selenio	mg/l		0.1	0.3	0.2			0.8	5	0.1	0.1	5
Tricloroetileno	mg/l			1	1			0.05		0.1		0.1

FUENTE: Elaboración propia

A.R.: a reportar

 Límite más bajo del rango

 Límite más alto del rango

 Límite similar al de Perú Otros parámetros adicionales

4.1.4.1. Parámetros en las legislaciones de 11 países evaluados

En la Tabla 25 se muestra el porcentaje de armonización de los parámetros respecto a la presencia de parámetros con límites establecidos en las regulaciones de los 10 países evaluados, comparando además con la regulación de Perú. Se listan los parámetros en orden decreciente respecto al número de países que los consideran y su respectivo porcentaje hasta alcanzar un 45% para los parámetros: Benceno, Tricloroetileno, Hidrocarburos y Fósforo total que están en por lo menos en 5 países de los 11 evaluados. Cabe resaltar que estos

parámetros no se encuentran contemplados en la legislación nacional para los VMA de acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

Se tiene que 11 países que corresponden el 100% de los estudiados, tienen establecido en su legislación, límites para los siguientes parámetros: DBO₅, arsénico total, cadmio, cianuro total, cobre total, mercurio, pH, temperatura y zinc; esto quiere decir que hay consenso sobre su importancia para el control de aguas residuales no domésticas. Cabe resaltar que estos 9 parámetros son parte de los 23 establecidos como VMA en la legislación nacional peruana.

En general de los 23 parámetros, aquellos que tienen menor grado de armonización son DQO y aluminio; sin embargo, se encuentran en la legislación de seis países, lo que corresponde al 55%, es decir, más del 50% de países tienen estos parámetros en su legislación.

Se resalta que, como resultado de esta investigación, se identificaron 6 parámetros no contemplados en la legislación peruana que están presentes en las legislaciones de otros países; así se tiene que 8 países (73%) contemplan el parámetro de selenio, 7 países (64%) el de sustancias fenólicas y 5 países (45%) consideran benceno, tricloroetileno, hidrocarburos y fósforo total.

Tabla 25: Parámetros con límites establecidos en la legislación de diversos países

Parámetros	N° Países	% Países	Países
DBO ₅ , arsénico total, cadmio, cianuro total, cobre total, mercurio, zinc, pH y temperatura.	11	100%	Perú, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Canadá, U.S.A., Japón, España y Australia.
sólidos suspendidos totales SST	10	91%	Perú, Argentina, Colombia, Chile, Canadá, México, U.S.A., Japón, España y Australia.
cromo total	10	91%	Perú, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Canadá, U.S.A., Japón, España y Australia.
plomo total	10	91%	Perú, Argentina, Colombia, Chile, Canadá, México, U.S.A., Japón, España y Australia.

«Continuación»

níquel	10	91%	Perú, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Canadá, México, U.S.A., España, y Australia.
boro	9	82%	Perú, Argentina, Brasil, Chile, Canadá, U.S.A., España, Japón y Australia.
aceites y grasas	9	82%	Perú, Colombia, Brasil, Chile, México, Canadá, U.S.A., España y Australia.
cromo VI	8	73%	Perú, Argentina, Brasil, Chile, México, Canadá, U.S.A., España.
manganeso	8	73%	Perú, Argentina, Brasil, Chile, Canadá, Japón, España y Australia.
nitrógeno amoniacal	8	73%	Perú, Argentina, Brasil, Chile, Canadá, Japón, España y Australia.
sulfuros	8	73%	Perú, Argentina, Colombia, Chile, Canadá, U.S.A., España y Australia.
sólidos sedimentables	8	73%	Perú, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, U.S.A., España.
selenio	8	73%	Argentina, Brasil, Colombia, Canadá, U.S.A., Japón, España y Australia.
sustancias fenólicas	7	64%	Argentina, Brasil, Canadá, U.S.A., Japón, España y Australia.
sulfatos	7	64%	Perú, Argentina, Colombia, Chile, Canadá, España y Australia.
DQO	6	55%	Perú, Argentina, Brasil, Colombia, Canadá y España.
aluminio	6	55%	Perú, Argentina, Brasil, Chile, Canadá y España.
benceno	5	45%	Brasil, Canadá, U.S.A., Japón y Australia
tricloroetileno	5	45%	Brasil, Colombia, Canadá, Japón y Australia
hidrocarburos	5	45%	Argentina, Colombia, Chile, U.S.A. y Australia
fósforo Total	5	45%	Argentina, Chile, Canadá, Japón y Australia

En la Figura 21 se tiene la distribución de los parámetros por número de países que resume lo mencionado en los párrafos líneas arriba.

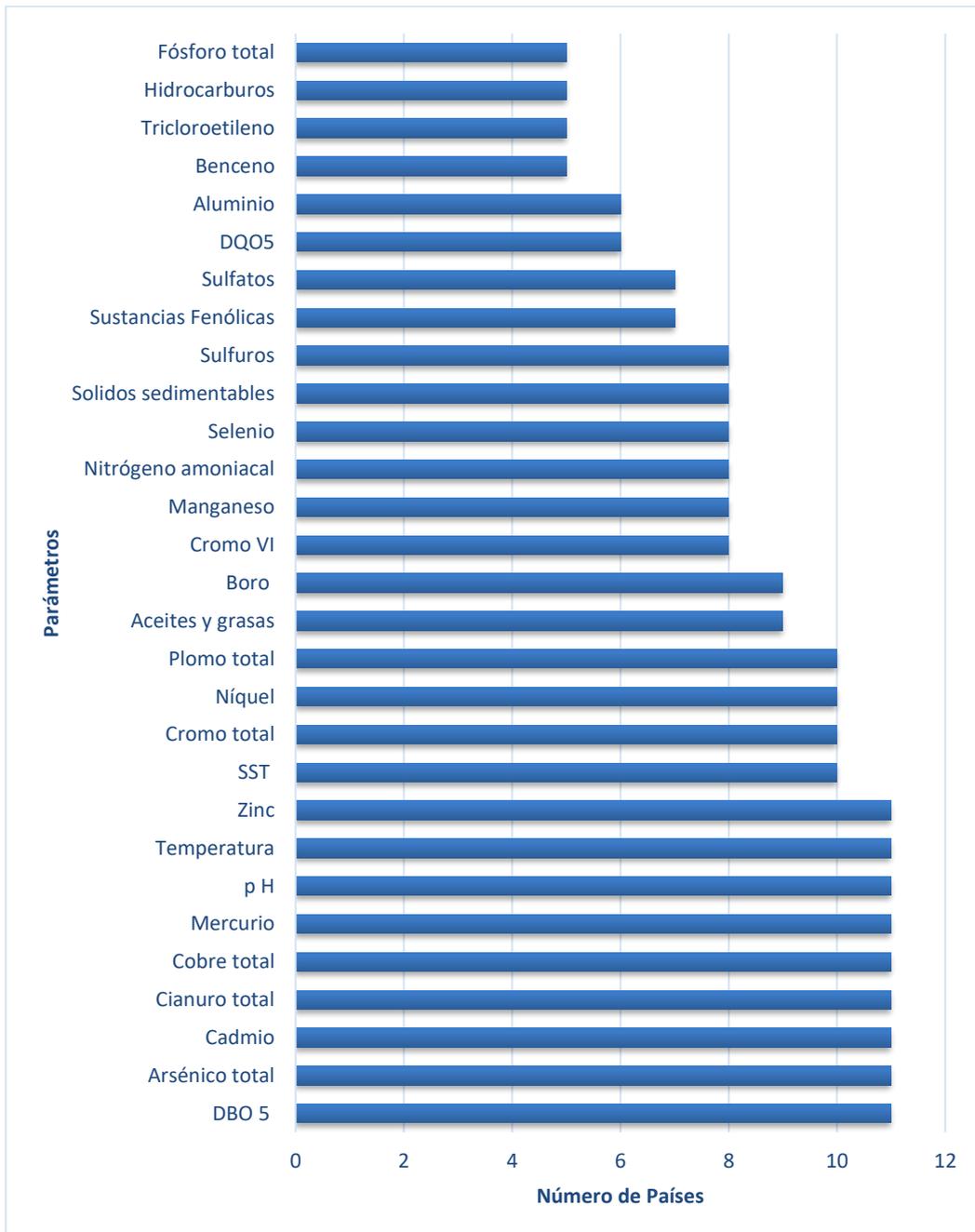


Figura 21: Número de países con límites en su legislación por cada parámetro

4.1.4.2. Límites por cada parámetro establecido en las legislaciones de 11 países

En la Tabla 20 se muestran los límites por cada parámetro de los 11 países evaluados, se resalta en verde el límite más bajo y en rojo el límite más alto, de tal manera que se pueda

estimar un rango. En base a esta información, a continuación, se presenta el análisis de los resultados por parámetro, con el objetivo de comprobar si el parámetro fijado por la legislación peruana en el Decreto Supremo N° 010-2019- VIVIENDA se encuentra en el rango de los límites de considerados por los países evaluados.

Cabe resaltar que no se encontraron límites internacionales para los parámetros de aguas residuales no domésticas vertidas en sistemas de alcantarillado, que sirvan de marco de referencia; por ejemplo, límites estándares fijados por la OMS.

Con fines de visualizar en una gráfica los rangos, se describen los parámetros en el orden de la escala de sus límites, se identificó además la mediana y la ubicación del valor del VMA de la legislación nacional. Debajo de cada grupo de parámetros se muestra la Figura respectiva evidenciando el rango por la barra azul, la mediana en rojo y en amarillo el VMA del parámetro en la legislación nacional.

En la Figura 22 se muestra el análisis de los rangos, la mediana y el valor del parámetro de VMA del Perú para sulfatos, DQO, DBO₅ y sólidos suspendidos totales-SST.

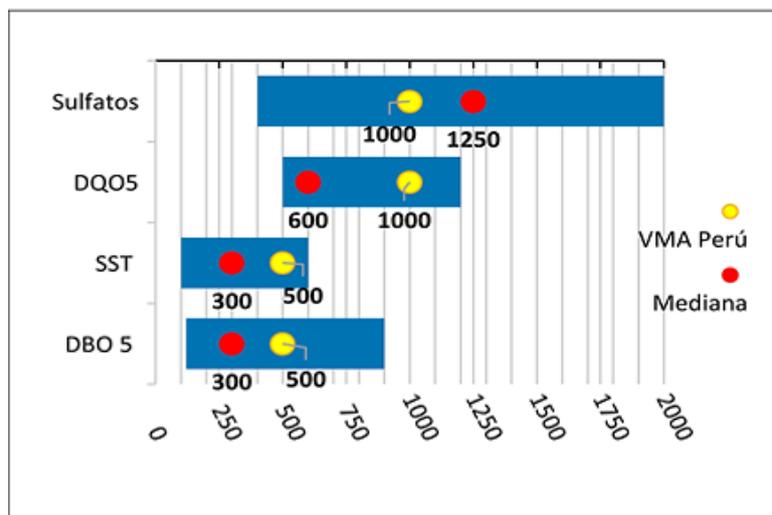


Figura 22: Rangos y Mediana para los parámetros sulfatos, DQO, SST, DBO₅

Sulfatos (SO_4^{-2})

Este parámetro tiene el límite inferior de 400 mg/l establecido por Colombia y el superior correspondiente a 2000 mg/l por España y Australia. El Perú, Argentina y Chile coinciden con el valor de 1000 mg/l. El valor de la mediana es de 1250 mg/l. El parámetro de Perú es inferior al valor de la mediana.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Este parámetro tiene el límite inferior de 500 mg/l establecido por Brasil y el superior correspondiente a 1200 mg/l por Colombia. Perú ha establecido el VMA en 1000 mg/l, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 600 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Este parámetro tiene el límite inferior de 100 mg/l establecido por Argentina y el superior correspondiente a 600 mg/l por Japón. Perú ha establecido el VMA en 500 mg/l similar a Australia, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 300 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Este parámetro tiene el límite inferior de 120 mg/l establecido por Brasil y el superior correspondiente a 900 mg/l fijado por Colombia. Perú ha establecido el VMA en 500 mg/l, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 300 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

En la Figura 23 se muestra el análisis de los rangos, la mediana y el valor del parámetro de VMA del Perú para arsénico total, cromo VI, cromo y mercurio.

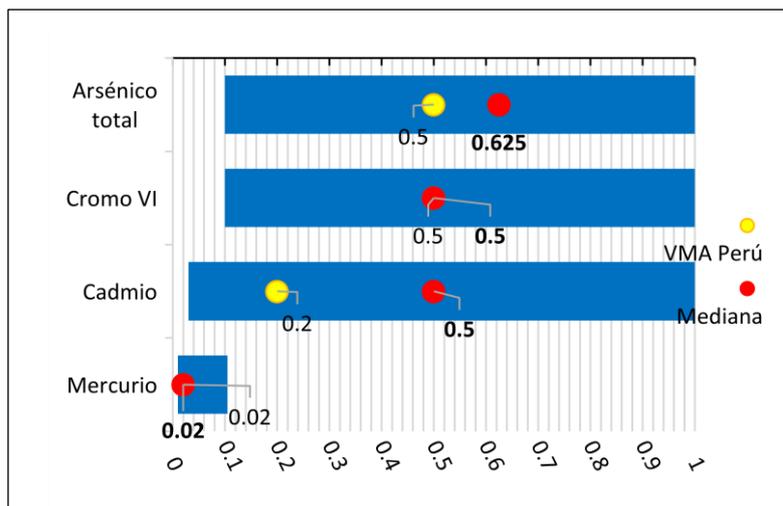


Figura 23: Rangos y Mediana para los parámetros arsénico total, cromo VI, cromo y mercurio

Arsénico total (As)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.1 mg/l establecido por Colombia y Japón, el superior correspondiente a 1 mg/l establecido por Canadá, U.S.A, España y Australia. Perú ha establecido el VMA en 0.5 mg/l similar a Argentina, Brasil y Chile, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 0.625 mg/l. El parámetro de Perú es inferior al valor de la mediana.

Cromo VI (Cr ⁺⁶)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.1 mg/l establecido por Brasil y el superior correspondiente a 1 mg/l por Canadá. Perú ha establecido el VMA en 0.5 mg/l similar a Chile, U.S.A y España, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 0.5 mg/l. El parámetro de Perú es igual al valor de la mediana.

Cadmio (Cd)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.03 mg/l establecido por Japón y el superior correspondiente a 1 mg/l por Australia. Perú ha establecido el VMA en 0.2 mg/l similar a Brasil, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 0.5 mg/l. El parámetro de Perú es inferior al valor de la mediana.

Mercurio (Hg)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.005 mg/l establecido por Japón y el superior correspondiente a 0.1 mg/l fijado por U.S.A y España. Perú ha establecido el VMA en 0.02 mg/l similar a Argentina, Chile y México, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 0.02 mg/l. El parámetro de Perú es igual a la mediana.

En la Figura 24 se muestra el análisis de los rangos, la mediana y el valor del parámetro de VMA del Perú para sólidos sedimentables, aluminio, boro, zinc, nitrógeno amoniacal, temperatura y aceites y grasas.

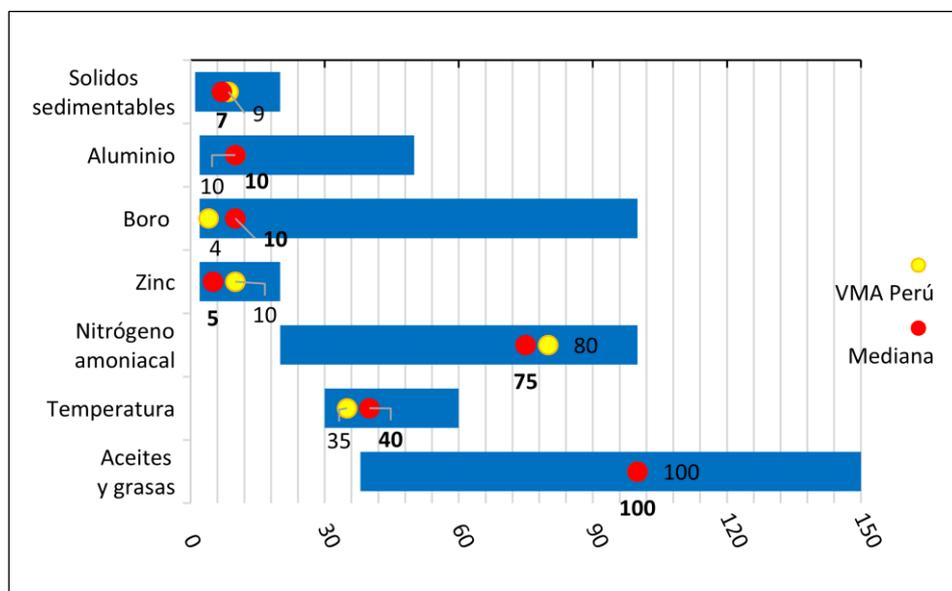


Figura 24: Rangos y Mediana para los parámetros sólidos sedimentables, aluminio, boro, zinc, nitrógeno amoniacal, temperatura y aceites y grasas

Sólidos Sedimentables (SS)

Este parámetro tiene el límite inferior de 1 mg/l/h establecido por Brasil y el superior correspondiente a 20 mg/l/h fijado por Chile. Perú ha establecido el VMA en 8.5 mg/l/h encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 7 mg/l/h. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Aluminio (Al)

Este parámetro tiene el límite inferior de 2 mg/l establecido por España y el superior correspondiente a 50mg/l por Canadá. Perú ha establecido el VMA en 10 mg/l similar a Brasil y Chile, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 10 mg/l. El parámetro de Perú es igual el valor de la mediana.

Boro (B)

Este parámetro tiene el límite inferior de 2 mg/l establecido por Argentina y el superior correspondiente a 100 mg/l por Australia. Perú ha establecido el VMA en 4 mg/l similar a Chile, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 10 mg/l. El parámetro de Perú es inferior al valor de la mediana.

Zinc (Zn)

Este parámetro tiene el límite inferior de 2 mg/l establecido por Japón y el superior correspondiente a 20 mg/l por España. Perú tiene el VMA establecido en 10 mg/l, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 5 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Nitrógeno Amoniacal (NH⁴⁺)

Este parámetro tiene el límite inferior de 20 mg/l establecido por Brasil y el superior correspondiente a 100 mg/l establecido por Japón y Australia. Perú ha establecido el VMA en 80 mg/l similar a Chile, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 75 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Temperatura °C

Este parámetro tiene el límite inferior de < 30°C fijado por España y el superior correspondiente a < 60°C fijado por Canadá. Perú tiene el VMA establecido en < 35°C similar a Chile, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de < 40°C. El parámetro de Perú es inferior al valor de la mediana.

Aceites y Grasas (A y G)

Este parámetro tiene el límite inferior de 38 mg/l fijado por Colombia y el superior correspondiente a 150 mg/l fijado por Canadá. Perú ha establecido el VMA en 100 mg/l similar a Brasil, México, y U.S.A., encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 100 mg/l. El parámetro de Perú es igual al valor de la mediana.

En la Figura 25 se muestra el análisis de los rangos, la mediana y el valor del parámetro de VMA del Perú para manganeso, cobre total, níquel, cromo total, sulfuros, cianuro total y plomo total.

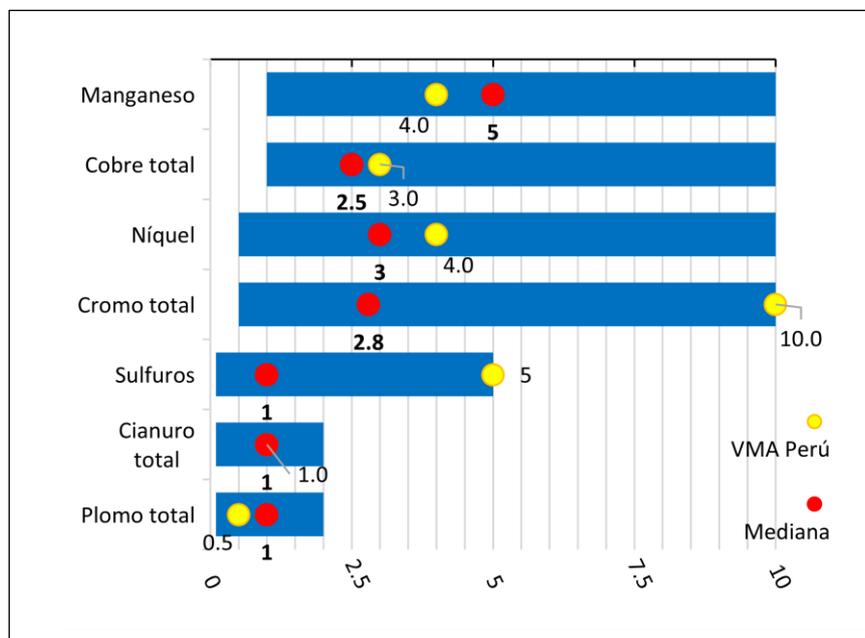


Figura 25: Rangos y Mediana para los parámetros manganeso, cobre total, níquel, cromo total, sulfuros, cianuro total, plomo total

Manganeso (Mn)

Este parámetro tiene el límite inferior de 1 mg/l establecido por Argentina y Brasil, el superior correspondiente a 10 mg/l fijado por Japón, España y Australia. Perú ha establecido el VMA en 4 mg/l similar a Chile, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 5 mg/l. El parámetro de Perú es inferior al valor de la mediana.

Cobre total (Cu)

Este parámetro tiene el límite inferior de 1 mg/l establecido por Brasil y Colombia y el superior correspondiente a 10 mg/l fijado por México y España. Perú ha establecido el VMA en 3 mg/l similar a Chile y Japón, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 2.5 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Níquel (Ni)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.5 mg/l establecido por Colombia y el superior correspondiente a 10 mg/l por España. Perú ha establecido el VMA en 4 mg/l similar a Chile, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 3 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Cromo total (Cr)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.5 mg/l establecido por Colombia, el superior correspondiente a 10 mg/l coincide con el VMA establecido por Perú, además de coincidir este valor con Chile y España. El valor de la mediana es de 2.8 mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Sulfuros (S⁻²)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.1 mg/l establecido por U.S.A y el superior correspondiente a 5 mg/l establecido por Perú, Chile y Australia. El valor de la mediana es de 1mg/l. El parámetro de Perú es superior al valor de la mediana.

Cianuro total (CN⁻)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.1 mg/l establecido por Argentina y el superior correspondiente a 2 mg/l establecido por U.S.A y Japón. Perú ha establecido el VMA en 1 mg/l similar a Brasil, Chile, España y Australia, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 1 mg/l. El parámetro de Perú es igual al valor de la mediana.

Plomo total (Pb)

Este parámetro tiene el límite inferior de 0.1 mg/l establecido por Japón y el superior correspondiente a 2 mg/l establecido por México, U.S.A y Australia. Perú ha establecido el VMA en 0.5 mg/l similar a España, encontrándose dentro del rango. El valor de la mediana es de 1 mg/l. El parámetro de Perú es inferior al valor de la mediana.

Potencial Hidrógeno (pH)

En rango más amplio de pH va desde 5.5 a 11.5 establecido por U.S.A, el Perú estableció el VMA en 6-9 similar al rango establecido por Colombia.

Analizando la legislación comparada se tiene que Brasil tiene límites más exigentes para 7 parámetros: DBO₅, DQO, cobre total, cromo VI, manganeso, nitrógeno amoniacal y sólidos sedimentables, seguido de Colombia con 6 parámetros: aceites y grasas, arsénico total, cobre total, cromo total, níquel y sulfatos.

Por el contrario, los países que tienen parámetros con límites más permisibles son España y Australia. Este último tiene los límites más altos para 8 parámetros: arsénico total, boro, cadmio, manganeso, nitrógeno amoniacal, plomo total, sulfatos y sulfuros; seguido de España con 7 parámetros: cobre total, cromo total, manganeso, níquel, sulfatos y zinc.

Un aspecto importante a resaltar es que la legislación peruana a través del Decreto Supremo N° 10-2019-VIVIENDA, coincide con la legislación chilena en los límites establecidos para 12 de los 23 parámetros siguientes: aluminio, arsénico total, boro, cromo total, cobre total, cromo VI, manganeso, mercurio, níquel, nitrógeno amoniacal, sulfatos y temperatura.

Así mismo, otro punto a resaltar como se aprecia de la Tabla 24, es que 19 límites de los 23 parámetros establecidos en los VMA de la legislación nacional, coinciden con los límites de por lo menos un país de los evaluados. Se resaltan en celeste los límites de los parámetros encontrados en los países que coinciden con los parámetros establecidos para los VMA para Perú, que se encuentran dentro del rango y en rojo los que coinciden con el límite superior.

Para los parámetros de DBO₅, DQO, sólidos sedimentables y zinc si bien no coinciden con alguna legislación evaluada, se encuentran dentro del rango de los límites establecidos en las legislaciones de los países evaluados.

En general, se demuestra con los resultados obtenidos, que los límites de los 23 parámetros de los VMA establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA son adecuados, además sus límites se encuentran dentro del rango de los límites establecidos de 10 países evaluados de distintas regiones, lo que sustenta su validez técnica en base al análisis de la legislación comparada.

4.1.4.3. Análisis comparativo de aspectos relevantes de las legislaciones de los 11 países

Antes de realizar el análisis comparativo de los aspectos relevantes de acuerdo a la revisión de las legislaciones, se mencionan algunos criterios y consideraciones generales que se han identificado, para el establecimiento de los parámetros y sus límites.

Se han identificado dos criterios principales para establecer los parámetros de los VMA en las legislaciones incluyendo la legislación nacional:

1. Las aguas residuales no domésticas se caracterizan por su alta concentración de carga orgánica, por lo que se hace necesario establecer parámetros para su control.
Los excesos en las concentraciones de los parámetros como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (S.S.T) y Aceites y Grasas (A y G), producen daños en la infraestructura sanitaria, afectan los servicios de alcantarillado sanitario y disminuyen la efectividad del tratamiento de aguas residuales cuando se tienen altas concentraciones de carga orgánica, por encima de la capacidad de diseño de las plantas de tratamiento.
2. Dependiendo de la industria o actividad económica y los procesos productivos, existe en las aguas residuales no domésticas que se descargan a las redes de alcantarillado, sustancias nocivas en concentraciones elevadas que ponen en peligro la salud de los seres humanos y el medio ambiente, por lo que se hace necesario establecer parámetros para el control de contaminantes.

Así mismo, se mencionan algunos criterios identificados para el establecimiento de los límites de los parámetros de los VMA.

1. Los valores máximos admisibles de los parámetros relacionados a la carga orgánica, se establecen en función a la naturaleza de las aguas residuales no domésticas y a la capacidad de mantener las operaciones y la infraestructura sanitaria.
2. El establecer valores máximos admisibles, permite su control y monitoreo, a través de ensayos por laboratorios, preferentemente acreditados.
3. Se busca incentivar que los UND traten sus aguas residuales de lo contrario, pagan por el exceso de la concentración de parámetros relacionados a carga orgánica.
4. En el caso de los parámetros de contaminantes, los valores máximos admisibles, sirven para fiscalizar su cumplimiento, ya que no se permite el pago por exceso.
5. El control de los valores máximos admisibles permite hacer sostenible el sistema, si los UND tratan sus aguas residuales, se logra disminuir los costos de operación y mantenimiento de las PTAR.
6. El control de los valores máximos admisibles busca generar que las aguas residuales no domésticas, tratadas por las PTAR, no superen los Límites Máximos Permisibles (LMP), contribuyendo en la protección de la biota de las aguas superficiales.
7. En algunos casos se debe considerar la capacidad tecnológica disponible de los tratamientos para reducir los excesos, aplicable por los UND y por la PTAR.

Aspectos relevantes del análisis comparativo de las legislaciones de los países:

a. Sobre el uso de los laboratorios acreditados:

6 de 10 países precisan en sus legislaciones que los ensayos para el monitoreo oficial de las descargas de aguas residuales no domésticas, se realicen con laboratorios acreditados, es el caso de Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Australia y Perú.

b. Sobre el uso de métodos normalizados:

4 países precisan el uso de los métodos estándares de APHA- SMEWW, siendo el caso de Argentina Canadá, U.S.A y Australia. Mientras que 4 países expresan el uso de métodos nacionales, es el caso de México, U.S.A, Brasil, Chile y Japón.

c. Sobre la definición de parámetros en relación a los VMA:

10 países tienen en su legislación los 23 parámetros definidos en la legislación peruana objeto de estudio.

d. Sobre los parámetros para diversas actividades económicas:

En cuanto a los parámetros a monitorear, no todos los parámetros se aplican a las mismas actividades. Algunos países han definido parámetros básicos generales comunes a todas las actividades, esto es el caso de Perú, Canadá, Colombia, Brasil y México.

Todos los países han establecido parámetros relacionados a contaminantes específicos por ciertas actividades económicas, sin variar los límites.

Existen parámetros definidos por tipo de actividad esto queda expreso en las legislaciones de los 11 países, un aspecto a destacar es la legislación de Argentina que divide las actividades en 4 categorías de riesgo y en función a ello define los parámetros a evaluar.

e. Sobre límites diferenciados por parámetro

Algunos países definen límites diferenciados por tipo de actividad, es el caso de Colombia para diversos parámetros, Brasil en específico para DBO₅, U.S.A y Canadá para diversos contaminantes de acuerdo a las industrias y su ubicación en cada Estado. Los Estados/ Condados/ Distritos federales definen los límites sobre un marco general principal.

f. Sobre la definición de parámetros y límites para el pago por exceso

Los países han definido parámetros sobre los cuales establecen pago por exceso para parámetros principalmente referidos a carga orgánica, esto en base al criterio de que el exceso de contaminante puede ser tratado fácilmente en plantas de tratamiento y el pago por exceso cubre el costo del tratamiento, se explican a continuación algunos casos relevantes:

Brasil, Japón y la mayoría de países en base a DBO₅.

Canadá en base a DBO₅, DQO, fósforo total, Aceites y grasas de origen animal-vegetal, SST y Nitrógeno Total. Se destaca de Canadá la distinción de aceites y grasas de origen animal-vegetal de los Aceites y grasas de hidrocarburos derivados de petróleo. Además, establece límites máximos sobre los cuales no debe superarse el exceso porque el costo del tratamiento sería significativo, debiendo la industria tomar acciones de tratamiento (DBO₅, Aceites y grasas y SST).

Chile en base a DBO₅, fósforo total, nitrógeno amoniacal y SST.

Perú en base a DBO₅, DQO, aceites y grasas y SST (VMA parámetros básicos).

g. Sobre la muestra puntual

Muestreo puntual de los parámetros temperatura y pH en todos los países.

Muestreo puntual de temperatura, pH y Sólidos sedimentables en Chile.

México tiene límites instantáneos para el muestreo puntual, para todos los parámetros, con límites propios diferenciados, son de referencia para el auto monitoreo y puede servir de alerta ya que, si no se cumplen, pasan al muestreo promedio diario y mensual de primera parte. El muestreo instantáneo no reemplaza al muestreo compuesto que se realiza con fines de fiscalización.

En el Perú, el muestreo para todos los parámetros es puntual con fines del monitoreo oficial.

h. Sobre la muestra compuesta

En todos los casos, el muestreo es compuesto con fines de monitoreo oficial, a excepción de Perú.

El muestreo compuesto se realiza por muestreos puntuales durante 24 a 48 horas con intervalos mínimos de 3 muestras por día y /o intervalos horarios o de cada 2 horas.

En Perú el muestreo es puntual, existe el procedimiento de muestreo compuesto en la NTP 214.060, a partir de muestras puntuales durante 24 horas, con excepción de los parámetros de temperatura, pH, sólidos sedimentables, cromo VI, aceites y grasas, que son puntuales.

i. Sobre la frecuencia de monitoreo

En la legislación de Perú se establece que los laboratorios a solicitud de las EPS, harán un monitoreo inopinado por lo menos una vez al año al 15% de los UND registrados. No se establece frecuencia por tipo de parámetros.

En Chile, Brasil, Canadá, México, Colombia y Australia se establecen frecuencias del auto monitoreo. En el ámbito del monitoreo oficial, dependiendo del riesgo, se establecen frecuencias mensuales, trimestrales, semestrales; dependiendo del parámetro a monitorear.

4.1.5. Beneficio del uso de la Infraestructura de la calidad para cumplir con la normativa

Para demostrar el impacto del beneficio del uso de la Infraestructura de la calidad, es necesario identificar indicadores que permitan medir en qué grado se alcanzan los objetivos

de la intervención, identificar una línea base, establecer la metodología de medición y medir los indicadores en un periodo de tiempo que permitan estimar el impacto en términos de resultados.

En el presente, en el Perú no existe data suficiente para estimar el impacto del uso de los laboratorios acreditados, y todos los otros elementos de la Infraestructura de la calidad, como el uso de métodos normalizados, el uso de materiales de referencia y la aplicación de la legislación, para lograr la disminución de la contaminación o el control de las aguas residuales no domésticas.

Sería importante medir el volumen de aguas residuales no domésticas que cumplen con la normativa de los VMA versus el volumen total de aguas residuales que generan los usuarios no domésticos, para evaluar el grado de cobertura de la intervención / año.

Así como medir la reducción de la contaminación de algunos contaminantes o indicadores que, como resultado del monitoreo de los VMA y el tratamiento de las descargas, logran su reducción hasta los límites establecidos; conocer entonces el volumen de aguas residuales no domésticas tratadas / año, es otro indicador importante a considerar.

De acuerdo a consultas realizadas a la SUNASS durante esta investigación, se conoce que actualmente no se dispone del dato del volumen de aguas residuales no domésticas que pasan por un tratamiento o que son generadas por los usuarios no domésticos. Solo se conoce el volumen total de aguas residuales (entre domésticas y no domésticas) que se generan en el ámbito de las Empresas Prestadoras del país, siendo 1, 207,036, 989 m³ (SUNASS 2019).

En ese sentido, en la búsqueda de evaluar el beneficio de la Infraestructura de Calidad en algún país, se identificaron algunos resultados de impacto en Japón. Se muestra a manera de ilustración, resultados luego del monitoreo de un indicador a lo largo de los años, con una intervención que consideró varios instrumentos de gestión de la Infraestructura de la calidad como el uso de normas técnicas, ensayos normalizados para medir y lograr la reducción de varios contaminantes en diversas ciudades, una legislación con el establecimiento de límites a cumplir y una política de intervención de saneamiento con enfoque de desarrollo sostenible; que involucró a actores públicos y privados para el logro alcanzado (Hasegawa 2017).

En la Figura 26 se muestra el resultado de la intervención en la Ciudad de Tokio, con la evidencia de la mejora lograda del parámetro de Demanda Química de Oxígeno en lodos. Se muestra a manera de referencia como ilustración para a futuro desarrollar estudios similares en el país.

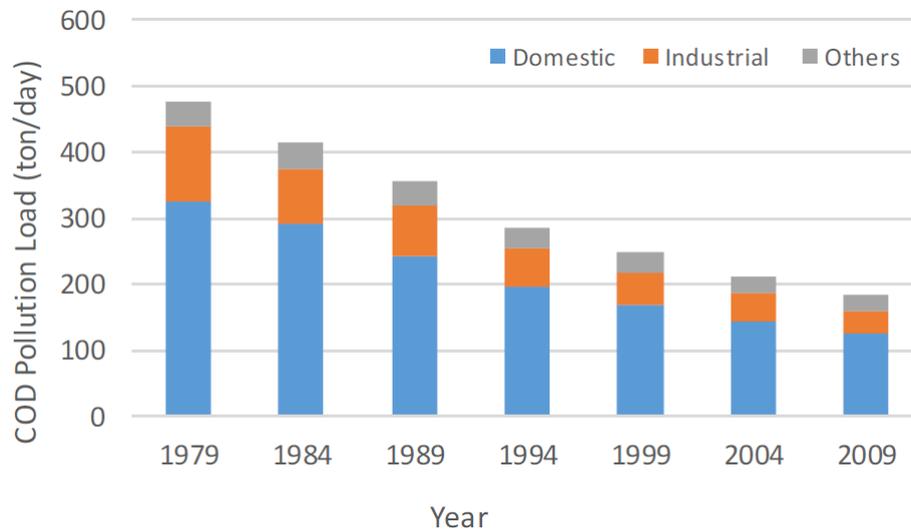


Figura 26: Resultado de reducción de DQO en lodos en la ciudad de Tokio 1979-2009

FUENTE: Hasegawa (2017).

V. CONCLUSIONES

1. Existen Normas Técnicas Peruanas para los 23 parámetros de los VMA con un porcentaje de valoración positiva por parte de los laboratorios de 83.48%; sin embargo, a excepción del parámetro de temperatura, no se aplican en la acreditación de los métodos de ensayo para los VMA. Desde el ámbito de la Normalización, esto no contribuye al adecuado uso de la Infraestructura de la calidad nacional.
2. Luego de un año de la implementación de la NTP 214.060 sobre el protocolo de muestreo, referenciado en el Decreto Supremo N° 10-2019-VIVIENDA; por lo menos el 57% de los laboratorios consideran útil su contenido técnico. Esto evidencia un avance importante en la estandarización del muestreo de las aguas residuales no domésticas para los VMA, aspecto clave para la reproducibilidad de los resultados; sin embargo, ningún laboratorio tiene acreditado el muestreo, aspecto relevante a considerar.
3. Existen en el país laboratorios acreditados con métodos normalizados para analizar los 23 parámetros exigidos en los VMA. Por lo menos el 76% de laboratorios para los cuatro parámetros básicos de los VMA. Existiendo poca oferta de laboratorios acreditados para algunos de los parámetros complementarios en comparación a otros, teniéndose desde el 12% hasta el 88% de laboratorios acreditados, dependiendo del parámetro. Esto puede ser una debilidad para el monitoreo de los VMA de UND de algunas actividades económicas, en donde el monitorio de ciertos parámetros es clave, por lo que sería un tema a fortalecer.
4. A diferencia de los laboratorios acreditados, los no acreditados si bien aplican métodos normalizados, no aplican las características de desempeño de confiabilidad de resultados En ese sentido; que la legislación de los VMA

requiera el uso de laboratorios acreditados es una fortaleza del sistema debido a su confiabilidad. Sin embargo; se identificó que los laboratorios no acreditados tienen la capacidad de realizar ensayos para los cuatro parámetros básicos y para 7 de los 19 parámetros complementarios; por lo que sería necesario fortalecerlos para lograr su acreditación, más aún si se ubican en el interior del país.

5. Respecto a la capacidad de laboratorios acreditados para atender la demanda a nivel nacional, existen en total 43 laboratorios acreditados ubicados en 9 regiones del país; el 65% se concentra en Lima y Callao y el 35% entre Arequipa, Cajamarca, Cuzco, La Libertad, Ancash, Ica y Piura.

Solo 4 regiones tienen un total de 20 laboratorios para atender los 23 parámetros de los VMA. Lima y Callao concentran el 80% de estos laboratorios; Arequipa y La Libertad, el 20%. Esto es una debilidad si se requiere cobertura de laboratorios a nivel nacional.

6. Las Empresas Prestadoras de Servicios - EPS son evaluadas por la cobertura del registro de los Usuarios No Domésticos-UND y por el monitoreo de los VMA. Se identifica que en el 2016 sólo el 20% del total de las EPS, que corresponden a las regiones Ica, Cajamarca, Ancash, San Martín, Lima, La Libertad, Arequipa, Cuzco y Piura, cumplen con ambos indicadores. Así mismo, respecto a los tres indicadores de sostenibilidad ambiental establecidos por SUNASS referidos a el tratamiento de aguas residuales, el registro de UND y el monitoreo de los VMA, las EPS de las regiones Ica, Lima, La Libertad, Cuzco y Piura, que corresponde al 12% de las 50 EPS, cumplen con los 3 indicadores. En el 2020 duplicaron su capacidad de registro de UND respecto al 2016; sin embargo, su desempeño en el monitoreo de los VMA aún no muestra resultados.

Se concluye que en las regiones en donde las EPS tienen mejor capacidad de gestión de los VMA, existen laboratorios acreditados. Es importante fortalecer las capacidades de gestión de las EPS y promover la acreditación de laboratorios en las regiones en donde se requiere el apoyo a su gestión.

7. En base al análisis de la legislación comparada de 10 países de diferentes regiones del mundo, se demuestra que los 23 parámetros de los VMA establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA son adecuados, sus límites se encuentran dentro del rango de los límites establecidos de los 10 países evaluados. En el monitoreo, en por lo menos 6 países, intervienen laboratorios acreditados, lo que sustenta su validez técnica; ello sumado a la existencia de normas técnicas y laboratorios acreditados permite concluir que existe en el país, un desarrollo de la Infraestructura de la calidad capaz de cumplir con los VMA establecidos en la legislación nacional, y se tienen varias fortalezas identificadas. Sin embargo; el sistema de vigilancia tiene diferencias en la forma y en la frecuencia del muestreo; además, existen capacidades de gestión que requieren ser fortalecidas. Adicionalmente, se encontraron 6 parámetros que no se encuentran en la legislación nacional y están presentes en legislaciones de 5 países, siendo importante evaluar su importancia.
8. Tomando como referencia el Japón y el monitoreo en el tiempo de uno de los parámetros de VMA, se demuestra el impacto de la Infraestructura de Calidad en el sector saneamiento; como resultado de una política de saneamiento con enfoque de desarrollo sostenible que considera el uso de normas técnicas de métodos de ensayo y muestreo normalizados.

VI. RECOMENDACIONES

En general, en esta investigación se ha demostrado que si bien existe la capacidad técnica de los servicios de la Infraestructura de la calidad para cumplir con los VMA establecidos en la legislación nacional, y se tienen varias fortalezas identificadas puesto que existen NTP, laboratorios acreditados con la confiabilidad requerida, materiales de referencia y una legislación con parámetros y límites adecuados, todavía se requiere mayor desarrollo y despliegue en términos del uso de las NTP, de ampliar la cobertura de laboratorios acreditados, de disponer de materiales de referencia en el ámbito de los contaminantes más importantes dependiendo del efluente de las industrias con mayor impacto en las descargas de aguas residuales no domésticas, de mejorar la gestión de las EPS y de revisar la legislación en algunos aspectos claves a controlar. Ello demuestra que se cuenta con una Infraestructura de la calidad que requiere ser fortalecida en lo siguiente:

1. A través de la legislación, referenciar los métodos de ensayos normalizados con las NTP para facilitar su aplicación.
2. Contribuir a mejorar la oferta de laboratorios acreditados a nivel nacional; dado que hay una oferta insuficiente en las regiones para atender la legislación nacional.
3. Fortalecer las capacidades de los laboratorios no acreditados a nivel nacional, para promover su acreditación en base a la implementación de la NTP-ISO/IEC 17025, puesto que tienen capacidades para el ensayo de parámetros básicos y para 7 parámetros complementarios.
4. Fortalecer las capacidades de gestión de las EPS para el cumplimiento de los VMA,
5. Evaluar el impacto de la regulación vigente, en base a la mejora de la gestión de las EPS, midiendo el índice de cumplimiento de la normativa de VMA.
6. Evaluar la revisión de la legislación en lo que se refiere a las implicancias de un muestreo puntual versus un muestreo compuesto para el manejo adecuado de los parámetros de los VMA, en términos de confiabilidad de resultados;

respecto a los 6 parámetros adicionales identificados en algunas legislaciones, al tipo de muestreo y la frecuencia de muestreo para un adecuado control; así como, la acreditación de los laboratorios con la norma de muestreo NTP 214.060.

7. Promover que los UND apliquen sistemas de tratamientos adecuados y establecer indicadores de impacto que midan el resultado de la aplicación de la legislación, en la mejora del tratamiento de las aguas residuales no domésticas.
8. Evaluar el impacto de los beneficios de la Infraestructura de la Calidad en el monitoreo de los VMA de las aguas residuales no domésticas, en términos de su contribución en el volumen de aguas residuales no domésticas que cumplen con la normativa de los VMA versus el volumen total de aguas residuales no domésticas que se generan en el país.
9. Identificar contaminantes claves provenientes de los UND más significativos en las respectivas regiones, identificar la necesidad de contar con laboratorios acreditados para los parámetros complementarios respectivos teniendo en cuenta un enfoque de desarrollo territorial, y medir en el tiempo la reducción de la contaminación como consecuencia de la aplicación del monitoreo constante de los VMA.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, A. 2001. Sistemas Integrados de Tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad Potencial. Convenio IDRCOPS/HEP/CEPIS. Costa Rica.
- AENOR. Asociación Española de Normalización. 2011. Diagnóstico del Sistema nacional de calidad peruano y plan de acción para su fortalecimiento. Lima, Perú.
- Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. 1997. Australian Guidelines for Sewage Systems. Effluent Management National Water Quality Strategy.
- Alonso, D. 2014. Determinación de Arsénico total y Biodisponible en la zona sur occidental del distrito minero de oro California-Vetas en el Departamento de Santander Colombia. Tesis de grado de Maestría en Química. Universidad Nacional de Colombia. p 2-20.
- AOAC. 2019. Official Methods of Analysis. 21st Ed. U.S.A. Catálogo en línea. Disponible en <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>
- ASTM. 2020. ASTM Internacional. Catálogo en línea. Disponible en <https://www.astm.org/catalog.html>
- ATSDR. 2019. Perfil toxicológico del tricloroetileno. Hoja Informativa Cas# 79-01-6. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Servicio de Salud Pública. Departamento de Salud y Servicios Humanos de U.S.A. Disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts19.html
- Autoridad del Agua de Buenos Aires. ADA. 2003. Resolución 336/2003 ADA. Argentina.

Bauer, J; Castro, J; Chung, B. 2017. Calidad de Agua Capitulo IV.El agua en el Perú. Situación y perspectivas. Publicación electrónica. Disponible en <https://ciga.pucp.edu.pe/publicaciones/el-agua-en-el-peru-situacion-y-perspectivas/>

Canadian Council of Ministers of the Environment- CCME. 2009. Model Sewer Use Bylaw Guidance Document. PN 1421.2009. Marbek Resource Consultants. Canada.

Canadian Council of Ministers of the Environment- CCME. 2014. Wide Strategy for the management wastewater effluent. Progress report. Canada.

Carbajal, E; Esparragoza, R. 2008. Análisis de la Normativa Ambiental Colombiana para el Vertimiento de Aguas Residuales al Sistema de Alcantarillado Público. Tesis de grado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana. p 50-70.

Code of Federal Regulations. CFR. 40 CFR. 136. Guidelines establishing test procedures for the analysis of pollutants. U.S.A. e-CFR. Electronic Code CFR. Disponible en https://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?SID=a6bb8a02b6d783f9356758b5ff0ed106&mc=true&node=pt40.25.136&rgn=div5#se40.25.136_13

Code of Federal Regulations. CFR. 40 CFR. 403.5. National pretreatment standards: Prohibited discharges. U.S.A.

Code of Federal Regulations. CFR.40 CFR. 405.6. National pretreatment standards: Categorical standards. U.S.A.

Comunidad Económica Europea. 1991. Directiva 91/271/CEE. Tratamiento de aguas residuales urbanas.

Congreso de la República del Perú. 1994. Ley General de Servicios de Saneamiento. Ley N° 26338. Perú.

Concalves, J; Gothner, K; Rovira, S. 2014. Midiendo el impacto de la Infraestructura de la calidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL-PTB. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.

Congreso de la República del Perú. 2014. Ley N° 30224. Ley que crea el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de Calidad. Lima. Perú.

Consejo Nacional de Medio Ambiente- CONAMA. 2005. Resolución N° 357- 2005. Disposición sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales clasificación de masas de agua y pautas ambientales para su clasificación, así como el establecimiento de las condiciones y estándares para la descarga de efluentes, y otras medidas. Brasil.

Consejo Nacional de Medio Ambiente- CONAMA. 2011. Resolución N° 430- 2011. Disposición sobre las condiciones y estándares de descarga de efluentes. Brasil.

Cuizano, N; Llanos, B; Navarro, A. 2009. Aplicaciones ambientales de la adsorción mediante Biopolímeros naturales: Parte 1- Compuestos Fenólicos. Rev. Sociedad Química del Perú 75 (4) 2009.

Environmental Protection Agency-EPA. U.S.A. 2020. Catálogo en línea. Disponible en <https://www.epa.gov/libraries/catalog>

Escurre, M. 1988. Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces. Rev. Psicología. PUCP. 6 (1). 2.

EURACHEM. Red de Organizaciones Europeas del Sistema internacional de trazabilidad en Mediciones Químicas -CITAC Cooperación Internacional de Trazabilidad de Química Analítica. 2012. Cuantificación de la Incertidumbre en Medidas Analíticas. Guía CG 4. 3ra ed. Inglesa. 1ra. ed. Española.

- EURACHEM. Red de Organizaciones Europeas del Sistema internacional de trazabilidad en Mediciones Químicas. 2016. La Adecuación al Uso de los Métodos Analíticos. Una Guía de Laboratorio para Validación de Métodos y Temas Relacionados. 2da ed. Inglesa. 1a ed. Española.
- EURAMET. Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología. 2008. Metrología Abreviada. 3ra ed. Inglesa. 2da ed. Española.
- Fernández, B. 2007. Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo. Departamento de Ciencia de los materiales e Ingeniería Metalúrgica. España.
- Frías- Navarro, D. 2014. Análisis de fiabilidad de las puntuaciones de un instrumento de medida. Alfa de Cronbach: un coeficiente de fiabilidad. Universidad de Valencia. España.
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.1999. Documentos sobre necesidades tecnológicas.10 Aguas Residuales. España.
- García, J; Peñafiel, D; Rodríguez. 2019. Bioremediación de hidrocarburos en aguas residuales con cultivo mixto de microorganismos: caso Lubricadora Puyango Enfoque UTE, V.10-N.1, Mar.2019, pp. 185-196.
- Gothner, K. 2014. Infraestructura de la Calidad ideas, conceptos y componentes. Midiendo el Impacto de la Infraestructura de la Calidad en América Latina: Experiencias, alcances y limitaciones. Comisión Económica para América Latina y el Caribe- CEPAL-PTB. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.
- Hasegawa, H.2017. Industrial Wastewater Management in Japan. Ministry of Environment. Japan.
- Hillner, U; Valqui A. 2014.Enseñanzas y recomendaciones de política para la Infraestructura de la Calidad. Impacto de la Infraestructura de la calidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe- CEPAL-PTB. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile.

- INACAL. 2020. Biblioteca virtual Catalogo de Normas Técnicas Peruanas. Centro de Información y Documentación-CID. Disponible en <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/catalogo-bibliografico>
- INACAL. 2020. Lista de Proveedores de Ensayo de Aptitud e Inter Comparaciones. Disponible en https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/4/jer/documentospecificos/files/Ensayos%20Aptitud%2FLista_de_Proveedores_PTs%20_%202017-05-04.pdf
- INACAL. 2020. Sistema de Información en Línea. Laboratorios y métodos acreditados. Disponible en <https://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados>
- INEA. 2007. Directriz DZ-205.R-6. Directriz del control de carga orgánica de efluentes de origen industria. Instituto Estadual del Ambiente. Gobierno de Rio de Janeiro. Brasil.
- ISO. International Standard Organization. 2020. Catálogo virtual en línea. Disponible en <https://www.iso.org/standards.html>
- King Couty Industrial waste local discharge limits. PUT-8-13-1 (PR). 2008. Seattle. U.S.A.
- López, J. 2016. La Contaminación del agua con Cromo. Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (GIQA). Universidad Rey Juan Carlos. España.
- Massachusetts Water resources Authority. 360 CMR 10024. Sewer use. 2009. U.S.A.
- Méndez, C. 2009. Situación de los laboratorios ambientales en el Perú. Registro de capacidades de medición de muestras de agua en el Perú. Ministerio del Ambiente. Informe preliminar. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Resolución N° 631. Parámetros de los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Colombia.

Ministerio de Obras Públicas. 2000. Decreto Supremo N° 609/98. Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado. Modificado por Decreto Supremo MOP N° 3.592/00. Chile.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 1986. Real Decreto 849/1986. Reglamento del Dominio Público Hidráulico. España.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. 2016. Resolución Ministerial R.M. N° 360-2016-VIVIENDA. 2016. Aprueba los parámetros para las actividades que según la Clasificación Industrial Internacional (CIIU) serán de cumplimiento obligatorio por parte de los Usuarios No Domésticos. Perú.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. 2019. Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA. Reglamento Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Perú.

Ministry of Environment. 1971. Water Pollution Control Law. Japan.

Obras Sanitarias de la Nación. Poder Ejecutivo Nacional. 1989. Decreto Nacional 674/1989. Decreto reglamentario de la Ley 13.577. Argentina.

Obras Sanitarias de la Nación. Poder Ejecutivo Nacional. 1990. Resolución 79.179/90. Disposiciones instrumentales para la aplicación del Decreto N° 674/89. Argentina.

Okada, M; Peterson, S. 2000. Water Pollution Control Policy and Management. The Japanese Experience. Japan.

Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial-ONUUDI. 2017. Infraestructura de calidad confianza para el comercio. Departamento de Comercio Inversión e Innovación. Viena. Austria.

Organización Mundial del Comercio-OMC. 2014. Serie de Acuerdo de la OMC Obstáculos Técnicos al Comercio. Ginebra. Suiza. Disponible en https://www.wto.org/spanish/res_s/publications_s/tbttotrade_s.pdf

Organización Mundial de la Salud-OMS. 2018. Arsénico. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.

Organización Mundial de la Salud- OMS. 2018. Guías para la calidad de aguas de consumo humano. 4ta Edición. Ginebra.

Organización Mundial de la Salud-ONU HABITAT. 2018. ODS 6 Agua Limpia y Saneamiento. Progresos en el tratamiento y el uso de las aguas residuales de manera adecuada.

Pérez, C. 2005. Muestreo Estadístico Conceptos Básicos y Problemas Resueltos. Pearson Educación. S.A. Madrid.

Robles, P.; Rojas, M. 2015. La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. Revista Nebrija de Lingüística Aplicada (2015) 18.

Ruíz, C. 2007. Confiabilidad. Programa Interinstitucional Doctorado en Educación. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. UPEL, Venezuela.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL. 1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca .1996. Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL. 1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. México.

Sidney Water. 2020-21SW208 06/20. 2020. Industrial customers. Acceptance standards and charging rates. Australia.

SMEWW. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. APHA- American Public Health Association. AWWA- American Water Works Association. WEF Water Environment Federation. Washington, DC. U.S.A.

Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS. 2010. Decreto Supremo MOP 609/98 Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las descargas de RILES al Sistema de Alcantarillado. Presentación de Francisco Sanmartín Osses. 2010. Chile.

Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS. 2010. Manual Operativo de la Norma de muestreo de aguas residuales NCh 411/10-2005. Chile.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento- SUNASS. 2016. Benchmarking Regulatorio de las EPS. Datos 2016. Disponible en <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/3.-Benchmarking-regulatorio-de-las-EPS-datos-2016.pdf>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento- SUNASS. 2019. Benchmarking Regulatorio de las Empresas Prestadoras-EP. Datos 2018. Disponible en https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/benchmarking_regulatorio_eps_2019.pdf

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento-SUNASS. 2020. Resolución de Consejo Directivo N° 011-2020. Norma complementaria al Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

The Council of the City Ottawa. 2003. Sewer use by law N° 2003-514. Ottawa. Canada.

Thomas, Lily. 2018. New Medical Life Sciences. Aplicaciones no Biológicas del Selenio. Disponible en [https://www.news-medical.net/health/Selenium-Non-Biologic-Uses-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Selenium-Non-Biologic-Uses-(Spanish).aspx)

UNE. 2020. Normalización Española. Catálogo en línea. Disponible en <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/comites-tecnicos-de-normalizacion>

Water and Sewer Commission. 1998. Regulation Governing. The Use of Sanitary and combined sewers and storm drains of Boston. U.S.A

VIII. ANEXOS

Anexo 8.1: Validez y confiabilidad de la encuesta sobre la utilidad de las Normas Técnicas Peruanas

Estudio Piloto

Para la validez y confiabilidad se ha realizado un estudio piloto en 9 usuarios de NTP con características similares a la población de estudio, quienes fueron seleccionados al azar y se les aplicó el cuestionario de normas técnicas peruanas para el control de aguas residuales para someterla a un proceso de análisis estadístico de sus ítems.

Se realizó un análisis de ítems, para el instrumento como validez de criterio. Luego se procesaron los datos, haciendo uso del Programa Estadístico SPSS versión 22.0.

Se realizó el análisis de ítems, para el instrumento como validez de criterio, se obtuvo como resultado de fiabilidad de la encuesta para los 103 elementos un valor de Alfa de Cronbach de 0,956.

En la Tabla 8.1.1 se presenta el análisis de ítems, que representa cada pregunta del instrumento, lo cual fue respaldado con los valores del coeficiente Alfa de Cronbach.

Tabla 8.1.1: Estadística del total de ítems

Preguntas de la encuesta	Media de escala si el ítem se ha suprimido	Varianza de escala si el ítem se ha suprimido	Correlación total de ítems corregida	Alfa de Cronbach si el ítem se ha suprimido
1. ¿Conoce la NTP 214.037 DBO? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,750	1665080,214	-,225	,957
2. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1258,000	1665173,714	-,337	,957
3. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1256,000	1663669,143	,366	,956
4. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1258,250	1664770,786	,000	,957
5. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,250	1664770,786	,000	,957
6. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1258,250	1664770,786	,000	,957

«Continuación»

7. ¿Conoce la NTP 360.501 DQO? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,000	1668267,714	-,053	,957
8. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1255,750	1664675,357	,026	,957
9. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1246,000	1587956,571	,898	,955
10. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,250	1664770,786	,000	,957
11. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1258,250	1664770,786	,000	,957
12. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,625	1665741,982	-,727	,957
13. ¿Conoce la NTP 360.502 Sulfuros? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1256,375	1663287,982	,423	,956

«Continuación»

14. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1258,000	1665076,571	-,256	,957
15. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1245,500	1588184,286	,901	,955
16. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,375	1649375,696	,165	,957
17. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,875	1664347,268	,317	,956
18. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1255,875	1662842,982	,573	,956
19. ¿Conoce la NTP 214.039 Sólidos totales suspendidos? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,875	1665254,125	-,362	,957

«Continuación»

20. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1257,250	1664770,786	,000	,957
21. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1258,125	1665046,982	-,303	,957
22. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,750	1664359,929	,298	,956
23. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1255,500	1663674,857	,305	,956
24. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,000	1683010,857	-,223	,958
25. ¿Conoce la NTP 214.048 Aceites y grasas? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,250	1664770,786	,000	,957

«Continuación»

26. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1234,500	1651382,571	,101	,957
27. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1257,750	1664278,786	,357	,956
28. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,125	1663950,696	,320	,956
29. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1232,750	1573363,929	,832	,955
30. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1234,125	1572123,554	,827	,955
31. ¿Conoce la NTP 214.034 Aluminio? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1222,000	1574285,714	,722	,955
32. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1234,250	1572100,786	,826	,955

«Continuación»

33. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1257,625	1664452,839	,238	,956
34. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1210,750	1615072,214	,365	,956
35. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1233,000	1573029,714	,832	,955
36. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1234,125	1572123,554	,827	,955
37. ¿Conoce la NTP 214.008 Arsénico? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1233,750	1572623,929	,827	,955
38. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1234,500	1571664,000	,827	,955
39. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1257,875	1664347,268	,317	,956

«Continuación»

40. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1258,000	1665119,429	-,191	,957
41. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1244,125	1589530,982	,899	,955
42. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,125	1587824,982	,898	,955
43. ¿Conoce la NTP 214.043 Metales. AA? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1233,750	1591746,214	,648	,955
44. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1246,250	1587407,643	,902	,955
45. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1258,000	1664173,143	,500	,956
46. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,125	1587723,268	,900	,955

«Continuación»

47. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1244,125	1589530,982	,899	,955
48. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,875	1588127,268	,897	,955
49. ¿Conoce la NTP 214.019 Cianuro total? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,500	1588184,286	,901	,955
50. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1222,500	1573618,000	,721	,955
51. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1257,625	1664902,839	-,099	,957
52. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,125	1587723,268	,900	,955
53. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1244,500	1588708,857	,905	,955

«Continuación»

54. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,125	1587683,839	,900	,955
55. ¿Conoce la NTP 214.053 Cromo VI? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1233,750	1605335,929	,522	,956
56. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1222,500	1608276,000	,435	,956
57. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1245,875	1588062,982	,898	,955
58. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,125	1587723,268	,900	,955
59. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1244,500	1588705,714	,905	,955
60. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,000	1587851,143	,899	,955

«Continuación»

61. ¿Conoce la NTP-ISO 17294-2 Elementos-ICP? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1233,750	1591746,214	,648	,955
62. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1246,250	1587654,214	,899	,955
63. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1257,625	1664554,839	,162	,956
64. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1234,250	1572203,071	,825	,955
65. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1233,000	1573352,000	,829	,955
66. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1234,125	1572123,554	,827	,955
67. ¿Conoce la NTP 214.010 Manganeso? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1233,875	1572354,696	,828	,955

«Continuación»

68. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1234,250	1572100,786	,826	,955
69. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1258,000	1664173,143	,500	,956
70. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1258,000	1665119,429	-,191	,957
71. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1255,625	1663211,982	,463	,956
72. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1258,000	1665080,000	-,259	,957
73. ¿Conoce la NTP 214.029 pH? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,250	1664770,786	,000	,957
74. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1258,250	1664770,786	,000	,957

«Continuación»

75. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1246,250	1587606,786	,900	,955
76. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,125	1587723,268	,900	,955
77. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1243,750	1589694,214	,902	,955
78. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,875	1587779,268	,902	,955
79. ¿Conoce la NTP 214.052 Sólidos sedimentables? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,500	1588184,286	,901	,955
80. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1246,250	1587657,643	,899	,955
81. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1246,000	1668267,714	-,053	,957

«Continuación»

82. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,125	1669043,268	-,062	,957
83. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1244,375	1666881,125	-,038	,957
84. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,250	1668977,643	-,062	,957
85. ¿Conoce la NTP 214.051 Nitrógeno amoniacal? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,500	1668648,286	-,058	,957
86. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1246,125	1669250,411	-,065	,957
87. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1246,000	1666666,286	-,035	,957
88. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,875	1667987,554	-,050	,957

«Continuación»

89. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1244,500	1665456,857	-,021	,957
90. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1246,250	1667126,214	-,040	,957
91. ¿Conoce la NTP 214.023 Sulfatos? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,500	1667063,714	-,040	,957
92. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1246,125	1667648,982	-,046	,957
93. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1257,875	1664347,268	,317	,956
94. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1258,000	1665119,429	-,191	,957
95. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1255,625	1663398,554	,408	,956

«Continuación»

96. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,750	1665530,214	-,551	,957
97. ¿Conoce la NTP 214.050 Temperatura? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,250	1664770,786	,000	,957
98. ¿La norma es útil para el ensayo de aguas residuales? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No – <input type="radio"/> otro	1246,250	1667376,214	-,043	,957
99. ¿Valora la NTP por contenido técnico, costo e idioma?	1244,500	1687430,286	-,278	,958
100. ¿La norma requiere actualizarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1245,875	1687898,982	-,279	,958
101. ¿La norma No es útil/ Debiera derogarse? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1198,375	1716974,268	-,429	,960
102. ¿La NTP requiere difusión? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1255,875	1666435,268	-,458	,957

«Continuación»

103. Es laboratorio Acreditado? – <input type="radio"/> Si – <input type="radio"/> No	1257,750	1664529,643	,175	,956
--	----------	-------------	------	------

En base al cálculo de confiabilidad de consistencia interna del instrumento, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, se obtuvo un valor de 0.956; tal como se muestra en la Tabla 8.1.2, valores $>0,81$ se consideran de una magnitud de confiabilidad Muy Alta, en este caso el valor es excelente ya que es mayor a 0.95, por lo tanto, se considera al instrumento confiable y no es necesario eliminar ningún ítem.

Tabla 8.1.2: Interpretación del coeficiente de confiabilidad

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy baja

FUENTE: Ruíz (2007)

FUENTE:

Frías-Navarro, D. (2019). Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida. Universidad de Valencia. España. Disponible en: <https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>

Ruíz, C. 2007. Confiabilidad. Programa Interinstitucional Doctorado en Educación. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. UPEL. Venezuela.

Anexo 8.2: Encuesta y validación sobre la utilidad de la NTP 214.060

La presente encuesta está dirigida a laboratorios que realizan ensayos de aguas residuales. Todas las preguntas se refieren al alcance de aguas residuales no domésticas. Se espera sea respondido por el responsable del sistema de gestión o el responsable técnico del laboratorio vinculado a los ensayos de aguas residuales.

Aplicación de la NTP 214.060:2016 Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado (NTP obligatoria para la toma de muestras. Art 12 del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA).

I. Datos generales

Nombre de laboratorio / empresa:

¿El laboratorio está acreditado en métodos de ensayo para aguas residuales?

- Si
- No

II. ¿En general, la NTP 214.060 es útil para la toma de muestra de aguas residuales no domésticas?

(Escala donde 1 no es útil y 5 muy útil)

	1	2	3	4	5	
No útil	<input type="radio"/>	Muy útil				

III. Valore la utilidad de la norma por su contenido técnico

(Escala donde 1 no es útil y 5 muy útil)

1. Sobre el punto de muestreo

	1	2	3	4	5	
No útil	<input type="radio"/>	Muy útil				

2. Preservación y almacenamiento de muestra

	1	2	3	4	5	
No útil	<input type="radio"/>	Muy útil				

3. Tipo de muestreo por parámetro de VMA

	1	2	3	4	5	
No útil	<input type="radio"/>	Muy útil				

4. Cálculo de la alícuota para el muestreo compuesto

	1	2	3	4	5	
No útil	<input type="radio"/>	Muy útil				

5. Sobre la medición del caudal

	1	2	3	4	5	
No útil	<input type="radio"/>	Muy útil				

6. Técnicas de control de calidad de muestreo

	1	2	3	4	5	
No útil	<input type="radio"/>	Muy útil				

Validación de la encuesta Utilidad de la norma de Protocolo de muestreo NTP 214.060

Estudio Piloto

Para la validez y confiabilidad se ha realizado un estudio piloto en 10 laboratorios con características similares a la población de estudio, quienes fueron seleccionados al azar y se les aplicó el cuestionario de utilidad de la Norma de Protocolo de muestreo NTP 214.060 para someterla a un proceso de análisis estadístico de sus ítems.

Determinando la confiabilidad del instrumento

Se realizó un análisis de ítems, para el instrumento como validez de criterio. Luego se procesaron los datos, haciendo uso del Programa Estadístico SPSS versión 22.0.

Se usó el alfa de Cronbach para conocer la consistencia interna de nuestro cuestionario. Se obtuvo los siguientes resultados para una muestra piloto de 10 laboratorios. Los ítems están medidos en escala Likert según su utilidad.

Item 1: Sobre el punto de muestreo.

Item 2: Preservación y almacenamiento de muestra.

Item 3: Tipos de muestreo por parámetro de VMA.

Item 4: Cálculo de la alícuota para el muestreo compuesto.

Item 5: Sobre medición de caudal.

Item 6: Técnicas de control de calidad de muestreo.

```

> new_dat
  Item1 Item2 Item3 Item4 Item5 Item6
    5     5     5     5     5     5
    4     4     4     4     4     4
    3     4     2     3     4     4
    4     4     4     4     4     4
    3     1     3     5     4     2
    3     4     4     5     5     4
    4     4     4     5     4     4
    4     4     4     4     4     4
    3     3     2     2     2     2
    4     4     4     3     3     3

> alfa_cron<-alpha(new_dat)
> alfa_cron

Reliability analysis
call: alpha(x = new_dat)

raw_alpha std.alpha G6(smc) average_r S/N ase mean sd median_r
  0.87      0.88      0.98      0.56 7.5 0.067 3.8 0.74 0.64

lower alpha upper      95% confidence boundaries
0.74 0.87 1.01

Reliability if an item is dropped:
raw_alpha std.alpha G6(smc) average_r S/N alpha se var.r med.r
Item1      0.86      0.86      0.97      0.56 6.4 0.080 0.066 0.62
Item2      0.88      0.88      0.96      0.60 7.5 0.061 0.036 0.65
Item3      0.83      0.84      0.96      0.51 5.2 0.094 0.076 0.54
Item4      0.88      0.89      0.98      0.61 7.8 0.059 0.033 0.64
Item5      0.84      0.86      0.97      0.55 6.2 0.084 0.063 0.64
Item6      0.82      0.84      0.95      0.50 5.1 0.097 0.069 0.56

Item statistics
n raw.r std.r r.cor r.drop mean sd
Item1 10 0.76 0.78 0.77 0.69 3.7 0.67
Item2 10 0.70 0.70 0.70 0.54 3.7 1.06
Item3 10 0.88 0.89 0.88 0.82 3.6 0.97
Item4 10 0.69 0.68 0.67 0.53 4.0 1.05
Item5 10 0.82 0.80 0.80 0.73 3.9 0.88
Item6 10 0.91 0.90 0.91 0.86 3.6 0.97

Non missing response frequency for each item
  1 2 3 4 5 miss
Item1 0.0 0.0 0.4 0.5 0.1 0
Item2 0.1 0.0 0.1 0.7 0.1 0
Item3 0.0 0.2 0.1 0.6 0.1 0
Item4 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0
Item5 0.0 0.1 0.1 0.6 0.2 0
Item6 0.0 0.2 0.1 0.6 0.1 0

```

El alfa de Cronbach es usado para determinar si el cuestionario es confiable. Tenemos como resultado un valor de 0.87.

Resultado de la fiabilidad del cuestionario de la utilidad de la norma de protocolo de muestreo NTP 214.060

Se observa, el coeficiente Alfa del instrumento en su totalidad obtuvo un valor de 0.87, tal como se muestra en la Tabla 8.1.2, valores $>0,81$ se consideran de una magnitud de confiabilidad Muy Alta, en este caso el valor es excelente ya que es mayor a 0.87, por lo tanto, se considera al instrumento confiable y no es necesario eliminar ningún ítem.

Anexo 8.3: Fiabilidad de la encuesta métodos normalizados para el control de aguas residuales

Estudio Piloto:

Para la validez y confiabilidad se realizó un estudio piloto en 9 laboratorios con características similares a la población de estudio, quienes fueron seleccionados al azar y se les aplicó el cuestionario de métodos normalizados para el control de aguas residuales para someterla a un proceso de análisis estadístico de sus ítems.

Se realizó un análisis de ítems, para el instrumento como validez de criterio. Luego se procesaron los datos, haciendo uso del Programa Estadístico SPSS versión 22.0.

Se realizó el análisis de ítems, para el instrumento como validez de criterio, se obtuvo como resultado de fiabilidad de la encuesta para los 146 elementos un valor de Alfa de Cronbach de 0,991.

En la Tabla 8.3.1 se presenta el análisis de ítems, que representa cada pregunta del instrumento, lo cual fue respaldado con los valores del coeficiente Alfa de Cronbach.

Tabla 8.3.1: Estadística de total de ítems

Preguntas de la encuesta	Media de escala si el ítem se ha suprimido	Varianza de escala si el ítem se ha suprimido	Correlación total de ítems corregida	Alfa de Cronbach si el ítem se ha suprimido
1. Tipo de laboratorio: Público Privado	3549,000	15396794,500	,236	,991

«Continuación»

2. ¿Laboratorio acreditado para ensayos de aguas residuales? Si/No	3548,556	15394580,028	,685	,991
3. El laboratorio aplica la(s) norma(s): <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> NTP-ISO 17025 - <input type="checkbox"/> ISO 9001 - <input type="checkbox"/> Otros - <input type="checkbox"/> No aplica 	3547,778	15390629,194	,547	,991
4. ¿Utiliza materiales de referencia certificados?	3546,556	15404147,528	-,515	,991
5. ¿Realiza la actividad de muestreo en campo?	3546,222	15396928,694	,045	,991
6. ¿Si no lo realiza la subcontrata? Si/No	3538,000	15338027,000	,237	,991
7. Para la actividad de muestreo, ¿Cuáles de las siguientes normas técnicas aplica? : <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> NTP-ISO 5667-10 - <input type="checkbox"/> NTP-ISO 5667-14 - <input type="checkbox"/> Otra - <input type="checkbox"/> No aplica 	3546,778	15394889,694	,227	,991
8. ¿Aplica la norma NTP-ISO 17020 para el muestreo y/o la inspección? Si/No	3548,222	15396712,694	,267	,991

«Continuación»

9. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para DBO5? <ul style="list-style-type: none"> – <input type="checkbox"/> SMEWW Part 5210 B – <input type="checkbox"/> ISO 5815-1 – <input type="checkbox"/> ISO 5815-2 – <input type="checkbox"/> AOAC 973.44 – <input type="checkbox"/> NTP 214.037 – <input type="checkbox"/> Ninguno 	3548,667	15390892,000	,819	,991
10. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3548,556	15396437,028	,141	,991
11. Marcar Si/No si aplica algún método propio para DBO5	3548,222	15396689,444	,276	,991
12. ¿Considera el Límite de detección para el método de DBO5 que aplica?	3538,444	15200482,278	,794	,991
13. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de DBO5 que aplica?	3538,444	15200482,278	,794	,991
14. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo DBO5?	3538,222	15200909,694	,795	,991

«Continuación»

15. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para DQO? <ul style="list-style-type: none"> – <input type="checkbox"/> SMEWW-Part 5220 B / 5220 D – <input type="checkbox"/> EPA 410.4 – <input type="checkbox"/> ASTM D1252-06 – <input type="checkbox"/> AOAC 973.46 – <input type="checkbox"/> NTP 360.501 – <input type="checkbox"/> Ninguno 	3548,111	15391498,111	,502	,991
16. ¿Cuál de estas normas requeriría contar con una adopción como norma técnica peruana?	3538,556	15201102,028	,791	,991
17. Marcar Si/No si aplica algún método propio para DQO	3548,222	15399488,694	-,794	,991
18. ¿Considera el Límite de detección para el método de DQO que aplica?	3527,889	15284277,111	,341	,991
19. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de DQO que aplica?	3538,444	15200482,278	,794	,991
20. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo DQO?	3548,667	15395150,250	,547	,991
21. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Sólidos totales en suspensión? <ul style="list-style-type: none"> – <input type="checkbox"/> SMEWW-Part 2540 D – <input type="checkbox"/> NTP 214.039 – <input type="checkbox"/> Ninguno 	3538,556	15464822,028	-,275	,991

«Continuación»

22. ¿Esta norma requiere ser adoptada como norma una norma técnica peruana?	3549,111	15397411,611	,000	,991
23. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Sólidos totales en suspensión	3548,222	15399488,694	-,794	,991
24. ¿Considera el Límite de detección para el método de Sólidos totales en suspensión que aplica?	3549,000	15396794,500	,236	,991
25. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Sólidos totales en suspensión que aplica?	3538,444	15464202,278	-,273	,991
26. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Sólidos totales en suspensión?	3548,556	15394580,028	,685	,991
27. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Aceites y grasas? <ul style="list-style-type: none"> – <input type="checkbox"/> SMEWW-Part 5520 B – <input type="checkbox"/> EPA Method 1664 – <input type="checkbox"/> NTP 214.048 – <input type="checkbox"/> Ninguno 	3537,778	15336490,194	,244	,991
28. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3527,889	15144005,611	,773	,991

«Continuación»

29. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Aceites y grasas	3537,778	15339654,944	,231	,991
30. ¿Considera el Límite de detección para el método de aceites y grasas que aplica?	3527,889	15143712,361	,774	,991
31. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Aceites y grasas que aplica?	3517,333	15212827,500	,493	,991
32. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo Aceites y grasas?	3527,667	15143064,750	,778	,991
33. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Aluminio? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW3113B / 3120B / 3125B / 3500 Al B <input type="checkbox"/> ISO 17294-2 / ISO 11885 <input type="checkbox"/> ASTM D1976-12 / D5673-10 <input type="checkbox"/> AOAC 1-4471-977 993-14 <input type="checkbox"/> EPA 200.9 / 200.5 / 200.8 <input type="checkbox"/> NTP 214.034 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3536,000	15207890,500	,787	,991
34. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3496,222	15332563,444	,159	,991

«Continuación»

35. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Aluminio	3537,667	15203158,000	,791	,991
36. ¿Considera el Límite de detección para el método de Aluminio que aplica?	3527,667	15147482,750	,765	,991
37. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Aluminio que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
38. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Aluminio?	3517,222	15120750,194	,745	,991
39. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Arsénico total? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3114C / 3120B / 3125B / 3500-As-B <input type="checkbox"/> AOAC 993.14 / I-3060-85 <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.8 <input type="checkbox"/> ASTM D2972-08 / D5673-10 / D1976-12 <input type="checkbox"/> NTP 214.008 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3537,111	15200883,361	,805	,991
40. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,111	15191013,361	,554	,991

«Continuación»

41. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Arsénico total	3537,778	15203777,944	,787	,991
42. ¿Considera el Límite de detección para el método de Arsénico total que aplica?	3506,778	15188900,194	,529	,991
43. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Arsénico total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
44. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Arsénico total?	3517,222	15120750,194	,745	,991
45. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Boro? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW-4500-B-C / 3120B / 3125B <input type="checkbox"/> ISO 17294-2 / ISO 11885 <input type="checkbox"/> AOAC 933.14 <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.8 <input type="checkbox"/> AOAC 933.14 <input type="checkbox"/> NTP-ISO 17294-2 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3536,778	15205214,194	,791	,991
46. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3496,000	15332969,750	,159	,991
47. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Boro	3527,222	15145875,444	,774	,991

«Continuación»

48. ¿Considera el Límite de detección para el método de Boro que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
49. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Boro que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
50. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Boro?	3517,222	15120750,194	,745	,991
51. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Cadmio? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3113 B / 3120B / 3135B <input type="checkbox"/> AOAC I-1472-85 / 933.14 <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.8 <input type="checkbox"/> ASTM D 3557-12 / D 1976-12 / D 5673-10 <input type="checkbox"/> NTP 214.043 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3536,889	15200298,861	,809	,991
52. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,111	15191013,361	,554	,991
53. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Cadmio	3537,667	15203158,000	,791	,991
54. ¿Considera el Límite de detección para el método de Cadmio que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991

«Continuación»

55. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Boro que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
56. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Cadmio?	3506,778	15062987,194	,856	,991
57. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Cianuro total? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW-Part 4500-CN⁻ C, F <input type="checkbox"/> AOAC I-3300-85 <input type="checkbox"/> EPA 335.4 <input type="checkbox"/> ASTM 6894-10 <input type="checkbox"/> NTP 214.019 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3525,778	15144928,694	,792	,991
58. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,333	15191889,000	,550	,991
59. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Cianuro total	3527,222	15145875,444	,774	,991
60. ¿Considera el Límite de detección para el método de Cianuro total que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
61. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Cianuro total que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
62. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Cianuro total?	3506,778	15062987,194	,856	,991

«Continuación»

<p>63. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Cobre total?</p> <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3111 B / 3120B / 3125B / 35 Cu B- C - <input type="checkbox"/> AOAC I-4471-97 / I-4020-05 - <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.8 - <input type="checkbox"/> ASTM D1688-12 / D1976-12 / D5673-10 - <input type="checkbox"/> NTP 214.043 - <input type="checkbox"/> Ninguno 	3526,333	15267419,000	,401	,991
64. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,222	15191591,444	,552	,991
65. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Cobre total	3537,667	15203158,000	,791	,991
66. ¿Considera el Límite de detección para el método de Cobre total que aplica?	3506,889	15189527,861	,526	,991
67. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Cobre total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
68. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Cobre total?	3517,222	15120750,194	,745	,991

«Continuación»

69. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Cromo total? <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> SMEWW-Part 3113 B / 3030 - <input type="checkbox"/> AOAC I-4471-97 / I-4020-05 - <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.8 / 218.1 - <input type="checkbox"/> ASTM D1976-12 / D5673-10 - <input type="checkbox"/> NTP 214.043 - <input type="checkbox"/> Ninguno 	3516,444	15092275,528	,834	,991
70. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,222	15191591,444	,552	,991
71. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Cromo total	3537,667	15203158,000	,791	,991
72. ¿Considera el Límite de detección para el método de Cromo total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
73. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Cromo total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
74. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Cromo total?	3517,222	15120750,194	,745	,991

«Continuación»

75. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Cromo VI? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3500-Cr, B, C <input type="checkbox"/> AOAC 923.23 <input type="checkbox"/> EPA 218.6 <input type="checkbox"/> ASTM D 5257-1 <input type="checkbox"/> NTP 214.053 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3517,222	15089965,194	,830	,991
76. ¿Cuál de estas normas requerirían contar con una adopción como norma técnica peruana?	3528,000	15143218,000	,774	,991
77. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Cromo VI	3527,222	15145875,444	,774	,991
78. ¿Considera el Límite de detección para el método de Cromo VI que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
79. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Cromo VI que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
80. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre del ensayo de Cromo VI?	3506,778	15062987,194	,856	,991

«Continuación»

<p>81. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Manganeseo?</p> <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3111B / 3500-Mn B - <input type="checkbox"/> AOAC I-4471-97 / 993.14 / 920.203 - <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.8 - <input type="checkbox"/> ASTM D 858-12 A o B / D 1276-12 / D5673-10 - <input type="checkbox"/> NTP 214.010 - <input type="checkbox"/> Ninguno 	3526,667	15267476,750	,399	,991
<p>82. ¿Cuál de estas normas requerirían contar con una adopción como norma técnica peruana?</p>	3517,444	15191174,528	,551	,991
<p>83. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Manganeseo</p>	3537,667	15203158,000	,791	,991
<p>84. ¿Considera el Límite de detección para el método de Manganeseo que aplica?</p>	3517,333	15121375,250	,742	,991
<p>85. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Manganeseo que aplica?</p>	3517,333	15121375,250	,742	,991
<p>86. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Manganeseo?</p>	3517,222	15120750,194	,745	,991

«Continuación»

87. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Mercurio?	3527,111	15148271,611	,768	,991
88. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,222	15191591,444	,552	,991
89. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Mercurio	3537,667	15203158,000	,791	,991
90. ¿Considera el Límite de detección para el método de Mercurio que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
91. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Mercurio que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
92. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Mercurio?	3517,222	15120750,194	,745	,991
93. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Níquel? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3112 B <input type="checkbox"/> ASTM D3223-12 <input type="checkbox"/> UNE-EN-ISO 17852 <input type="checkbox"/> AOAC 977.22 <input type="checkbox"/> EPA 245.1 <input type="checkbox"/> NTP- ISO17294-2 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3516,444	15092275,528	,834	,991

«Continuación»

94. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,222	15191591,444	,552	,991
95. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Níquel	3527,222	15145875,444	,774	,991
96. ¿Considera el Límite de detección para el método de Níquel que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
97. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Níquel que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
98. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Níquel?	3506,778	15062987,194	,856	,991
99. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Nitrógeno Amoniacal? <ul style="list-style-type: none"> – <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 4500-NH3 D, C, G – <input type="checkbox"/> ASTM D1426-08 / D6919-09 – <input type="checkbox"/> AOAC I-4523-85 – <input type="checkbox"/> EPA 350.1 – <input type="checkbox"/> NTP 214.051 – <input type="checkbox"/> Ninguno 	3527,111	15144041,611	,781	,991
100. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,222	15191591,444	,552	,991

«Continuación»

101. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Nitrógeno Amoniacal	3527,222	15145875,444	,774	,991
102. ¿Considera el Límite de detección para el método de Nitrógeno Amoniacal que aplica?	3506,889	15062275,361	,856	,991
103. ¿Considera el Límite de para el cuantificación para el método de Nitrógeno Amoniacal que aplica?	3506,889	15062275,361	,856	,991
104. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Nitrógeno Amoniacal?	3506,778	15062987,194	,856	,991
105. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para pH? <ul style="list-style-type: none"> – <input type="checkbox"/> SMEWW-Part 4500-H+ B – <input type="checkbox"/> ASTM D 1293-12 – <input type="checkbox"/> AOAC 973.41 – <input type="checkbox"/> EPA 150-2 – <input type="checkbox"/> NTP 214.029 – <input type="checkbox"/> Ninguno 	3538,222	15199384,444	,801	,991
106. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3538,556	15201102,028	,791	,991
107. Marcar Si/No si aplica algún método propio para pH	3537,667	15203158,000	,791	,991
108. ¿Considera el Límite de detección para el método de p H que aplica?	3528,000	15147683,000	,760	,991

«Continuación»

109. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de p H que aplica?	3528,000	15147683,000	,760	,991
110. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre del ensayo de pH?	3527,667	15147482,750	,765	,991
111. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Plomo total? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3111 B / 3120 B/3125 B / 3500-Pb B <input type="checkbox"/> ASTM D 3559-08 / D1976-12 / D5673/10 <input type="checkbox"/> AOAC I-4471-97 / 993.14 <input type="checkbox"/> EPA 200.5/200.7 <input type="checkbox"/> NTP 214.043 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3536,889	15200298,861	,809	,991
112. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,333	15190877,000	,553	,991
113. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Plomo Total	3537,667	15203158,000	,791	,991
114. ¿Considera el Límite de detección para el método de Plomo total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991

«Continuación»

115. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Plomo total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
116. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Plomo total?	3517,222	15120750,194	,745	,991
117. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Sólidos sedimentables? <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 2540 F - <input type="checkbox"/> NTP 214.052 - <input type="checkbox"/> Ninguno 	3527,778	15142067,444	,780	,991
118. ¿Esta norma requiere ser adoptada como norma una norma técnica peruana?	3528,000	15143218,000	,774	,991
119. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Sólidos sedimentables	3516,889	15092051,111	,829	,991
120. ¿Considera el Límite de detección para el método de Sólidos sedimentable que aplica?	3527,889	15142642,611	,777	,991
121. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Sólidos sedimentables que aplica?	3517,444	15089548,278	,828	,991
122. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Sólidos sedimentables?	3527,667	15147482,750	,765	,991

«Continuación»

123. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Sulfatos? <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3111 B /3120 B / 3125 B / 3500-Pb B - <input type="checkbox"/> ASTM D 3559-08 / D1976-12 / D5673 / 10 - <input type="checkbox"/> AOAC I-4471-97 / 993.14 - <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.7 - <input type="checkbox"/> NTP 214.043 - <input type="checkbox"/> Ninguno 	3537,889	15202385,611	,791	,991
124. ¿Cuál de estas normas requerirían contar con una adopción como norma técnica peruana?	3538,556	15201102,028	,791	,991
125. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Sulfatos	3537,667	15203158,000	,791	,991
126. ¿Considera el Límite de detección para el método de Sulfatos que aplica?	3527,889	15175047,611	,677	,991
127. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Sulfatos que aplica?	3527,889	15175047,611	,677	,991
128. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Sulfatos?	3527,778	15174425,194	,680	,991

«Continuación»

129. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Sulfuros? <ul style="list-style-type: none"> - <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 4500-S2⁻ G, H, F,D - <input type="checkbox"/> ASTM D 1255-59 / D 4558-09 - <input type="checkbox"/> AOAC I- 3840-85 - <input type="checkbox"/> NTP 360.502 - <input type="checkbox"/> Ninguno 	3526,889	15145475,611	,779	,991
130. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,444	15191174,528	,551	,991
131. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Sulfuros	3527,222	15145875,444	,774	,991
132. ¿Considera el Límite de detección para el método de Sulfuros que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
133. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Sulfuros que aplica?	3506,778	15062987,194	,856	,991
134. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Sulfuros?	3506,778	15062987,194	,856	,991

«Continuación»

135. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Temperatura? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 2550 B <input type="checkbox"/> EPA 170.1 <input type="checkbox"/> NTP 214.050 <input type="checkbox"/> Ninguno 	3527,556	15143455,278	,778	,991
136. ¿Cuál de estas normas requerirían contar con una adopción como norma técnica peruana?	3517,444	15210127,028	,499	,991
137. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Temperatura	3537,778	15202438,444	,793	,991
138. ¿Considera el Límite de detección para el método de Temperatura que aplica?	3517,444	15089548,278	,828	,991
139. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Temperatura que aplica?	3517,444	15089548,278	,828	,991
140. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Temperatura?	3517,111	15090656,361	,829	,991

«Continuación»

141. ¿Cuál de los siguientes métodos aplican para Zinc total? <ul style="list-style-type: none"> – <input type="checkbox"/> SMEWW- Part 3111 B / 3120 B / 3125B / 3500 Zn B – <input type="checkbox"/> ASTM D 1691-12 / D1976-13 / D567-10 – <input type="checkbox"/> AOAC 924.27 / I-4471-97 / 933.14 – <input type="checkbox"/> EPA 200.5 / 200.7 / 200.8 – <input type="checkbox"/> NTP 214.043 – <input type="checkbox"/> Ninguno 	3536,889	15200298,861	,809	,991
142. ¿Cuál de estas normas requerirían contar una adopción como norma técnica peruana?	3517,333	15190877,000	,553	,991
143. Marcar Si/No si aplica algún método propio para Zinc total	3537,667	15203158,000	,791	,991
144. ¿Considera el Límite de detección para el método de Zinc total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
145. ¿Considera el Límite de cuantificación para el método de Zinc total que aplica?	3517,333	15121375,250	,742	,991
146. ¿Realiza el cálculo de la Incertidumbre para el ensayo de Zinc total?	3517,222	15120750,194	,745	,991

Se calculó la confiabilidad de consistencia interna del instrumento, mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, cuyo resultado obtuvo un valor de 0.991, como se muestra en la Tabla 8.1.2, valores $>0,81$ se consideran de una magnitud de confiabilidad Muy Alta, en este caso el valor es excelente ya que es mayor a 0.99, por lo tanto, se considera al instrumento confiable y no es necesario eliminar ningún ítem.

Anexo 8.4: Validación del instrumento por expertos

Investigación: La Infraestructura de la Calidad para el cumplimiento de la legislación de aguas residuales no domésticas en el Perú.

Objetivo: Evaluar la Infraestructura de la calidad en términos de Normas Técnicas, métodos de ensayo y marco legal, requerida para atender el cumplimiento de los Valores Máximos admisibles de las aguas residuales no domésticas que se vierten en el Sistema de alcantarillado sanitario en el Perú, de acuerdo a lo exigido en la legislación vigente.

Hipótesis: Los laboratorios de ensayo aplican los métodos de ensayo para los VMA de manera confiable.

Variable: Aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable.

Para esta variable aplicación de métodos de ensayo reconocidos de manera confiable, se tiene en cuenta los siguientes criterios:

1. Los parámetros de la VMA de acuerdo a la legislación vigente.
2. Métodos reconocidos (normalizados de organizaciones internacionales o nacionales) o validados (en base a métodos normalizados).
3. Laboratorios Acreditados con NTP-ISO/IEC 17025 o con implementación de la misma norma o equivalente.
4. Aplicación de características de desempeño: Límite de Detección/ Límite de Cuantificación / Cálculo de incertidumbre.

Con este instrumento (encuesta) se busca probar la variable Aplicación de métodos de ensayo reconocidos, para ello se realizará la validación del instrumento debiéndose alcanzar un valor de aprobación mayor a un valor estándar (80%).

El instrumento está dirigido a laboratorios (acreditados o no) que realizan ensayos de aguas residuales. Se espera sea respondido por el responsable del sistema de gestión o el responsable técnico del laboratorio vinculado a los ensayos de aguas residuales.

El Instrumento se presenta 3 secciones:

1. Datos Generales
2. Ensayos básicos
3. Ensayos complementarios

Resultados de Juicio de expertos sobre el instrumento:

Participaron 5 expertos: Ph D en Química, Doctora en química analítica, Mg Sc en Biología, Ingeniero químico y Químico puro.

Tabla 8.4.1: Porcentaje de expertos que califica la valoración entre 55-100

No.	Pregunta	Calificación de 5 expertos (100%)					
		55	65	75	85	95	100
1	¿En qué porcentaje se logrará contrastar la hipótesis con este instrumento?					40%	60%
2	¿En qué porcentaje considera que las preguntas están referidas a la variable de la investigación?					40%	60%
3	¿Qué porcentaje de las interrogantes planteadas son suficientes para lograr el objetivo general de la investigación?				20%	60%	20%
4	¿En qué porcentaje, las preguntas son de fácil comprensión para el personal de laboratorio a cargo de responder esta encuesta?					40%	60%
5	¿Qué porcentaje de preguntas siguen una secuencia lógica?					80%	20%
6	¿En qué porcentaje se obtendrán datos similares con esta encuesta aplicándola en otras muestras de la población objetivo?				20%	80%	

Resultado: se alcanzó la valoración mayor a 80% en todos los casos.

Anexo 8.5: Normas Técnicas Peruanas existentes para atender los VMA**NTP para los VMA básicos**

Tipo de ensayo	Código	Título método
DBO ₅	NTP 214.037:2020. 2a ed.	Calidad de agua. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).
DQO	NTP 360.501:2016. 1a ed.	Calidad de agua. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Método colorimétrico a reflujo cerrado.
Sólidos Totales en Suspensión	NTP 214.039:2015. 2a ed.	Calidad de agua. Determinación de sólidos totales suspendidos, Método gravimétrico.
Aceites y grasas	NTP 214.048:2020. 2a ed.	Calidad de Agua. Determinación de aceites y grasas en aguas. Método de partición gravimétrica líquido-líquido

FUENTE: Biblioteca virtual INACAL 2020.

NTP para los VMA complementarios

Tipo de ensayo	Código	Título
Aluminio	NTP 214.034:2003. 1a ed. (revisada 2018)	Agua para consumo humano. Determinación de aluminio. Método colorimétrico de eriocromo cianina R.
Arsénico	NTP 214.008:2002. 1a ed. (revisada 2017)	Agua para consumo humano. Determinación de arsénico. Método de dietilditiocarbamato de plata.
Boro, Mercurio	NTP-ISO 17294-2:2018.1a.ed	Calidad del agua. Aplicación de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Parte 2: Determinación de elementos seleccionados incluyendo isótopos de uranio.

«Continuación»

Cadmio Cobre Total Cromo Total Manganeso Níquel Plomo Zinc Total	NTP 214.043:2012. 1a ed.	Calidad de agua. Determinación de metales. Método de espectrometría de absorción atómica. Aspiración directa flama aire acetileno (antimonio, bismuto, cadmio, calcio, cesio, zinc, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, hierro, iridio, litio, magnesio, manganeso, níquel, oro, paladio, plata, platino, plomo, potasio, rodio, rutenio, sodio, talio).
Cromo VI	NTP 214.053:2015. 1a ed.	Calidad de agua. Determinación de cromo hexavalente, Cr (VI) en agua. Método colorimétrico
Cianuro	NTP 214.014:1988. 1a ed. (revisada 2011)	Calidad de agua. Determinación de cianuro. Método del electrodo de ion selectivo (Método de rutina).
	NTP 214.019:2016. 3ra ed.	Calidad de agua. Determinación de cianuro. Método colorimétrico.
	NTP ISO 6703-1:2009. 1a ed.(revisada 2019)	Determinación de cianuro-parte1: determinación de cianuro total
Manganeso	NTP 214.010:2002. 1a ed. (revisada 2017)	Agua para consumo humano. Determinación de manganeso. Método espectrofotométrico del persulfato.
Nitrógeno Amoniacal	NTP 214.051:2015. 1a ed.	Calidad de agua. Determinación de Nitrógeno Amoniacal en agua. Método Electrodo Selectivo.
p H	NTP 214.029:2015. 2a ed.	Calidad de agua. Determinación de pH. Método electrométrico.
Sólidos Sedimentables Totales	NTP 214.052:2013. 1a ed. (revisada 2018)	Calidad de agua. Determinación de sólidos sedimentables. Método volumétrico-gravimétrico.

«Continuación»

Sulfatos	NTP 214.022:1988. 1a ed. (revisada 2011)	Agua potable. Determinación de sulfatos. Método gravimétrico (Método de Referencia).
	NTP 214.023:2016. 3a ed.	Determinación de sulfatos. Método turbidimétrico.
Sulfuro de Hidrógeno	NTP 360.502:2016. 1a ed.	Calidad de Agua. Determinación de sulfuros. Método colorimétrico
Temperatura	NTP 214.050:2013. 1a ed. (revisada 2018)	Calidad de agua. Determinación de la temperatura en agua.

FUENTE: Biblioteca virtual INACAL 2020.

NTP Relacionadas a Muestreo

Nombre	Código
Calidad de agua. Muestreo. Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales. 1ª Edición	NTP ISO 5667-10:2012 rev 2018
Calidad de agua. Muestreo. Parte 14: Guía para el aseguramiento de la calidad del muestreo de agua del ambiente y su manipulación. 1ª Edición	NTP ISO 5667-14:2009 rev 2019
Balance Hídrico de Descarga Sanitaria. Determinación del factor de descarga de aguas residuales a la red de alcantarillado	NTP 410.001:2010 rev 2015
Actividades relacionadas con los servicios de agua para consumo humano y de agua residual. Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual y para la evaluación de los servicios de agua residual.	NTP-ISO 24511:2012. Rev.2018.
Actividades relacionadas con los servicios de agua para consumo humano y aguas residuales. Gestión de crisis de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento.	NTP-ISO 24518:2016

«Continuación»

Calidad de agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la preservación y manejo de muestras.	NTP -ISO 5667-3:2001 Rev. 2016
AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado.	NTP 214.060:2016
AGUAS RESIDUALES. Cámara de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado. Requisitos.	NTP 214.061:2018. 1 a ed.

FUENTE: Biblioteca virtual INACAL 2019.

Anexo 8.6: Métodos de ensayo normalizados internacionales - VMA básicos

Tipo de ensayo	Sigla norma	Código	Método
DBO ₅	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	5210 B	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day B
	AOAC	973.44	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day B
	ISO	5815-1 5815-2	Water quality-Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD n) – Part 1: Dilution and seeding method with allylthiourea addition. Water quality. Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD n) – Part 2: Method for undiluted samples.
DQO	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	5220 D 5220 B	Closed Reflux, Colorimetric Method. Titrimetric
	EPA	410.4 Rev 2.0	Spectrophotometric
	ASTM	D1252-06	Titrimetric
		D1252-06	Spectrophotometric
AOAC	973.46	Titrimetric	
SST	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	2540 D	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.

«Continuación»

Aceites y Grasas y Aceites	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	5520 B	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
	EPA	1664, Rev A 1664, Rev B	N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.

FUENTE: ISO/APHA/EPA/ASTM/UNE/e-CFR

Métodos de ensayo normalizados internacionales- VMA complementarios

Tipo de ensayo	Norma	Código	Título
Aluminio	ISO	17294-2	Water quality – Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes.
		11885	Water quality – Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES).
	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3113B-2010 3120-B-2011 3125B-2011 3500-AI B	AA ICP/AES ICP/MS Colorimetric.Aluminum. Eriochrome Cyanine R Method.
	ASTM	D1976-12 D5673-10	ICP/AES ICP/MS

«Continuación»

	AOAC	1-4471-97 993-14	ICP/AES ICP/MS	
	EPA	200.9, Rev 2.2 200.5, Rev 4.2 200.8, Rev 5.4	AA ICP/AES ICP/MS	
Arsénico Total	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3114 B – C 3120 B 3125 B 3500-As-B	Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. ICP/IAS ICP/MS Colorimetric	
	AOAC	993.14 I-3060-85	ICP/MS Colorimetric	
	EPA	200.5Rev 4.2 200.8 Rev.5.4	ICP/AES ICP/MS	
	ASTM	D 2972-08 A D5673-10 D1976-12	Colorimetric ICP/MS ICP/AES	
Boro	ISO	17294-2 11885	Water quality – Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes. Water quality –Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)	
	AOAC	933.14	ICP/MS	

«Continuación»

	ASTM	D1976-12	ICP/MS
	EPA	200.5 Rev 4.2 200.8 Rev 5.4	ICP/AES ICP/MS
	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	4500- B – C 3120 B 3125 B	Colorimetric. Boron. Carmine Method. ICP/AES ICP/MS
Cadmio	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3111 B 3120 B 3125 B	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. ICP/AES ICP/MS
	EPA	200.5 Rev 4.2 200.8 Rev 5.4	ICP/AES ICP/MS
	AOAC	I-1472-85 993.14	ICP/AES ICP/MS
	ASTM	D 3557-12 D1976-12 D5673-10	Methods for Cadmium in Water ICP/AES ICP/MS
Cianuro	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	4500-CN ⁻ C-F	Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Cyanide-Selective Electrode Method.
	AOAC	I-3300-85	Spectrophotometry
	EPA	335.4 Rev1.0	Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Cyanide-Selective Electrode Method.

«Continuación»

	ASTM	D 6994-10	Standard Test Method for Determination of Metal Cyanide Complexes in Wastewater, Surface Water, Groundwater and Drinking Water Using Anion Exchange Chromatography with UV Detection.
Cobre Total	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3111 B	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.
		3120 B	ICP/AES
		3125 B	ICP/MS
		3500 Cu B-C	Colorimetric
	AOAC	I-4471-97 I-4020-05	ICP/AES ICP/MS
ASTM	D 1688-12	Methods for Copper in Water.	
	D1976-12	ICP/AES	
	D5673-10	ICP/MS	
EPA	200.5. Rev 4.2	ICP/AES	
	200.8. Rev.5.4	ICP/MS	
Cromo Total	AOAC	I-4471-97	ICP/AES
		I-4020-05	ICP/MS
	ASTM	D1976-12	ICP/AES
		D5673-10	ICP/MS
SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3030 E, 3111 B	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.	

«Continuación»

	EPA	218.1 200.5 Rev 4.2 200.8. Rev 5.4	Chromium Atomic Absorption, Direct Aspiration. ICP/AES ICP/MS
Cromo VI	AOAC	923.23	Ion Chromatography
	ASTM	D5257-11	Ion Chromatography
	EPA	218.6 Rev 3.3	Ion Chromatography
	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3500-Cr B 3500-Cr C	Chromium. Colorimetric Method. Ion Chromatography
Manganeso	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3111 B	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.
		3111 B	ICP/AES
		3500-Mn B	Colorimetric (Persulfato)
	EPA	200.5.Rev 4.2 200.8 Rev 5.4	ICP/AES ICP/MS
	ASTM	D858-12 A o B D1976-12 D5673-10	AA direct Aspiration ICP/AES ICP/MS
	AOAC	I-4471-97 993.14 920.203	ICP/AES ICP/MS Colorimetric
Mercurio	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3112 B	Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry. Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method.
	UNE-EN ISO	17852	Calidad del agua. Determinación de mercurio. Método por espectrometría de fluorescencia atómica.

«Continuación»

	AOAC	977.22	Cold Vapor
	EPA	245.1 Rev 3.0	Cold Vapor
	ASTM	D 3223-12	Method for Total Mercury in Water. Cold Vapor
Níquel	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3030 E 3111B 3120 B 3125 B	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. ICP/AES ICP/MS
	EPA	200.5 Rev 4.2 200.8 Rev 5.4	ICP/AES ICP/MS
	AOAC	I-4471-97 I-4020-05	ICP/AES ICP/MS
	ASTM	D 1886-08 D1976-12 D5673-10	Methods for Nickel in Water. ICP/AES ICP/MS
Nitrógeno Amoniacal	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	4500-NH3 D 4500-NH3 C 4500-NH3 G	Ammonia. Ammonia-Selective Electrode Method. Titrimetric Automated Phenate Method
	EPA	350.1 Rev2.0	Automated Phenate Method
	AOAC	I-4523-85	Automated Phenate Method
	ASTM	D1426-08 D6919-09	Electrode. Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water Ion Chromatography
pH	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	4500-H+ B	p H Value. Electrometric Method.

«Continuación»

	AOAC	973.41	Electrometric Method.
	EPA	150.2.1982	Automated electrode
	ASTM	D 1293-12	Standard Test Methods for pH of Water.
Plomo	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3111 B	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.
		3120 B	ICP/AES
		3125 B	ICP/MS
		3500-Pb B	Colorimetric
	ASTM	D 3559-08	Methods for Lead in Water.
		D1976-12	ICP/AES
		D5673-10	ICP/MS
EPA	200.5 Rev 4.2	ICP/AES	
	200.7 Rev 5.4	ICP/MS	
AOAC	I-4471-97	ICP/AES	
	993.14	ICP/MS	
Sólidos Sedimentables	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	2540 F	Solids. Settleable Solids.
Sulfatos	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	4500-SO ₄ ²⁻ E	Sulfate. Turbidimetric Method.
		4500-SO ₄ ²⁻ C- D	Gravimetric
		4500-SO ₄ ²⁻ F –G	Colorimetric
		4110 B-C	Ion Chromatography
	ASTM	D516-11	Turbidimetric
		D4327-03	Ion Chromatography
	AOAC	925.54	Gravimetric
		993.30	Ion Chromatography
EPA	375.2 Rev 2.0	Colorimetric	
	300.0 Rev 2.1	Ion Chromatography	

«Continuación»

Sulfuro de Hidrogeno	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	4500-S2 ⁻ G- H 4500-S2 ⁻ F 4500-S2 ⁻ D	Sulfide.Ion-Selective Electrode. Titrimetric Colorimetric
	AOAC	I-3840-85	Titrimetric
	ASTM	D 1255 – 59 D4658-09	Test for Sulfides in Industrial Water and Industrial Waste Water. Ion Selective electrode
Temperatura	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	2550 B	Temperature. Laboratory and Field Methods.
	EPA	170.1	Temperature (Thermometric)
Zinc	SMEWW- APHA- AWWA- WEF	3111 B 3120B 3125B 3500 Zn B	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. ICP/AES ICP/MS Colorimetric
	AOAC	924.27 1-4471-97 993.14	Atomic Absorption Spectrometry ICP/AES ICP/MS
	EPA	200.5 Rev4.2 200.7 Rev 4.4 200.8 Rev.5.4	ICP/AES ICP/AES ICP/MS Atomic Absorption Spectrometry
	ASTM	D 1691-12 D1976-13 D5673-10	Test Methods for Zinc in Water. ICP/AES ICP/MS

FUENTE: ISO/APHA/EPA/ASTM/UNE/e-CFR

Anexo 8.7: Métodos de ensayo acreditados por parámetro VMA

Tipo de ensayo	Norma	Año	Título
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2012. Part 5520 B, 23rd ed.	2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
	EPA 1664. Revision B	2010	n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Aluminio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Al B, 23rd ed	2017	Aluminum. Eriochrome Cyanine R Method
Arsénico Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 23rd ed.	2017	Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method
Boro	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-B C, 23rd ed.	2017	Boron. Carmine Method
Cadmio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B, 23rd Ed.	2017	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method
Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ C,F, 23rd Ed.	2017	Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Cyanide-Selective Electrode Method

«Continuación»

Cobre Total y disuelto	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 E, 3030 B y 3111 B, 23rd Ed.	2017	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion. Filtration for Dissolved and Suspended Metals / Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method
Cromo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 E, 3111 B, 23rd ed.	2017	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.
Cromo VI	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr, B, 23rd ed.	2017	Chromium. Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	SMEWW- APHA-AWWA) – WEF 2012. Part 5210 B, 23rd ed.	2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
	EPA 405.1 600/4-79-020 Revised March	1983	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day 20°C
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW- APHA - AWWA– WEF Part 5220 D, B, 23rd ed.	2017	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. Chemical Oxygen Demand (COD). Open Reflux Method
Manganeso	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B, 23rd ed.	2017	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method

«Continuación»

Mercurio	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 3112 B, 23rd ed.	2017	Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry. Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method
	UNE-EN ISO 17852:2008	2008	Determinación de mercurio. Método por espectrometría de fluorescencia atómica.
Níquel	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 3030 E, 3111 B, 22nd ed.	2012	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method.
Nitrógeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-NH3 D, 23rd ed.	2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-H+ B, 23rd ed.	2017	pH Value. Electrometric Method
Plomo Total	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 3111 B, 23rd Ed.	2017	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method
Sólidos Sedimentables	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2540 F, 23rd ed.	2017	Solids. Settleable Solids
	EPA 160.5 600/4-79-020 Revised March	1983	Settleable matter (Volumetric imhoff cone)
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW -APHA AWWA- WEF Part 2540 D, 23rd ed.	2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Sulfato	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-SO42 ⁻ E, 23rd ed.	2017	Sulfate. Turbidimetric Method

«Continuación»

Sulfuro (s)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-S2 ⁻ G, H 23rd ed.	2017	Sulfide. Ion-Selective Electrode Method. Calculation of Un- ionized Hydrogen Sulfide
	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-S2- D, 23rd ed.	2017	Sulfide. Methylene Blue Method
	EPA 376.2 (Incluye muestreo)	1978	Sulfide (Colorimetric, Methylene Blue)
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2550 B, 23rd ed.	2017	Temperature. Laboratory and Field Methods
	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2550, A y B. 23rd ed.	2017	Temperature. Laboratory and Field Methods.
	EPA 170.1	1974	Temperature (Thermometric)
	NTP 214.050	2013	Determinación de la Temperatura en Agua
Zinc Total	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 3111 B, 22rd ed.	2017	Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method
	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 3030 E y 3111 B , 23rd ed.	2017	Nitric Acid Digestion / Direct Air-Acetylene Flame Method
	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 3030 E, 3030 B y 3111 B, 23rd ed.	2017	Preliminary Treatment of Samples. Nitric Acid Digestion. Filtration for Dissolved and Suspended Metals. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method

FUENTE: Web Dirección de Acreditación INACAL.