



PROYECTO DE NORMA MEXICANA

PROY-NMX-AA-003 / 1-SCFI-2008

**AGUAS RESIDUALES – MUESTREO
(TODAS LAS PARTES CANCELAN AL PROY NMX-AA-003-
SCFI-2006)**

WATER ANALYSIS.-RESIDUAL WATER SAMPLING

PARTE 1.

**GUÍA PARA EL DISEÑO DE PROGRAMAS DE MUESTREO Y
TÉCNICAS DE MUESTREO**

**GUIDANCE ON THE DESIGN OF SAMPLING PROGRAMMES AND
SAMPLING TECHNIQUES**



P R E F A C I O

En la elaboración de la presente norma mexicana, participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ANÁLISIS DE AGUA, S.A. DE C.V.
- ARVA, LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.
- ATLATEC, S.A. DE C.V.
- CIATEC, A.C.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C.
- COMISIÓN DEL AGUA DEL ESTADO DE MÉXICO
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.
- CONTROL QUÍMICO NOVAMANN INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.
- ECCACIV, S. A. DE C. V.
- ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACIÓN, A.C.
- FASIQ INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.
- GRUPO ECOTEC, S.A. DE C.V.
- HACH COMPANY
- INDEX-LAB, Q.F.B. MARTHA ELENA IZAGUIRRE VILLANUEVA
- INTEMA, S.A. DE C.V.
- INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TAMAULIPAS, A.C.
Centro de Investigación y Tecnología en Saneamiento Ambiental (CITSA)



- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
CENICA
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
- INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
- LABORATORIO DE CALIDAD QUÍMICA VERACRUZANA, S.C.
- LABORATORIO DE QUIMICA DEL MEDIO E INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO IDECA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO FERMI, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO QUIMICO INDUSTRIAL.
- LABORATORIOS ABC QUIMICA, INVESTIGACION Y ANALISIS, S.A. DE C.V.
- MERCURY LAB, S.A. DE C.V.
- MÓNICA OROZCO MÁRQUEZ
- PERKIN ELMER DE MEXICO, S.A.
- PEMEX PETROQUÍMICA COMPLEJO PETROQUÍMICO CANGREJERA
- PEMEX PETROQUÍMICA COMPLEJO PETROQUÍMICO MORELOS
- PEMEX PETROQUÍMICA COMPLEJO PETROQUÍMICO PAJARITOS
- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.
- PROYECTOS Y ESTUDIOS SOBRE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- CÉSAR CLEMENTE ALVARADO GARCÍA / SERVICIOS AMBIENTALES
- SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, S.A. DE C.V.
- SERVICIOS DE INGENIERIA Y CONSULTORIA AMBIENTAL



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

- SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Química
Instituto de Biología
Instituto de Ingeniería



INDICE DE CONTENIDO

Número del capítulo	Página
0 INTRODUCCIÓN	1
1 OBJETIVO	1
2 REFERENCIAS	2
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	2
4 SEGURIDAD	3
5 DISEÑO DE PROGRAMAS DE MUESTREO	5
6 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES QUE AFECTAN EL MUESTREO	10
7 MUESTREO DE TIPOS ESPECÍFICOS DE AGUA	12
8 TIEMPO Y FRECUENCIA DEL MUESTREO	15
9 MEDICIONES DE FLUJO Y SITUACIONES QUE JUSTIFICAN LAS MEDICIONES DE FLUJO PARA PROPÓSITOS DE CALIDAD DEL AGUA	21
10 TÉCNICAS DE MUESTREO	25
11 EQUIPO DE MUESTREO	30
12 EQUIPO DE MUESTREO PARA CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	33
13 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	38
14 TRANSPORTE A, Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN EL ALMACÉN DEL LABORATORIO	42
15 IDENTIFICACIÓN Y REGISTROS DE LAS MUESTRAS	42
16 VIGENCIA	44
17. BIBLIOGRAFÍA	44
18. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	46
APÉNDICE INFORMATIVO A	46



PROYECTO DE NORMA MEXICANA

PROY-NMX-AA-003 / 1-SCFI-2008

AGUAS RESIDUALES – MUESTREO (TODAS LAS PARTES CANCELAN AL PROY NMX-AA-003- SCFI-2006)

WATER ANALYSIS.-RESIDUAL WATER SAMPLING

PARTE 1.

GUÍA PARA EL DISEÑO DE PROGRAMAS DE MUESTREO Y TÉCNICAS DE MUESTREO

**GUIDANCE ON THE DESIGN OF SAMPLING PROGRAMMES
AND SAMPLING TECHNIQUES**

0 INTRODUCCIÓN

El PROY-NMX-AA-003-SCFI-2006 fue publicado el día 6 de marzo de 2006 en el Diario Oficial de la Federación para consulta pública. En el año 2008 el Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales decidió volver a publicarlo, dado que cambió sustancialmente su contenido inicial.

Este proyecto de norma mexicana está formado por tres partes.

1 OBJETIVO

Esta norma mexicana describe los principios generales y proporciona las guías para el diseño de programas de muestreo y técnicas de muestreo en todos los



aspectos del muestreo de agua (incluyendo aguas residuales, lodos, efluentes y sedimentos del fondo).

Es aplicable a situaciones generales de muestreo, no incluye muestreo microbiológico.

2 REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de la presente norma mexicana, se deben consultar las siguientes normas mexicanas vigentes:

NMX-AA-089/1-SCFI-1986	Protección al ambiente calidad del agua-Vocabulario.- Parte 1
NMX-AA-089/2-SCFI-1992	Protección al ambiente-Calidad del agua-Vocabulario.- Parte 2

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones dados en NMX-AA-089/1- SCFI-1986 y NMX-AA-089/2- SCFI-1992 y aplican los siguientes.

3.1

Muestreo periódico

Proceso de toma de muestras en intervalos fijos que son dependientes del tiempo, del volumen o del flujo.

3.2

Muestreo en Perfil

Proceso de toma de muestras en localidades elegidas en un área específica mientras se mantienen otros parámetros (p. ej. profundidad, tiempo) tan constantes como sea posible.

3.3

Muestreo en un perfil de profundidad



Proceso de toma de muestras en profundidades seleccionadas en un área específica, manteniendo otros parámetros (p. ej. tiempo, profundidad) tan constantes como sea posible.

4 SEGURIDAD

La gran diversidad de condiciones encontradas en los cuerpos de agua muestreados y sedimentos del fondo, pueden exponer al personal de muestreo a una variedad de riesgos de seguridad y de salud. Se deben tomar precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos e ingestión de materiales tóxicos a través de las vías nasal, oral o cutánea. El personal responsable del diseño de los programas de muestreo y de las operaciones de muestreo, se debe asegurar que el personal de muestreo esté informado de las precauciones necesarias que se deben tomar durante las operaciones de muestreo.

Hay que poner atención a las regulaciones y propuestas de los requerimientos nacionales y/o regionales para la seguridad y la salud.

NOTA: Puede ser necesario tomar precauciones contra accidentes. Las situaciones más específicas se discuten en el apartado 5.3.

Se deben tomar en cuenta las condiciones climáticas con objeto de asegurar la seguridad del personal y el equipo y es esencial que lleven puestos los chalecos salvavidas y líneas de vida cuando se muestrean grandes masas de agua. Antes de muestrear aguas cubiertas con hielo, se debe checar cuidadosamente la localización, extensión y fragilidad del hielo. Si se emplea un aparato de respiración autónoma subacuático u otro equipo de buceo, siempre hay que verificarlo y darle mantenimiento de acuerdo con los estándares ISO o nacionales, para asegurar su integridad.

Los barcos o plataformas usados para propósitos de muestreo deben mantenerse en condiciones estables. En todas las aguas, se deben tomar precauciones relacionadas con los barcos comerciales y embarcaciones de pesca; por ejemplo, izar las banderas con señales correctas para indicar la naturaleza del trabajo que se está haciendo.

Se debe evitar, en la medida de lo posible, el muestreo en sitios inseguros, como riberas inestables en ríos. Si no es posible, la operación se debe realizar con equipo aplicando las precauciones adecuadas, en lugar de un simple operador. Siempre que sea posible, muestrear desde puentes, en lugar de la



ribera, a menos que las condiciones de la ribera sean tema específico del estudio.

El acceso seguro a los sitios de muestreo es esencial para un muestreo de rutina. Donde sea relevante, se deben tomar precauciones donde se presenten peligros naturales adicionales, tales como fauna o flora, que puedan poner en peligro la salud o seguridad del personal.

Los materiales peligrosos (p. ej. botellas que contengan ácidos concentrados) deben ser debidamente etiquetados.

Si los instrumentos u otros detalles del equipo se instalarán en una ribera del río con propósitos de muestreo, se deben evitar las localidades que son susceptibles a inundaciones o vandalismo, y tomar las precauciones apropiadas.

Se originan muchas otras situaciones durante el muestreo de agua cuando se toman precauciones especiales para evitar accidentes. Por ejemplo, algunos efluentes industriales pueden ser corrosivos o contener tóxicos o materiales inflamables. Los daños potenciales asociados con el contacto con desechos no debe ser subestimado; estos pueden ser debidos a gases, microbiológicos, virológicos o zoológicos, como amibas o helmintos.

El equipo de protección contra gas, equipos de respiración, equipos de resucitación y otros equipos de seguridad debe estar disponibles cuando el personal de muestreo necesite entrar a las localidades de muestreo que contienen atmósferas peligrosas. Además, debe ser medida la concentración de oxígeno y de cualquier probable tóxico o cualquier vapor o gas asfixiante que probablemente se presente, antes de que el personal entre a espacios cerrados.

En el muestreo de vapor y de descargas térmicas, es necesario un cuidado especial y aplicar las técnicas de muestreo diseñadas para eliminar los peligros.

El manejo de muestras radiactivas requiere especial cuidado y aplicar las técnicas especiales estrictamente.

El empleo de equipo de muestreo operado eléctricamente en o cerca del agua, puede presentar peligro de electrocución. Los procedimientos de trabajo, diseño del sitio y mantenimiento del equipo, deben ser planeados para minimizar estos peligros.



5 DISEÑO DE PROGRAMAS DE MUESTREO

5.1 Generalidades

Cada vez que se caracterice un volumen de agua, sedimentos del fondo o lodos, es generalmente imposible examinar el total, por lo que es necesario tomar muestras.

Las muestras son recolectadas y examinadas fundamentalmente por las siguientes razones:

- a) para determinar la concentración de los parámetros físicos, químicos, biológicos y radiológicos asociados en el espacio y tiempo.
- b) con sedimentos del fondo, para obtener una indicación visual de su naturaleza;
- c) para estimar el flujo de material
- d) para evaluar tendencias en el tiempo o el espacio
- e) para acatar a, lograr los, criterios, estándares u objetivos

Los programas de muestreo cuyo resultado sea una estimación estadística y de tendencias, deben ser diseñados considerando los criterios del error estadístico de muestreo por el cual estos errores son cuantificados, y como son aplicados para la toma de decisiones.

Las muestras recolectadas deben ser representativas tanto como sea posible con el conjunto a ser caracterizado y todas las precauciones deben ser tomadas para asegurar que, hasta donde sea posible, que las muestras no sufran ningún cambio en el intervalo entre el muestreo y el análisis (ver ISO 5667-3^[3] para una guía adicional). El muestreo de sistemas multifacéticos, tales como agua que contenga sólidos suspendidos o líquidos orgánicos inmiscibles, pueden presentar problemas especiales y en tales casos, se deben buscar recomendaciones específicas (ver Cláusula 6).

5.2 Objetivos generales para el diseño de programas de muestreo

Antes que sea aplicado cualquier programa de muestreo, es muy importante que los objetivos del programa sean cuidadosamente establecidos, ya que son factores fundamentales para determinar la ubicación de los sitios de muestreo, frecuencia de muestreo, duración del muestreo, procedimientos de muestreo, tratamiento subsecuente de las muestras y requerimientos analíticos. Es aconsejable considerar los niveles de exactitud y precisión necesarios para la



estimación de las concentraciones de la calidad del agua, así como la manera en la cual los resultados van a ser expresados y presentados; por ejemplo, como concentraciones máximas y/o mínimas de carga de masa, media aritmética, mediana, etc. El programa de muestreo debe ser diseñado de modo que permita estimar el error en estos valores que son afectados por el error de muestreo estadístico y errores en los análisis químicos.

Adicionalmente, debe ser recopilada una lista de parámetros de interés y consultar los procedimientos analíticos relevantes, ya que pueden proporcionar indicaciones sobre las precauciones a ser aplicadas durante el muestreo y el manejo subsecuente. (Guía general sobre el manejo de las muestras se presenta en ISO 5667-3^[3]).

Frecuentemente puede ser necesario llevar a cabo un muestreo preliminar y un programa de análisis antes de que se definan los objetivos finales. Es importante tomar en cuenta todos los datos relevantes de los programas previos en las mismas o similares localidades y alguna otra información sobre las condiciones locales. La experiencia previa del personal en programas o situaciones similares, puede ser muy valiosa cuando se plantee un nuevo programa por vez primera. Se debe poner suficiente empeño en el tiempo y el dinero al diseñar un programa de muestreo apropiado, ya que es una buena inversión que asegurará que la información requerida se obtenga de forma eficiente y económica; la omisión de dentro de este aspecto resulta en un fracaso en el programa y no alcanzar los objetivos y/o un gasto inútil de tiempo y dinero.

Se pueden distinguir tres grandes objetivos como sigue (esto está cubierto con más detalle en 8.2, 8.3 y 8.4):

- las mediciones de control de calidad dentro de plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales, empleadas para decidir sobre correcciones de procesos a corto plazo;
- las mediciones usadas para caracterizar y estimar la calidad, quizá es una parte de un proyecto de investigación, para establecer y medir los objetivos de funcionamiento contra los objetivos reglamentarios con propósitos de control a largo plazo o para indicar tendencias a largo plazo;
- Identificación y control de fuentes de contaminación.

El objetivo del programa puede cambiar de una caracterización de la calidad a un control de calidad y viceversa. Por ejemplo, un programa a largo plazo para la caracterización de nitratos puede convertirse en un programa de control de



calidad a corto plazo, que requiere incrementar la frecuencia de muestreo debido a que las concentraciones de nitratos alcanzan un valor crítico.

Ningún estudio simple de muestreo puede satisfacer todos los objetivos posibles. Por esto es importante que los programas de muestreo específicos sean optimizados para propósitos específicos de estudio, como los siguientes:

a) para determinar la adecuación del agua para un uso específico y, de ser necesario, evaluar cualquier tratamiento o requerimientos de control; por ejemplo, para examinar agua de un pozo de enfriamiento para alimentación de calderas o para un proceso o, en un manantial natural, como una posible fuente de agua para consumo humano;

b) para estudiar el efecto de las descargas de desechos, incluyendo derrames accidentales sobre cuerpos de agua receptores;

c) para evaluar el funcionamiento y control del agua, desechos y efluentes de plantas industriales, por ejemplo:

- 1) para evaluar las variaciones y cambios a largo plazo en la carga completa que entra a tratamiento;
- 2) para determinar la eficiencia de cada etapa en un proceso de tratamiento;
- 3) para proporcionar evidencia de la calidad del agua tratada;
- 4) para controlar la concentración de sustancias tratadas, incluyendo aquellas que constituyen un peligro para la salud o que pueden inhibir un proceso bacteriológico, y
- 5) para control de sustancias que pueden dañar las instalaciones de la planta o su equipo;

d) para estudiar los efectos de las corrientes de agua dulce y salina en un estuario, con objeto de proporcionar información sobre patrones de mezcla y la estratificación asociada con las variaciones en mareas y en flujos de agua dulce;

e) para identificar y cuantificar productos vertidos en los procesos industriales; esta información es necesaria cuando debe ser evaluado el balance de los productos a través de la planta y cuando las descargas del efluente deben ser medidas,

f) para establecer la calidad del agua en calderas, condensados de vapor y otras aguas recicladas, permitiendo evaluar su utilidad para un propósito particular;



- g) para controlar la operación de sistemas de enfriamiento de agua industriales; esto permitirá optimizar el uso del agua y, al mismo tiempo, minimizar los problemas asociados con la formación de incrustaciones y corrosión;
- h) para estudiar los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la calidad del agua de lluvia; esto proporciona información útil sobre la calidad del aire y también indica los problemas que se pueden originar, por ejemplo, en contactos eléctricos expuestos;
- i) para evaluar el efecto de aportes de la tierra sobre la calidad del agua, de materiales que se presentan naturalmente o contaminación por fertilizantes, pesticidas y químicos usados en la agricultura, o ambos;
- j) para evaluar el efecto de la acumulación y liberación de sustancias por sedimentos del fondo sobre la biota acuática en el cuerpo de agua o sedimentos del fondo;
- k) para estudiar el efecto de una captación, regulación de ríos o trasvases de río a río en cursos naturales de agua; por ejemplo, proporciones variables de aguas de diferente calidad pueden estar presentes en la regulación de un río y la calidad de las mezclas resultantes pueden fluctuar;
- l) para evaluar cambios en la calidad del agua que se presentan en los sistemas de distribución de agua para consumo humano; estos cambios pueden ocurrir por distintas razones, por ejemplo, contaminación, introducción de agua de una nueva fuente, desarrollo de crecimientos biológicos, incrustaciones o disoluciones de metales.

En algunas ocasiones, las condiciones pueden ser lo suficientemente estables y conocer las formas de variabilidad para que la información requerida y las estimaciones de los errores puedan ser obtenidos de un sencillo programa de muestreo. Pero, en la mayoría de las localidades, las características de calidad están sujetas a variaciones continuas en el tiempo y el espacio e, idealmente, las evaluaciones deberían ser continuas. Sin embargo, esto es frecuentemente muy costoso y en muchos casos, imposible de alcanzar. En ausencia de un monitoreo continuo de bajo error, y el uso de datos recolectados por muestreos, es vital tomar en cuenta el error estadístico del muestreo. Cuando se consideren programas de muestreo, se deben considerar las consideraciones especiales que se presentan en 5.3.

5.3 Consideraciones específicas relativas a la variabilidad



Los programas de muestreo pueden ser complejos en situaciones y localidades donde se presentan variaciones continuas amplias y rápidas en las características como concentraciones de parámetros de interés. Estas variaciones pueden ser debidas a factores como cambios extremos en temperatura, patrones de flujo o condiciones de operación de la planta (o como un análisis químico). El diseño de cualquier programa de muestreo debe tomar en cuenta esta variabilidad, ya sea por medio de una evaluación continua (ver Figura A.1) (aunque es frecuentemente muy costoso y en muchas situaciones imposible de realizar), o tomando en cuenta las siguientes recomendaciones.

- a) El programa deberá establecerse en términos de los requerimientos de técnicas que permitan la estimación del error estadístico del muestreo
- b) Se debe evitar el muestreo cerca de límites de sistemas, a menos que estas condiciones sean de interés especial,
- c) Se debe tener cuidado para eliminar o minimizar cualquier cambio en la concentración de los parámetros de interés que puedan ser producidos por el mismo proceso de muestreo, y asegurar que los cambios durante el periodo entre el muestreo y análisis, sea anulado o minimizado. Para una guía detallada de estos temas, se hace la referencia de ISO 5667-14^[14].
- d) El muestreo compuesto puede ser utilizado para proporcionar la mejor indicación de la composición promedio en un periodo de tiempo, previendo que el parámetro a ser medido sea estable durante el periodo de muestreo y análisis. Los datos derivados de un muestreo compuesto deben ser considerados como un tipo específico de datos en la base de datos, de tal modo que este tipo de datos no se confundan con muestras discretas. Debe tenerse en mente que las muestras compuestas son de poco valor en la determinación de condiciones puntuales trascendentes.

En condiciones de variabilidad extrema de flujo o de la concentración, o ambas (por ejemplo, efluentes intermitentes de plantas), puede haber una ventaja en el estudio de parámetros de las descargas o flujos, y hay que averiguar si el patrón es evidente, antes de operar un programa de muestreo particular.

5.4 identificación de la localidades de muestreo

Dependiendo de los objetivos a ser alcanzados (ver 5.2), la red de muestreo puede ser un sitio simple a, por ejemplo, captación de un río completo. Una red básica en un río puede incluir sitios de muestreo en el límite de influencia



de marea, los principales tributarios y su confluencia y principales descargas de desechos o efluentes industriales.

Al diseñar una red de muestreo de calidad del agua, es usual hacer una previsión para las mediciones de flujo en estaciones clave (ver cláusula 9).

Identificar las localidades de muestreo que permitan la recolección de muestras comparativas. En la mayoría de situaciones de muestreo en ríos, las localidades de muestreo pueden ser rápidamente establecidas por referencia a estructuras físicas sobre la orilla del río.

Para un estuario descubierto y la línea de costa, las localidades de muestreo pueden ser relacionadas similarmente con objetos estáticos, para un fácil reconocimiento. Para el muestreo desde una lancha en estas situaciones, se deben utilizar métodos instrumentales para la identificación de la localidad. Los mapas de referencia u otras formas estandarizadas de referencia pueden ser muy valiosos para cumplir esto.

6 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES QUE AFECTAN EL MUESTREO

El flujo puede cambiar de laminar a turbulento y vice-versa. Idealmente, las muestras deben ser recolectadas de líquidos bien mezclados en turbulencias, siempre que sea posible; la turbulencia se debe inducir en flujos laminares, excepto donde las muestras sean para la determinación de gases disueltos y materiales volátiles, cuya concentración puede ser alterada por la turbulencia inducida.

El personal de muestreo debe asegurarse que el “reflujo” puede provenir de otras partes del sistema y que no producirá contaminación en el punto de muestreo.

Los aportes “puntuales” discretos de material pueden presentarse en cualquier momento, por ejemplo, contaminantes disueltos, sólidos, materiales volátiles o capas superficiales de aceite. Estos deben ser recolectados dentro de cualquier programa de muestreo diseñado para producir muestras válidas y representativas.

Cuando se lleve a cabo un muestreo en tuberías, los líquidos deben ser muestreados a través del bombeo de tubos de tamaño adecuado y en velocidades lineales lo bastante altas para mantener las características del flujo



turbulento. Se deben evitar los tubos horizontales. Cuando se muestrean líquidos heterogéneos, utilizar tubos con un diámetro nominal de 25 mm.

Cuando los líquidos muestreados son corrosivos o abrasivos, debe ser tomada en cuenta la resistencia a estas condiciones. Se debe tener en mente un equipo barato y no es necesario usar un equipo caro químicamente resistente en un muestreo a corto plazo, si el equipo será rápidamente reemplazado y la contaminación de la muestra por productos corrosivos no es significativa.

Los programas de muestreo deben ser diseñados tomando en cuenta la variación de la temperatura en periodos largos y cortos, lo cual puede causar cambios en la naturaleza de la muestra y pueden afectar la efectividad del equipo usado para el muestreo.

El muestreo de aguas para sólidos suspendidos necesita un cuidado particular. La ISO 5667-17^[16] proporciona una guía sobre el muestreo de aguas para sólidos suspendidos, monitoreo e investigación de la calidad de las aguas dulces y, más particularmente, sistemas de flujos de aguas dulces como ríos y corrientes. Ciertos elementos de la ISO 5667-17^[16] se pueden aplicar a lagos de aguas dulces, presas y embalses; sin embargo, los programas de muestreo en campo pueden diferir y no necesariamente cubrirse dentro de la ISO 5667-17^[16].

El muestreo para los constituyentes volátiles se debe llevar a cabo con cuidado. El material a ser muestreado debe ser bombeado con un mínimo de fuerza de succión. Todos los tubos deben mantenerse dentro del agua al ser muestreada y la muestra recolectarse en un tubo presurizado, después de dejarla correr con algo de material de desecho, para asegurar que la muestra recolectada es representativa.

El muestreo de mezcla de aguas de diferentes densidades debe ser llevado a cabo con cuidado, por ejemplo, pueden formarse capas de aguas dulces o aguas salinas en un flujo de una corriente laminar.

La posible presencia de líquidos o vapores tóxicos y vapor explosivo que se pueda formar, deben ser siempre tomados en cuenta en una situación de muestreo.

Los cambios en las condiciones meteorológicas pueden inducir variaciones marcadas en la calidad del agua; tales cambios deben ser anotados y se consideren cuando se interpreten los resultados.



7 MUESTREO DE TIPOS ESPECÍFICOS DE AGUA

7.1 Aguas naturales

Los siguientes estándares dentro de la serie ISO 5667 proporcionan guías específicas sobre el muestreo dentro de un rango de aguas naturales y debe ser referido para recomendaciones específicas.

La ISO 5667-6^[6] proporciona una guía sobre el muestreo de ríos y corrientes.

La ISO 5667-8^[8] proporciona una guía sobre el muestreo de depósitos húmedos.

La ISO 5667-9^[9] proporciona una guía sobre el muestreo de aguas marinas.

La ISO 5667-19^[18] proporciona una guía sobre el muestreo de sedimentos en áreas marinas.

Para el muestreo en canales, se debe tomar en cuenta que la dirección del flujo puede ser cambiada y que el flujo puede variar considerablemente y ser más dependiente de la intensidad en la navegación (p. ej. el número de operaciones de cierre) y las condiciones climáticas prevalecientes.

También se debe tomar en cuenta que la estratificación y la corriente tienden a ser más pronunciadas bajo condiciones de reposo encontradas en canales más que en ríos. El paso de embarcaciones puede tener efectos a corto plazo muy marcados sobre la calidad del agua en un canal, especialmente sobre la concentración de sólidos suspendidos.

La ISO 5667-4^[4] proporciona una guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.

En lugares recreativos formados naturalmente, el muestreo se debe llevar a cabo como en los embalses y lagos (ver ISO 5667-4^[4]). En albercas con sistemas de recirculación, las muestras deben ser tomadas en la entrada, la salida y en el mismo cuerpo de agua.

La ISO 5667-11^[11] proporciona una guía sobre el muestreo en aguas subterráneas.

La ISO 5667-12^[12] proporciona una guía sobre el muestreo de material sedimentado de ríos interiores, corrientes, lagos, estuarios y zonas de bahía.



La ISO 5667-17^[16] proporciona una guía sobre el muestreo de sedimentos suspendidos.

La ISO 5667-18^[17] proporciona una guía sobre el muestreo de aguas subterráneas en sitios contaminados.

7.2 Aguas tratadas

7.2.1 Aguas industriales

Las aguas procesadas pueden incluir agua para uso de consumo humano, aguas de ríos y aguas de perforaciones y estas son usualmente homogéneas en composición y en un momento dado, aunque pueden variar en la calidad con el tiempo. El agua usualmente entra a la industria a través de un sistema de tubería convencional, y no se originan situaciones de muestreo especiales.

Es útil separar las fuentes industriales no potables, y tener cuidado especial para asegurar que los sistemas de distribución están claramente identificados y que no hay incertidumbre en los puntos de muestreo. Para comprobar que el agua es apta para consumo humano, las instalaciones deben ser accesibles para el muestreo. Si se requiere información sobre la calidad al final de una mezcla de aguas, es necesario asegurar que la mezcla es adecuada antes de que se realice el muestreo.

La ISO 5667-7 proporciona una guía sobre el muestreo de calderas.

7.2.2 Efluentes industriales y aguas de proceso

El muestreo de efluentes industriales se debe considerar con relación a la naturaleza y localización de cada efluente.

En general, los puntos de descarga de los efluentes industriales pueden ser descargas de tuberías o ductos abiertos ubicados en localidades remotas donde el acceso es difícil y no hay servicios disponibles. Alternativamente, los puntos de descarga pueden ser fácilmente accesibles dentro de las fábricas. Si es así, será necesario muestras de pozos hechos por el hombre y en tales casos, se requiere de equipo especialmente diseñado. El muestreo debe ser hecho por un hombre, por razones de seguridad, ya que el pozo está diseñado para permitir el muestreo desde afuera.

Es conveniente considerar la posibilidad de la presencia en la muestra de aguas residuales domésticas procedentes de las instalaciones y en



consecuencia, hay que seleccionar el punto de muestreo, de modo que permita eliminar estos desechos, de ser necesario.

Si la descarga del efluente es a una laguna o tanque de retención, entonces el muestreo es similar a los lagos.

En algunos casos (por ejemplo, descargas de unidades individuales en la planta antes de su posterior dilución), las concentraciones de ciertos constituyentes pueden presentar dificultades especiales que requieren de atención individual, como la presencia de grasas, altos niveles de sólidos suspendidos, efluentes altamente ácidos y líquidos, o gases inflamables.

Cuando los efluentes de descargas de una variedad de procesos entran en un sitio común, se requiere de una mezcla adecuada con objeto de obtener una muestra satisfactoria.

7.2.3 Aguas y lodos de desecho

7.2.3.1 La ISO 5667-10 proporciona una guía sobre el muestreo de aguas de desecho. Esto puede incluir un amplio rango de lodos químicos que se producen en el tratamiento industrial del agua, como los que contienen metales tóxicos o materiales radiactivos, o lodos biológicos de los efluentes de las plantas de tratamiento. Cuando se muestrean tales lodos, se deben aplicar precauciones de seguridad apropiadas. La ISO 5667-13^[13] proporciona una guía sobre el muestreo de lodos industriales derivados del tratamiento de aguas y aguas de desecho.

Se pueden requerir muestras de los lodos totales que entran en la planta de tratamiento y también de las varias etapas de tratamiento, incluyendo muestras del efluente ya tratado.

7.2.3.2 La ISO 5667-13 da una guía sobre el muestreo de lodos de tratamiento de aguas de desecho, de tratamiento de aguas y de procesos industriales. Es aplicable a todos los tipos de lodos generados en estos trabajos y también a lodos de características similares, por ejemplo, lodos de tanques sépticos. La guía también presenta el diseño de programas de muestreo y técnicas para la recolecta de muestras.

La descarga de tales aguas normalmente se presenta cuando los flujos del cuerpo de agua receptor son altos y la dilución que se genera es grande. Por diversas razones, los sobre flujos de desechos de aguas de tormentas pueden influenciar en algún momento y la corriente superficial se contamina, alcanzando el sobre flujo y puede representar una seria amenaza para la



calidad del curso de agua, aun bajo condiciones de flujo alto. El muestreo de tales descargas presenta problemas especiales debido a su naturaleza intermitente y debido a su calidad que puede cambiar marcadamente a través del periodo de descarga. La calidad es peor en el primer flujo de la descarga, como resultado de su escurrimiento en áreas de desecho e impermeables. Los dispositivos automáticos de muestreo que recolectan muestras a intervalos regulares y que inician el muestreo cuando es preestablecido el flujo, ofrece muchas ventajas, pero este equipo necesitará ser instalado en forma permanente en los registros. En muchos casos, es preferible la colocación del equipo para un muestreo dependiente del flujo. La naturaleza usualmente altamente heterogénea de los desechos de tormenta, originan problemas para la obtención de una muestra representativa y bloquean en equipo. Debe ser tomada en cuenta esta heterogeneidad cuando sean seleccionadas las técnicas de muestreo y equipo.

Deben ser recolectados los datos de las precipitaciones relevantes y la temperatura del aire a lo largo del periodo de investigación.

7.2.4 Agua destinada para consumo humano y agua usada en alimentos y bebidas.

La guía es proporcionada en la ISO 5667-5^[5]

8 TIEMPO Y FRECUENCIA DEL MUESTREO

8.1 Generalidades

Normalmente se requiere información sobre un periodo de tiempo durante el cual la calidad del agua puede variar. Por lo tanto, las muestras deben ser tomadas en tiempos que representen adecuadamente su calidad y sus variaciones con un mínimo esfuerzo. El programa de muestreo debe ser diseñado para tomar en cuenta los ciclos estacionarios y diurnos y considerar los ciclos de la semana de trabajo, así como eventos pasajeros, o persistencias en tendencias a largo plazo. Este sistema contrasta con la selección de la frecuencia de muestreo basada en consideraciones objetivas o de medios disponibles para el muestreo y el análisis. Ambos métodos pueden generar un muestreo totalmente inadecuado o, en teoría, una frecuencia de muestreo no necesaria.

Puede ser necesario incrementar la frecuencia de muestreo mientras persistan las condiciones anormales, por ejemplo, durante la puesta en marcha del proceso de la planta, durante las condiciones de flujo en un río o en momentos



de florecimientos algales. Al calcular las tendencias a largo plazo, los resultados obtenidos de estas muestras pueden ser usados solo para permitir que se haga un incremento en la frecuencia, y estas muestras sean consideradas en el momento y el periodo de muestreo intenso, recibiendo un peso adecuado.

8.2 Programas de manejo de la calidad del agua

Los programas de manejo de la calidad del agua usualmente incluyen el control de la concentración de uno o más parámetros dentro de límites definidos. Se requieren los resultados con objeto de decidir si es necesaria una acción inmediata. Por lo tanto, la frecuencia del muestreo debe ser elegida para asegurar que se identificarán las desviaciones importantes fuera de los límites de control entre las sucesivas mediciones. Hay dos factores fundamentales que fijan esta frecuencia:

- a) La magnitud y duración de las desviaciones de las condiciones deseadas;
- b) Las probabilidades de ocurrencia de las desviaciones de las condiciones deseadas,

Frecuentemente, solo son posibles definiciones aproximadas de estos factores, pero una estimación razonable puede generar un valor de trabajo para poder deducir la frecuencia de muestreo.

8.3 Programas de caracterización de la calidad

Los programas para la caracterización de la calidad auxilian a estimar uno o más parámetros estadísticos que caracterizan la concentración de uno o más parámetros o su variabilidad durante un periodo definido, o ambos. Por ejemplo, la media o mediana indican la tendencia central de los resultados y la desviación estándar indica la variabilidad. Los resultados pueden ser necesarios como parte de una investigación o para la caracterización de parámetros que no necesitan ser controlados comúnmente, o para propósitos de control a largo plazo.

8.4 Programas de investigación de las causas de la contaminación.

Los programas para investigación de las causas de contaminación deben ser diseñados para determinar la caracterización de las descargas contaminantes de origen desconocido.



Se basan generalmente en el conocimiento de la naturaleza o naturalezas de los contaminantes, y la coincidencia de la periodicidad de la aparición de la contaminación y del muestreo.

Estos criterios son necesarios para el muestreo, en contraste con los aplicados en el manejo de la calidad del agua y la caracterización de la calidad, y deben ser efectuados con una frecuencia relativamente alta con relación a la frecuencia con la aparición de la contaminación.

Frecuentemente, el inventario de muestreo de un gran número de localidades, es útil para ubicar fuentes de contaminantes no documentadas.

8.5 Consideraciones estadísticas

8.5.1 Establecimiento de los programas de muestreo

En cualquier programa, los tiempos y frecuencias de muestreo pueden ser decididos convenientemente después de un trabajo preliminar detallado, en el cual es necesaria una alta frecuencia en el muestreo para obtener la información en la cual se aplicarán las técnicas estadísticas. Una vez que la frecuencia de muestreo ha sido decidida, los datos obtenidos deben ser revisados regularmente para hacer modificaciones cuando se requiera.

Cuando se esperan variaciones en la calidad, ya sean aleatorias o sistemáticas, los valores obtenidos para los parámetros estadísticos, tales como la media aritmética, desviación estándar, valores máximos y percentiles, son solo estimaciones de los parámetros verdaderos que generalmente difieren entre ellos. En este caso, las variaciones puramente aleatorias, las diferencias entre estas estimaciones y los valores verdaderos, se pueden calcular estadísticamente, y disminuyen a medida que aumenta el número de muestras.

La determinación de los intervalos de confianza y el número de muestras usando la fórmula definida abajo, es un ejemplo del cálculo anterior, utilizando un método estadístico aplicado a la media aritmética, asumiendo que la distribución normal se presenta en los datos. La terminología usada está de acuerdo con la ISO 3534^[2] (en todas sus partes) a la cual conviene referirse en cuanto a la definición de los términos utilizados. Para un tratamiento de cálculo completo de la media en términos de intervalos de confianza, se debe hacer referencia a la ISO 2602^[1].



Para cálculos más complejos que incluyan la evaluación de las frecuencias del muestreo, es necesario determinar otros parámetros estadísticos (p. ej. valores percentiles).

Para información general sobre las técnicas estadísticas útiles para juzgar la incertidumbre de los resultados del muestreo de la calidad del agua, referirse a la *Guía para la expresión de las incertidumbres en las medidas (GUM)* ^[24].

En la práctica, el intervalo de confianza, L , o de la media de n resultados, define el intervalo en el cual se tienen las medias verdaderas en un nivel de confianza dado.

El nivel de confianza es la probabilidad de que la media verdadera esté incluida dentro del intervalo de confianza calculado, L . Un intervalo de confianza para el valor medio de una concentración, calculado con base en n resultados de una muestra y a un nivel de confianza de 95%, las medias que tengan una probabilidad de 95%, entonces el intervalo contiene la media verdadera (p. ej. solo un 5% de probabilidad de que el valor verdadero esté fuera de este intervalo).

Para el caso en que se tome una gran serie de muestras, la frecuencia de los casos en los cuales el intervalo incluye la media verdadera, debe ser cercana al 95%.

Para un número de resultados, n , tomados al azar, estimar la media verdadera, μ , y la desviación estándar, σ , que es la media aritmética, $\bar{x}$, y s respectivamente, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]}$$

donde x_i representa los valores individuales.

Cuando n es grande, difiere poco del valor de σ , y el intervalo de confianza de μ , calculado a partir del número de resultados, n , es $\pm K \sigma / \sqrt{n}$, donde K tiene el valor indicado en la Tabla 1, dependiendo del nivel de confianza adoptado. Para estimar la media de un intervalo de confianza L dado, al nivel de confianza elegido, el número de muestras necesario es $(2K \sigma L)^2$. Esto es estrictamente verdadero solo cuando σ es conocido. Se pueden requerir más muestras cuando solo está disponible un estimado, s , aunque esto puede tener



poca diferencia con el valor de K si se basa en un número relativamente grande de muestras (generalmente ≥ 150). Cuando la estimación se basa en menos de 30 muestras, estrictamente hablando, ' K ' debe ser sustituida por el valor t -Student (obtenido de las tablas de los puntos porcentuales de la función de distribución t).

Tabla 1 – valores de K

Nivel de confianza (%)	99	98	95	90	80	68	50
K	2,58	2,33	1,96	1,64	1,28	1	0,6

8.5.2 Variaciones aleatorias y sistemáticas de la calidad del agua

Las variaciones aleatorias comúnmente tienen una distribución normal o log normal. Las variaciones sistemáticas pueden ser variaciones cíclicas o dirigidas, y pueden presentarse las combinaciones de las dos. La naturaleza de la variabilidad puede ser diferente para parámetros diferentes en el mismo cuerpo de agua. Si las variaciones aleatorias son dominantes, los tiempos de muestreo generalmente no son estadísticamente importantes, aunque pueden ser importantes para propósitos de control de calidad.

Si se presentan variaciones cíclicas, los tiempos de muestreo son importantes y es necesario caracterizar los cambios que ocurren en todo el ciclo, o para detectar concentraciones máximas y mínimas de interés. Los tiempos de muestreo deben estar espaciados aproximadamente igual que estos periodos. En cada una de las situaciones anteriores, el número de muestras debe ser determinado en gran medida por las consideraciones estadísticas indicadas anteriormente.

En los casos en donde las variaciones son cíclicas (p. ej. variaciones diurnas o mes con mes) y el objetivo del programa de muestreo es solo detectar los cambios sistemáticos en la calidad que han ocurrido entre un periodo definido y otro (p. ej. en dos periodos anuales sucesivos), el programa de muestreo más eficiente es efectuar el muestreo el mismo día de la semana y en el mismo momento del día, para evitar la necesidad de evaluar las variaciones en calidad que no son de interés.

En cada una de las situaciones anteriores, el número de muestras debe estar determinado por las consideraciones estadísticas descritas anteriormente. Si las variaciones cíclicas o las variaciones sistemáticas están ausentes o son pequeñas, comparadas con las fluctuaciones aleatorias, el número de muestras a ser tomadas necesitan ser suficientes para permitir la incertidumbre aceptable en el parámetro estadístico, obteniendo así el nivel de confianza



elegido. Por ejemplo, si la distribución normal aplica, de acuerdo con lo anterior, el intervalo de confianza L , de la media de n resultados en un nivel de confianza elegido, se da por la ecuación:

$$L = \frac{2K\sigma}{\sqrt{n}}$$

donde σ es la desviación estándar de la distribución.

Si se requieren intervalos de confianza del 10% de la media, el nivel de confianza requerido es del 95% y la desviación estándar de 20% de la media, entonces:

$$10 = \frac{2 \times 1,96 \times 20}{\sqrt{n}}$$

de aquí:

$$n = 7,84^2$$

y

$$n = 61$$

por tanto, n es de 61 muestras.

Esto indica una frecuencia de muestreo de 2 muestras por día si el periodo de interés fue de 1 mes o entre 1 y 2 muestras por semana si el periodo de interés fuera de 1 año.

La ISO 5667-14^[14] proporciona una guía sobre la selección y uso de varias técnicas de aseguramiento de la calidad, relacionadas con el manual de muestreo de aguas superficiales, aguas potables, aguas residuales, aguas marinas y aguas subterráneas.

Los principios generales descritos en ISO 5667-14 pueden, en algunas circunstancias, ser aplicables a los muestreos de lodos y sedimentos.

8.6 Duración del muestreo y muestras compuestas



Si solo es de interés el promedio de la calidad durante un periodo, y se establece que la determinación es estable, puede ser útil alargar para la duración de la recolecta de muestras y preferiblemente durante el periodo de interés.

Este principio es similar a la preparación de las muestras compuestas. Ambas formas reducen el trabajo analítico a expensas del conocimiento de las variaciones en calidad.

9 MEDICIONES DE FLUJO Y SITUACIONES QUE JUSTIFICAN LAS MEDICIONES DE FLUJO PARA PROPÓSITOS DE CALIDAD DEL AGUA

9.1 Generalidades

El control de desechos y tratamiento de efluentes y el manejo de la calidad de las aguas naturales, usando técnicas de modelación matemática, han incrementado la importancia de los datos del flujo. Por ejemplo, la carga contaminante no puede ser evaluada sin medidas del flujo. Este apartado indica los principios del flujo que deben ser tomados en cuenta cuando se establece un programa de muestreo. Sin embargo, como las mediciones de flujo no se hacen normalmente por los científicos que analizan el agua, los detalles prácticos no están incluidos. Para esto, la referencia debe ser hecha a los Estándares Internacionales apropiados preparados por ISO/TC 30, *Mediciones de flujo de fluidos en conductos*, y por ISO/TC 113, *Hidrometría*.

Hay cinco aspectos del flujo que son necesarios medir, estos son:

- a) Dirección del flujo
- b) Velocidad de flujo
- c) Tasa de descarga
- d) Estructura del flujo
- e) Área en sección transversal

9.2 Dirección del flujo

En la mayoría de los cursos de agua interiores, la dirección del flujo es evidente, pero en los canales de navegación y canales de drenaje no siempre, ya que la dirección del flujo puede variar con el tiempo y hay una posibilidad de una dirección en reversa y aun en contra flujo. Los ríos también pueden mostrar reflujo en turbulencias o en otras circunstancias.



El conocimiento del patrón de flujo en aguas subterráneas dentro de un acuífero es de primordial importancia en la evaluación de las consecuencias de la contaminación de los acuíferos y al seleccionar sitios para hacer perforaciones para el muestreo.

En procesos de tratamiento, el patrón del movimiento del agua en tanques afecta la mezcla del contenido, y debe ser tomada en cuenta la materia sedimentada o suspendida, para asegurar que la muestra recolectada es representativa.

En estuarios y aguas costeras, es frecuentemente necesario medir la dirección del movimiento del agua como una parte esencial del programa de muestreo. La dirección y velocidad pueden ser altamente variables, dependiendo de las corrientes de marea modificadas por las condiciones meteorológicas y otros factores y condiciones.

9.3 Velocidad del flujo

La velocidad de la corriente es importante:

- a) En el cálculo de la tasa de descarga
- b) Al calcular la velocidad media o tiempo de desplazamiento en el cual, para propósitos de calidad del agua, es el tiempo requerido para que un cuerpo de agua dado se mueva a través de una distancia determinada.
- c) En la evaluación del efecto de turbulencia y de la mezcla del cuerpo de agua producida por la velocidad

9.4 Tasa de descarga

La tasa de descarga es el volumen de líquido que pasa en un punto dado por unidad de tiempo (ver Figura A.2). La información sobre las tasas medias y extremas de la descarga son esenciales para el diseño y operación de los efluentes, desechos y plantas de tratamiento de aguas, y para establecer los límites racionales de calidad para salvaguardar los cursos de agua naturales.

9.5 Estructura del flujo

La estructura del flujo puede influenciar considerablemente la tasa de mezcla vertical y lateralmente. Se debe tener cuidado al evaluar el flujo si es un canal confinado, en varios canales (p. ej. entrelazados) y si están presentes o no turbulencias. Idealmente, las muestras deben ser recolectadas de un canal simple bien mezclado; por ejemplo, las observaciones de la estructura del flujo



en varios canales y turbulencias, sugiere que las muestras puedan no ser representativas.

9.6 Sección transversal

Las secciones transversales de muestreo pueden tomarse de aproximadamente un canal profundo rectangular en un extremo, de someros y amplios, angostos y profundos. Estas estructuras afectan la mezcla y la erosión, y pueden cambiar en el tiempo en corrientes naturales y canales artificiales.

9.7 Justificación de las mediciones de flujo en el manejo y control de calidad del agua

9.7.1 Cargas en plantas de tratamiento

Son necesarios los datos del flujo, con objeto de evaluar la carga contaminante de la planta de tratamiento. Esto puede requerir de realizar mediciones en los puntos de descarga de un sistema de desechos, como en la propia instalación. Si el agua residual a ser tratada varía en cantidad o calidad con el tiempo, es necesario un registro de descarga de flujo continuo para obtener un estimado real de la carga. Frecuentemente, las muestras compuestas son hechas con muestras mezcladas en relación al flujo registrado en el momento del muestreo. El costo comercial de tratamiento de efluentes descargados a drenajes públicos es directamente proporcional a la calidad y volumen del efluente descargado.

9.7.2 Efectos de dilución (cálculo del flujo)

Cuando se evalúan los efectos por el vertido a un cuerpo de agua receptor y los límites de contaminación que deben ser impuestos en dicho medio, se aconseja evaluar completamente los efectos de dilución provocados sobre el sistema de alcantarillado receptor. Mientras que se lleva a cabo el muestreo, la descarga de sustancias peligrosas a drenajes públicos debe ser controlada para que el personal de muestreo, en drenajes y procesos de tratamiento, no sean afectados adversamente.

9.7.3 Cálculos del flujo de masa

Los cálculos del flujo de masa son ampliamente usados para establecer límites permisibles para descargas y para evaluar los efectos mayores y menores en la calidad del río. Tales cálculos son fundamentales para modelar la calidad en un río completo y en sistemas de estuarios que se basan frecuentemente en datos típicos de flujos medios de descargas. Las técnicas para modelación dinámica



requieren de datos de flujo continuo y valores de frecuencia de flujo calculados.

9.7.4 Transporte de contaminantes y tasas de recuperación

Si la concentración de un contaminante en una descarga varía con el tiempo, se puede obtener una estimación real de la dispersión o degradación del contaminante si la tasa de transporte del contaminante a partir del punto de descarga es conocida. A partir de aquí, se puede aplicar un programa de muestreo para un río o estuario para muestras de un mismo cuerpo de agua a medida que se mueve a lo largo del curso de agua.

Cuando un derrame accidental de contaminantes entra al curso de agua, el conocimiento del tiempo requerido para que el contaminante alcance disminuciones aguas abajo es fundamental en la evaluación de esta contaminación.

9.7.5 Parámetros relacionados con el flujo

Las concentraciones de ciertos parámetros de calidad del agua, tales como la dureza temporal o el cloro, se han encontrado, en ciertas circunstancias, que se relacionan con la tasa de flujo en ríos y corrientes, usualmente sobre un intervalo limitado. Si están disponibles registros que relacionen con las concentraciones en la tasa de flujo, se puede hacer un estimado de la calidad del agua en relación con estos parámetros, a partir de las medidas de la tasa de flujo. Hay que verificar a intervalos, para averiguar que estas interrelaciones permanecen como válidas.

9.7.6 Aguas subterráneas

Una evaluación real de los riesgos de contaminación en fuentes de aguas subterráneas y las tasas esperadas de recuperación de ellas, requiere de un conocimiento de la dirección y velocidad del movimiento de las aguas subterráneas. Esta información puede ser usada para evitar la dificultad y costo del muestreo en aguas subterráneas para evaluar la contaminación.

9.8 Métodos disponibles para las mediciones de flujo

9.8.1 Las mediciones pueden ser discretas, como las que se hacen por el uso de boyas en un estuario o lecturas directas con un medidor de corrientes en un río, o pueden ser continuas, como las realizadas con flujómetros en la mayoría de las descargas.



9.8.2 La dirección y velocidad puede ser medida con:

- a) boyas
- b) flotadores y redes flotantes
- c) trazadores químicos (incluyendo colorantes)
- d) trazadores microbiológicos
- e) trazadores radiactivos

9.8.3 La velocidad puede ser medida usando:

- a) medidores de corriente, lecturas directas o con registradores
- b) técnicas ultrasónicas
- c) técnicas electromagnéticas
- d) técnicas neumáticas

9.8.4 La descarga puede ser determinada usando:

- a) mediciones de velocidad hechas en un canal de área transversal conocida
- b) medios mecánicos directos, como una cubeta inclinada o un medidor de agua estándar
- c) mediciones del nivel del agua arriba de una restricción en el flujo como un vertedor o un canal; el nivel se puede medir:
 - 1. visualmente por medio de una escala de aforo,
 - 2. automáticamente, por medio de un flotador, cambios en la resistencia eléctrica, presión diferencial, fotográficamente o acústicamente
- d) los siguientes medios en un canal cerrado:
 - 1. diferencias de presión a través de una garganta venturi
 - 2. diferencias de presión a través de una placa perforada
 - 3. velocidad de bombeo, multiplicada por la duración del bombeo
 - 4. electromagnéticamente con técnicas de ultrasonido y otras
 - 5. aforo de la dilución, llevando a cabo mediciones de la mancha de la descarga en cursos de agua naturales

10 Técnicas de muestreo

10.1 Generalidades

Hay muchas situaciones de muestreo, algunas de las cuales pueden ser satisfechas por una toma simple de muestra puntual, mientras que otras requieren instrumental sofisticado y equipo de muestreo.



Los diferentes tipos de muestreo son examinados totalmente con detalle en ISO 5667-4^[4] y en partes siguientes de la ISO 5667 y la referencia debe ser hecha a ésta, siempre que se requiera.

Puede ser necesario obtener datos analíticos para indicar la calidad del agua por la determinación de parámetros como las concentraciones de materia inorgánica, minerales disueltos o químicos, gases disueltos, material orgánico disuelto y materia suspendida en el agua o sedimentos del fondo en un tiempo y localidad específicos y en algún intervalo de tiempo específico, en una localidad particular.

Ciertos parámetros, como la concentración de gases disueltos, pueden ser medidos *in situ* si es posible, para obtener resultados seguros. Los procedimientos de preservación de las muestras deben llevarse a cabo en casos apropiados –ver ISO 5667-3^[3] para una guía.

Deben ser usadas muestras diferentes para análisis químicos, microbiológicos y biológicos debido a que los procedimientos y equipo para su recolecta y manejo son diferentes e incompatibles.

Las técnicas de muestreo variarán de acuerdo a situaciones específicas. Los diferentes tipos de muestreo y programas de muestreo asociados se describen en el capítulo 7.

Es necesario diferenciar entre el muestreo de aguas en movimiento y estancadas. Las muestras puntuales (10.2) y muestras compuestas (10.6) son aplicables a aguas estancadas y en movimiento. El muestreo periódico (10.3) y el muestreo continuo (10.4) son aplicables a aguas en movimiento, mientras que si se muestrea en serie (10.5), es más aplicable a las aguas estancadas.

10.2 Muestras puntuales

Las muestras puntuales son muestras discretas, usualmente se recolectan manualmente pero también pueden ser recolectadas automáticamente, para aguas superficiales a profundidades específicas y en el fondo.

Normalmente, cada muestra es representativa de la calidad del agua únicamente en el momento en el cual es tomada. El muestreo automático es equivalente a una serie de muestras tomadas en un momento preseleccionado o en base a un intervalo de flujo.

Las muestras puntuales se recomiendan si el flujo de agua a ser muestreado no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes y



si el uso de una muestra compuesta puede ocultar diferencias de interés entre las muestras individuales, debido a las variaciones enmascaradas en corto plazo o aun en reacciones entre ellas.

Las muestras puntuales deben también realizarse, cuando sea posible, en investigaciones de la posible existencia de contaminación o en fuentes que indican su extensión o, en caso de una recolecta automática de muestras discretas, para determinar el tiempo del día cuando los contaminantes están presentes. También pueden ser tomadas como guía en el establecimiento de uno o más programas de muestreo extensivo. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo de un programa de muestreo es estimar el cumplimiento de límites de calidad del agua y no relacionados a la calidad promedio. Las muestras puntuales deben ser tomadas para la determinación de parámetros inestables como la concentración de gases disueltos, cloro residual y sulfuros solubles.

10.3 Muestras periódicas (discontinuas)

10.3.1 Muestras periódicas tomadas a intervalos de tiempo fijos (en función del tiempo)

Estas muestras son tomadas usando un mecanismo de tiempo para iniciar y terminar la recolecta de agua durante un intervalo específico (ver Figura A.3). Un procedimiento común es bombear la muestra dentro de uno o más recipientes en un periodo fijo, a manera de depositar un volumen determinado en cada recipiente.

NOTA: El parámetro de interés puede condicionar el intervalo de tiempo.

10.3.2 Muestras periódicas tomadas en intervalos de flujo fijos (en función del volumen)

Estas muestras pueden ser tomadas cuando las variaciones en los criterios de calidad del agua y la tasa del flujo del efluente no están interrelacionados. Para cada unidad de volumen del flujo del líquido, se debe tomar una muestra controlada sin considerar el tiempo (ver Figura A.4).

10.3.3 Muestras periódicas tomadas a intervalos de flujo fijos (en función del flujo)

Estas muestras son tomadas cuando las variaciones en la calidad del agua y la tasa del flujo del efluente no están interrelacionadas. A intervalos constantes



de tiempo, son tomadas las muestras de diferentes volúmenes, siendo que el volumen depende del flujo (ver Figura A.5).

10.4 Muestras continuas

10.4.1 Muestras continuas tomadas en tasas de flujo fijas (muestras continuas en función del tiempo)

Las muestras pueden ser tomadas por esta técnica en una tasa fija de flujo (ver Figura A.6) y contiene todos los constituyentes presentes durante un periodo de muestreo, pero en muchos casos, no proporcionan información acerca de la variación de concentraciones de parámetros específicos durante el periodo de muestreo.

10.4.2 Muestras continuas tomadas en tasas variables de flujo (muestras continuas en función de flujo)

Las muestras también pueden ser tomadas en muestras de tasas variables de flujo en proporción con el flujo del agua a ser muestreada (ver Figura A.7). En este caso, las muestras recolectadas proporcionales al flujo, son representativas de la calidad del agua. Si el flujo y la composición varían, las muestras de flujo proporcional pueden detectar variaciones que pueden no ser observadas por el uso de muestras puntuales, a condición de que las muestras permanezcan discretas y se tome un número suficiente de muestras para diferenciar entre los cambios en la composición. Consecuentemente, esto es el método de muestreo más preciso en aguas con flujo y la tasa de flujo y la concentración de contaminantes de interés varían significativamente.

10.5 Muestreo en serie

El muestreo en serie puede implicar un número de muestras recolectadas a varias profundidades en un cuerpo de agua de una localidad específica (muestras en perfil de profundidad), o una serie de muestras de agua tomadas a una profundidad particular de un cuerpo de agua en varias localidades (muestras de perfil de área).

10.6 Muestras compuestas

Las muestras compuestas pueden ser obtenidas manual o automáticamente, independientemente del tipo de muestreo (en función del tiempo, flujo o del volumen). Se recolectan muestras continuas que se mezclan para obtener muestras compuestas. Las muestras compuestas proporcionan datos promedio de la composición; antes de combinar las muestras, se debe verificar que estos



datos son los requeridos o que el (los) parámetro(s) de interés no varían significativamente durante el periodo de muestreo. Las muestras compuestas son valiosas en casos cuando hay que cumplir los límites que se basan en el promedio de la calidad del agua.

10.7 Muestras de volúmenes grandes

Algunos métodos de análisis para ciertos parámetros requieren el muestreo de un gran volumen de agua, que va de 50 L a varios metros cúbicos. Estas grandes muestras son necesarias, por ejemplo, cuando se analizan pesticidas o microorganismos que no pueden ser cultivados. La muestra puede ser recolectada de una forma convencional, con gran cuidado para asegurar la limpieza del contenedor o tanque donde se almacene la muestra, o pasando un volumen medido a través de un cartucho absorbente o filtro, dependiendo del parámetro. Por ejemplo, un cartucho de intercambio iónico o un cartucho de carbón activado se pueden usar para muestras de algunos pesticidas.

Los detalles precisos del siguiente procedimiento dependen del tipo de agua a muestrear y los parámetros. Se debe usar una válvula reguladora para controlar el flujo a través del cartucho o filtro en fuentes bajo presión. Para la mayoría de los parámetros, se debe colocar una bomba después del filtro o cartucho y el medidor. Si el parámetro es volátil, la bomba debe ser colocada tan cerca como sea posible del punto de muestreo, con el medidor colocado después del filtro o cartucho.

Cuando se muestrea un agua turbia conteniendo sólidos suspendidos que pueden taponar el filtro o cartucho, o si la cantidad del parámetro requerido para el análisis excede la capacidad de los filtros o cartuchos del mayor tamaño disponible, debe ser usada una serie de filtros o cartuchos dispuestos paralelamente, con múltiples entradas y salidas provistos con llaves de paso. Inicialmente, el flujo de muestreo debe ser dirigido a través de un filtro o cartucho, y cuando la tasa de flujo decrece significativamente, el flujo será desviado a otros que no reciben el flujo. Si hay peligro de que el filtro o cartucho sean sobrecargados, entonces los filtros o cartuchos deben ser conectados en línea secuencial antes de que el original se agote, y después se detiene el flujo que se dirige al cartucho agotado.

Cuando se use más de un filtro o cartucho, deben ser tratados en conjunto y considerarlos como una muestra compuesta. Si el agua de desecho del muestreo es regresada al cuerpo de agua muestreado, es esencial que sea retornada a suficiente distancia del punto de muestreo, para que no haya influencia en el agua a ser muestreada.



11 EQUIPO DE MUESTREO

11.1 Generalidades

Para situaciones específicas de muestreo, las referencias se deben hacer a la ISO 5667-3^[3]; las guías dadas aquí son para apoyar la selección de materiales de aplicación general. Los constituyentes químicos (parámetros) en agua, los cuales son analizados para evaluar la calidad del agua, se encuentran en intervalos de concentración de cantidades en sub-microgramos o cantidades traza a cantidades importantes. Los problemas más frecuentemente encontrados consisten en la adsorción de parámetros químicos sobre las paredes del muestreador o recipiente de la muestra, contaminación previa al muestreo causada por una inapropiada limpieza del muestreador o recipiente de la muestra, y contaminación de la muestra por el material constituyente del muestreador o recipiente de la muestra.

El recipiente de la muestra debe estar diseñado para preservar la composición de la muestra evitando pérdidas debidas a la adsorción y volatilización o de la contaminación por sustancias extrañas.

El recipiente de la muestra usado para recolectar y almacenar la muestra debe ser elegido después de considerar, por ejemplo, la resistencia a las temperaturas extremas, resistencia a fracturas, fácil de etiquetar y reabrir, tamaño, forma, disponibilidad, costo, posibilidad para limpiarlo y su reuso, etc.

Se recomienda que se solicite un informe detallado al analista, sobre la selección final del recipiente de muestra y el equipo de muestreo.

Se deben tomar precauciones para prevenir que las muestras se congelen, particularmente cuando se usen recipientes de muestra de vidrio. Se recomienda el polietileno de alta densidad como un material del recipiente para determinaciones de sílice, sodio, alcalinidad total, cloruros, conductividad específica, pH y determinaciones de dureza en agua. Para materiales sensibles a la luz, se debe usar vidrio absorbente de luz. El acero inoxidable debe ser considerado para la toma de muestras de agua en altas temperaturas o presiones, o cuando se muestrean concentraciones traza de material orgánico.

Las botellas de vidrio son generalmente (pero no siempre) útiles para compuestos químicos orgánicos y especies biológicas, y los recipientes de plástico para radionúclidos. Es importante notar, sin embargo, que el equipo de muestreo de estos materiales frecuentemente tiene juntas de neopreno¹⁾ y



válvulas lubricadas con aceite. Estos materiales no son satisfactorios para muestras de análisis orgánicos y microbiológicos.

¹⁾ El neopreno es un nombre comercial de la Compañía DuPont para una familia de policloroprenos. La información es dada para conveniencia de los usuarios de esta parte de la norma mexicana y no constituye un respaldo para el producto mencionado. Se pueden usar productos equivalentes si se puede mostrar que generan los mismos resultados.

En adición a las características físicas deseables descritas anteriormente, los recipientes de muestras usados para recolectar y almacenar las muestras deben ser seleccionados tomando en cuenta el siguiente criterio predominante (especialmente cuando los constituyentes a ser analizados estén presentes en cantidades traza):

- a) Minimización de la contaminación de la muestra de agua por el material del cual en recipiente o su tapón está fabricado, por ejemplo, lixiviados de constituyentes inorgánicos del vidrio (especialmente vidrio suave) y compuestos orgánicos y metales de plásticos y elastómeros (revestimientos internos de vinilo plastificados, juntas de neopreno);
- b) Posibilidad para limpiar y tratar las paredes de los recipientes para reducir la superficie de contaminación por constituyentes traza como metales pesados o radionúclidos.
- c) Inercias químicas y biológicas del material del cual está fabricado el recipiente, con objeto de prevenir o minimizar la reacción entre los constituyentes de la muestra y el recipiente;
- d) Recipientes de muestra que puedan causar errores por absorción de parámetros químicos. Los metales traza son particularmente sensibles a este efecto, pero otros parámetros (p. ej. detergentes, pesticidas, fosfatos) también pueden estar sujetos a error.

Los muestreos en tubos son generalmente usados en muestreos automáticos para proporcionar muestras y análisis o monitores continuos. Durante el tiempo de residencia dentro del tubo, la muestra puede ser considerada como almacenada en un recipiente que tiene la composición de la línea a muestrear. Las guías para la selección de los materiales para los recipientes de muestras también, por lo tanto, aplican a los tubos de muestreo.

11.2 Tipos de recipientes de muestra

11.2.1 Generalidades



Las botellas de vidrio de polietileno o borosilicato son adecuados para muestreos convencionales para la determinación de parámetros físicos o químicos de aguas naturales. Es preferible utilizar otros materiales químicamente inertes, p. ej. politetrafluoroetileno (PTFE), pero estos frecuentemente son caros para el uso rutinario. Las botellas con tapones de tornillo, boca angosta y boca ancha, deben tener tapones de plástico inerte y de vidrio con tapón esmerilado (aunque estos son susceptibles a ser inservibles con soluciones alcalinas).

El material de relleno químicamente activo no debe ser usado entre el tapón de la botella y el revestimiento, ya que tales rellenos pueden ser una fuente de contaminación.

Si las muestras son transportadas al laboratorio en una caja para su análisis, la tapa de la caja debe estar construida para prevenir pérdidas de tapones, que puede resultar en un derrame y/o contaminación de la muestra.

Para asegurar apropiadamente los recipientes de muestra usados, referirse a la ISO 5667-3^[3].

11.2.2 Recipientes de muestras para materiales fotosensibles.

En adición a las consideraciones ya mencionadas, el almacenamiento de las muestras que contienen materiales fotosensibles, incluyendo algas, requieren de protección a la exposición a la luz. En tales casos, los recipientes contruidos de materiales opacos o vidrio no actínico deben ser usados, y deben ser colocados en cajas a prueba de luz durante los periodos prolongados de almacenamiento.

11.2.3 Recipientes de muestra para gases o constituyentes disueltos.

Para la recolección y análisis de muestras que contienen gases o constituyentes disueltos que pueden ser alterados por aireación, se deben usar las botellas de boca angosta para demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Estas deben ser provistas con tapones cónicos de vidrio para minimizar la oclusión del aire y requiere una provisión especial para sellarlo durante el transporte.

11.2.4 Recipientes de muestra para contaminantes orgánicos traza.



Las botellas de muestreo usadas para contaminantes orgánicos traza deben ser de vidrio, ya que todos los recipientes de plástico interfieren con los análisis altamente sensibles. El tapón debe ser de vidrio o PTFE.

11.2.5 Recipientes de muestra para análisis microbiológicos

Las guías sobre los recipientes de muestras para análisis microbiológicos se detallan en ISO 5667-16^[15] e ISO 19458^[23]. Los recipientes de muestra deben ser capaces de resistir las altas temperaturas que se generan durante la esterilización. Durante la esterilización o almacenamiento de muestra, los materiales no deben producir o liberar químicos que puedan inhibir la viabilidad microbiológica, liberar químicos tóxicos o estimular el crecimiento. Las muestras deben permanecer selladas hasta que las abran en el laboratorio y deben estar cubiertas para prevenir la contaminación.

12 EQUIPO DE MUESTREO PARA CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

12.1 Generalidades

El volumen de la muestra recolectada debe ser suficiente para los análisis requeridos y para cualquier repetición del análisis. El uso de volúmenes pequeños de muestra puede causar que las muestras recolectadas no sean representativas. En adición, las muestras pequeñas pueden incrementar los problemas de adsorción debido a su área relativamente grande en relación al volumen.

Un equipo efectivo de muestreo debe:

- a) Minimizar el tiempo de contacto entre la muestra y el recipiente de la muestra,
- b) Usar materiales donde no ocurra la contaminación de la muestra,
- c) Tener un diseño simple para asegurar su fácil limpieza, con superficies lisas y ausencia de distorsiones en los flujos como curvas y con pocos tapones y válvulas, tanto como sea posible (todos los muestreadores deben ser checados para asegurar que no introducen error),
- d) Ser diseñados teniendo en mente la utilidad del sistema en relación a la muestra de agua requerida (p. ej. química, biológica o microbiológica),

Para el muestreo de gases disueltos, la referencia está hecha en 12.5



12.2 Equipo para muestreo puntual

Las muestras puntuales usualmente se toman manualmente de acuerdo a las condiciones descritas en 10.2. Un equipo simple para toma de muestras superficiales como una cubeta o una botella de boca ancha, se introduce en el cuerpo de agua y se tira hacia afuera después de ser llenada. La naturaleza del problema a ser estudiado determinará el tipo de muestra que necesite ser recolectada. En general, es mejor que la muestra se tome directamente dentro del recipiente de muestra.

En la práctica, una botella con contrapeso es tapada y lanzada dentro del cuerpo de agua. A una profundidad determinada, se retira el tapón y la botella es llenada y subsecuentemente retirada. Los efectos del aire u otros gases sobre la integridad de la muestra son descartados o retirados si se toma en cuenta que estos pueden cambiar el parámetro a ser analizado (p. ej. oxígeno disuelto). Las botellas especiales de muestreo que evitan este problema (p. ej. botellas al vacío) son útiles. Para cuerpos de agua estratificados, un cilindro graduado de vidrio, plástico o acero inoxidable, abierto en ambos extremos, puede ser lanzado para obtener un perfil vertical del cuerpo de agua. En el punto de muestreo, el cilindro es tapado por ambos extremos por un mecanismo antes de ser conducido a la superficie. Este equipo está frecuentemente equipado con un mensajero que opera la botella.

12.3 Cucharones o dragas para muestreo de sedimentos

Los sedimentos pueden ser muestreados por cucharones o dragas diseñadas para penetrar el sustrato como un resultado de su propia masa o fuerza mecánica. El diseño de las estructuras varía e incluyen formas activadas por muelles o activadas por gravedad para cierre de las mandíbulas. También varían en la forma de penetrar el sustrato, desde un cuadrado a un ángulo agudo, y en el área y tamaño de la muestra recolectada. La naturaleza de la muestra obtenida depende, por lo tanto, por factores como:

- a) La profundidad de penetración en el sustrato
- b) El ángulo de cierre de las mandíbulas
- c) La eficiencia de cierre (capacidad para evitar obstrucción por objetos)
- d) La creación de una onda “de choque” y una pérdida resultante o “lavado” de constituyentes u organismos en la interfase agua-lodo
- e) La estabilidad de las muestras en corrientes con movimiento rápido

Al seleccionar las dragas, se debe tomar en cuenta el hábitat, movimiento de agua, área de la muestra y capacidad de la embarcación.



Los cucharones tienen un aspecto similar al equipo usado en la excavación de la tierra. Usualmente se opera desde un cable, y es introducido al sitio de muestreo seleccionado para obtener una muestra compuesta relativamente masiva. La muestra resultante es definida más precisamente con respecto al sitio de muestreo que si se usa la draga.

12.4 Nucleadores

Los nucleadores son usados cuando la información concerniente al perfil vertical de un sedimento es de interés. A menos que la muestra obtenida tenga una resistencia mecánica, se debe tener cuidado al realizar la remoción con el nucleador, para preservar la integridad longitudinal.

12.5 Equipo de muestreo para gases disueltos y material volátil

Las muestras útiles para determinaciones seguras de gases disueltos solo deben ser obtenidas con equipo que recolecte una muestra por desplazamiento del agua, dentro del muestreador, más bien que el aire.

Si se usan sistemas de bombeo para la recolecta de las muestras para gas disuelto, es esencial que el agua sea bombeada en tal forma que la presión aplicada no caiga significativamente por debajo de la presión atmosférica. La muestra debe ser bombeada directamente dentro de la botella para su almacenaje o análisis, dejando fluir, como mínimo, una cantidad de agua igual a 3 veces el volumen de la botella, antes de iniciar el análisis o tapar la botella.

Si son aceptables resultados aproximados, las muestras para las determinaciones de oxígeno disuelto pueden ser recolectadas usando una botella o una cubeta. El error introducido dentro de estas determinaciones por contacto entre la muestra y el aire varía con el grado de saturación del gas en el agua.

Cuando las muestras son recolectadas en una botella en una salida de una llave de agua o bomba, es conveniente usar un tubo flexible inerte que libera líquido al fondo de la botella, para asegurar que el líquido es desplazado sobre el fondo de la botella, con objeto de prevenir la aireación.

La recolecta de las muestras para oxígeno disuelto de cuerpos de agua cubiertos con hielo, debe ser realizada con gran cuidado para prevenir la contaminación de las muestras por el aire.

12.6 Equipo de muestreo para características de radiactividad



La guía detallada sobre el muestreo de radionúclidos está contenido en la ISO 5667-3^[3]

Dependiendo del objetivo y las regulaciones legales nacionales, la mayoría de las técnicas de muestreo y equipo disponible para el muestreo de aguas y aguas residuales para constituyentes químicos, son generalmente aplicables para obtener muestras para medir la radiactividad.

Las muestras deben ser recolectadas en botellas de plástico previamente limpiadas con detergente y enjuagadas con agua y ácido nítrico diluido.

12.7 Equipo de muestreo para características biológicas y microbiológicas

La guía detallada para el muestreo microbiológico de la calidad del agua está contenida en la ISO 19458^[23]

La guía detallada para muestras de pruebas biológicas está contendía en la ISO 5667-16^[15]

La guía detallada para el muestreo con red manual para macro invertebrados bénticos está contenida en la ISO 7828^[19]

La guía detallada para el diseño y uso de muestreadores cuantitativos para macro invertebrados bénticos o sustratos rocosos en aguas dulces someras está contenida en la ISO 8265^[20]

La guía detallada para el uso de muestreo de colonización, cuantitativo y cualitativo en aguas profundas para macro invertebrados, está contenida en la ISO 9391^[21].

La guía detallada para el muestreo cuantitativo y procesamiento de muestras en macro fauna marina de fondo suave, está contenida en la ISO 16665^[22]

12.8 Equipo automático de muestreo

El equipo automático de muestreo presenta ventajas en muchas situaciones de muestreo, ya que permite una muestra continua o una serie de muestras a ser recolectadas sin intervención manual. Es particularmente útil para preparar muestras compuestas y estudiar variaciones de la calidad en función del tiempo.



La elección para el tipo más útil de máquina depende de la situación particular del muestreo, por ejemplo, muestreo con objeto de estimar la carga promedio de metales traza disueltos en un río o corriente que resulta mejor si es llevado a cabo usando un dispositivo de flujo proporcional continuo, utilizando un sistema con bomba peristáltica.

Los dispositivos automáticos de muestreo pueden ser de tipo discreto o continuo y pueden operar en un tiempo en base a un flujo proporcional.

El muestreo automático se emplea en las líneas de muestreo. Por lo tanto, la guía para la selección de materiales para recipientes de muestras también aplica para las líneas de muestreo. Los equipos operan por bombeo del agua del río dentro del recipiente que atrapa la muestra en el interior del equipo, y aplica una variedad de sistemas de bombeo. La selección del equipo depende de la situación de muestreo particular. Los equipos automáticos sencillos pueden ser programados para tomar muestras en intervalos de tiempo prefijados o ser accionados por un disparador externo como una señal generada por una lluvia excesiva. Muchos de los equipos con intervalos de tiempo están contruidos para tomar 24 muestras y están diseñados para tomar una muestra cada hora en un periodo de 24 horas. El tiempo fijado es, sin embargo, frecuente y continuamente variable, así que las 24 muestras pueden ser tomadas durante diferentes periodos de tiempo. La programación típica puede cubrir un día de trabajo de 8 horas, p. ej. una muestra cada 20 minutos, o una en una semana completa, p. ej. una muestra cada 7 horas. Si datos de las mediciones de flujo están disponibles, una muestra de flujo proporcional puede ser preparada por mezcla de alícuotas de las muestras programadas.

Los equipos más sofisticados de flujo proporcional, continuamente miden el flujo en el río o la corriente y toman muestras después de fijar un volumen de agua que pasa por el punto de muestreo.

Se debe tener cuidado para asegurar que la muestra no se degrade o sea estabilizada, si es que la muestra permanece en el equipo por largo tiempo.

El compartimiento para almacenar la muestra debe estar refrigerado y mantenido a baja temperatura tanto como sea posible, sin que la muestra comience a congelarse, así se reduce cualquier deterioro general de la muestra. Si, por lo tanto, se espera que la temperatura caiga debajo del congelamiento, calentarla cuando sea necesario. Si se conoce que el parámetro de interés se degrada, se deben colocar preservadores específicos en los recipientes de la muestra (ver ISO 5667-3). El vertido de la muestra dentro del recipiente debe ser suficiente para mezclar el preservador con la muestra.



Habrán ocasiones cuando los parámetros sean mutuamente excluyentes, así como los preservadores requeridos, en tales casos, se debe emplear más de un equipo muestreador. Usado de esta forma, el recipiente de la muestra es llenado en un espacio muy corto de tiempo, p. ej. 1 min. a 2 min, lo cual se aproxima a una muestra “discreta”.

Si cada muestra va a ser analizada, hay que tener cuidado de asegurar que el volumen en cada recipiente sea suficiente para el análisis de interés.

Es esencial que en cada muestreador automático y la muestra que está en su interior, no sufran deterioro significativo sobre la muestra que pueda causar que ésta no sea representativa. La línea de muestreo que va desde el punto de muestreo al equipo no debe contaminar la muestra. Por ejemplo, no deben ser usados los tubos de cobre si se va a realizar un análisis de metales. Siempre es preferible usar materiales inertes como PTFE o acero inoxidable. Esto también aplica para cualquier filtro que pueda ser colocado en la entrada del equipo. Con objeto de prevenir la salida de sólidos sedimentables, es necesario y recomendable mantener un flujo adecuado en la entrada del tubo y un diámetro interno constante superior a 9 mm. Los equipos auto muestreadores deben tener la capacidad de expulsar cualquier muestra residual de la línea de muestreo. Cualquier volumen muerto asociado debe ser mantenido en un mínimo. El equipo debe ser mantenido y limpiado regularmente y es esencial que la línea de muestreo se limpie con la misma frecuencia que el resto del equipo de muestreo, con objeto de prevenir el desarrollo de bacterias, etc. Algunos equipos auto muestreadores nuevos son muestreadores “auto vaciadores”. Las botellas, líneas y sistemas dosificadores son limpiados con agua limpia cada que se cambia de botella. Las muestras que no son necesarias para las pruebas, serán vaciadas automáticamente, permitiendo que el muestreador funcione continuamente sin necesidad de la constante intervención de un operador.

En todos los casos, el equipo de muestreo debe ser probado para asegurar su funcionamiento satisfactorio en la situación bajo investigación.

12.9 Preparación del equipo de muestreo

El equipo de muestreo debe ser preparado como se muestra en la tabla 2.

13 Prevención de la contaminación

13.1 Generalidades



Es esencial prevenir la contaminación durante el muestreo. Deben ser tomadas en cuenta todas las posibles fuentes de contaminación y aplicar un control apropiado, de ser necesario.

13.2 Fuentes de contaminación

Las fuentes potenciales de contaminación pueden incluir las siguientes:

- a) Los residuos de muestras anteriores que permanecen en los recipientes de muestreo, embudos, cucharones, espátulas y otros equipos;
- b) Contaminación del sitio de muestreo durante el muestreo
- c) Agua residual en o sobre cuerdas, cadenas o extensiones manuales;
- d) Contaminación de embudos de muestras preservadas;
- e) Contaminación de los tapones de las botellas por polvo o agua;
- f) Contaminación del cañón de las jeringas y del medio de filtrado
- g) Contaminación por las manos, dedos, guantes y la manipulación en general
- h) Contaminación por escapes de combustión interna
- i) Dispositivos de muestreo, recipientes y filtración inapropiados
- j) Reactivos caducos

**Tabla 2. Preparación para el muestreo**

Equipo	Preparación
Recipientes de muestreo Embudos Cuerdas Cadenas Extensiones manuales Filtros y equipo de filtración	Checar raspaduras, signos de desgaste y rasgaduras y conexiones inseguras
Empaques y transportadores de las muestras	Asegurar que el número es suficiente para un uso diario. Checar para detectar daños o señales de deterioro. De ser necesario, limpiar las cajas con un desinfectante.
Preservadores	Verificar que la “fecha de caducidad” no esté excedida. Checar las pipetas dosificadoras para evaluar su deterioro y reemplazarlas si es necesario. Asegurar la separación de las botellas vacías para las muestras.
Botellas	Verificar la condición de las botellas y tapones y descartar cualquiera que esté dañado por otros operativos de muestreo y descartarlo. Asegurar que las botellas estén tapadas para reducir la contaminación y que sean almacenadas con seguridad. Asegurar que las botellas para análisis de microbiología tengan su envoltura original intacta o visible su tira indicadora de esterilización y que las botellas no han superado la fecha de caducidad.
Instrumentos de campo	Checar que la calibración sea vigente. Si no es así, no usar y reemplazar por otro. Seguir los procedimientos de muestreo/instrucciones del fabricante para su almacenamiento
Kit de pruebas	Checar que los kits de pruebas sean los necesarios para cada programa diario y que estén disponibles para su uso. Asegurarse de tener las instrucciones del fabricante o instrucciones de trabajo y que estén disponibles para su uso. Checar que la “fecha de caducidad” no haya expirado, reemplazar si es necesario. Almacenar separadamente de las botellas de



	muestreo.
Etiquetas y documentos de las muestras	Si las etiquetas son pre-impresas, checar contra el programa para asegurarse de que no falta ninguna.
Equipo de seguridad del personal	Asegurarse que hay suficientes guantes disponibles por día, teléfono móvil, bolsas de hielo, kit de primeros auxilios, papel secante, lentes, etc.
Sonda para hielo	Checar el arranque del motor y que las barrenas estén afiladas

13.3 Control de la contaminación

Se puede lograr el control e identificación de la contaminación siguiendo las siguientes acciones, cuando esto aplique:

- Adoptando una filosofía de maximizar el grado de aislamiento de la contaminación protegiendo la botella de la muestra
- Teniendo cuidado de evitar perturbaciones en el sitio de muestreo
- Enjuagando completamente el equipo
- Enjuagando por dentro y fuera el embudo, después de preservar las muestras del submuestreo
- Enjuagando el cañón de la jeringa y el medio filtrante, antes de su uso
- Almacenando de forma segura los tapones y tapas de las botellas, para evitar la contaminación
- Enjuagando y secando las cuerdas, cadenas y extensiones manuales entre muestreos y antes de almacenar
- Evitando tocar la muestra con los dedos, manos o guantes; esto es particularmente importante durante el muestreo microbiológico, donde no debe haber contacto con el interior o el borde de la botella o la tapa;
- Asegurar que todas las sondas para hielo, vehículos y embarcaciones están situadas en la dirección del viento (y contra corriente en el caso de los barcos), esperando algunos minutos para permitir la disipación de los gases,
- Examinar cada botella con muestra para detectar partículas grandes como hojas o detritus; si se observan, descartar la muestra y recolectar una nueva muestra;
- Usar técnicas de aseguramiento de la calidad como se especifica en la ISO 5667-14^[14]



14 TRANSPORTE A, Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN EL ALMACÉN DEL LABORATORIO

Si las muestras han estado expuestas a un calor excesivo, p. ej. retenidas en el vehículo de muestreo en ambiente caluroso, es necesario refrigerar las muestras (o cuando las submuestras son susceptibles a la degradación del calor). Es preferible que el vehículo esté acondicionado con un refrigerador (se pueden usar hieleras, aunque no son tan eficientes ni efectivas y sólo son útiles para prevenir el incremento de temperatura). Se debe remarcar que la muestra de DBO se puede reducir en un 40% si es almacenada bajo temperaturas ambientes altas o en condiciones de luz de un vehículo de muestreo por un periodo de 8 horas.

Las muestras que no pueden ser entregadas al laboratorio en un día deben ser estabilizadas o preservadas de acuerdo con las instrucciones de la ISO 5667-3^[3] o con técnicas de preservación alternativas en acuerdo con el laboratorio. Es responsabilidad del laboratorio asegurar que el almacenamiento es adecuado después de que las muestras han sido entregadas.

Se debe aplicar un sistema que identifique claramente al mensajero del laboratorio los documentos asociados a las muestras y que deben entregarse al laboratorio.

Las muestras frecuentemente son almacenadas en un refrigerador (más de 24 horas) o en un congelador. Al descongelarse, las muestras frecuentemente precipitan y puede conducir a resultados erróneos, particularmente para pesticidas y compuestos bifenilos policlorados. Si se requiere el análisis de cualquiera de estos compuestos, no se debe emplear la congelación.

Todos los pasos de preservación deben ser registrados en el reporte y las mediciones de temperatura registradas en el sitio, si esto aplica. Idealmente, es conveniente determinar otros parámetros físicos y químicos (p. ej. valor de pH) en el sitio o tan pronto como sea posible.

15 IDENTIFICACIÓN Y REGISTROS DE LAS MUESTRAS

15.1 Generalidades

Debe ser registrado el origen y las condiciones bajo las cuales fue recolectada la muestra y adherir en la botella el registro inmediatamente después de llenadas. Un análisis de agua tiene un valor limitado si no es acompañado por la información detallada acerca de la muestra.



Los resultados de cualquier análisis realizado en el sitio deben ser incluidos en un reporte con la muestra. Las etiquetas y formatos deben siempre estar completos en el momento de la recolección de la muestra. El muestreador nunca debe hacer otra tarea antes de complementar la documentación en el sitio.

El reporte de muestreo debe incluir al menos la siguiente información:

- a) Ubicación y nombre del sitio de muestreo, con coordenadas y cualquier otra información relevante de la localidad
- b) Detalles del punto de muestreo, incluyendo el tipo de muestra (p. ej. agua destinada al consumo humano, aguas residuales),
- c) Fecha de la recolecta
- d) Hora de la recolecta
- e) Nombre del muestreador
- f) Tipo de muestra (p. ej. muestra simple, muestra compuesta)
- g) Condiciones climáticas
- h) Observaciones de campo
- i) Temperatura del agua
- j) Naturaleza de cualquier pre tratamiento, incluyendo la preservación
- k) Método de recolecta y cualquier detalle de no cumplimiento con las condiciones estandarizadas o prácticas de muestreo (p. ej. recolecta de la muestra a través de hielo, observaciones estacionales, actividades en la tierra).

15.2 Muestras que pueden ser usadas con propósitos legales

Frecuentemente la legalidad la define una cadena de custodia que señala quién es el responsable de asegurar la muestra en todo momento desde que la muestra es tomada hasta el final del análisis. El sistema legal de cada estado particular, definirá los requerimientos que esta cadena de custodia debe tener. Esto normalmente incluye alguna documentación adicional que es usada normalmente en muestras no legales, mostrando por firma, fechas y tiempos, quien fue responsable de las muestras. La cadena de custodia debe incluir el muestreador, la persona que entregó la muestra al almacén, si es diferente; el mensajero del laboratorio y la verificación de todas las partes de la muestra enviadas y recibidas.

El mensajero debe entregar la muestra al oficial responsable nombrado por el laboratorio, quien debe complementar el registro, y la copia original del documento debe ser regresada al responsable del muestreo, conservando una copia para el laboratorio. Alternativamente, si las muestras son entregadas



fuera de horas normales de oficina, es conveniente solicitar una prueba de que la muestra es depositada con seguridad en el almacén.

16 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el **Diario Oficial de la Federación**.

17. BIBLIOGRAFÍA

[1] ISO 2602, *Statistical interpretation of test results –Estimation of the mean-Confidence interval*

[2] ISO 3534 (todas sus partes), *Statistics- Vocabulary and symbols*

[3] ISO 5667-3, *Water quality, –Sampling- Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples*

[4] ISO 5667-4, *Water quality, –Sampling- Part 4: Guidance on sampling from lakes natural and man made*

[5] ISO 5667-5, *Water quality, –Sampling- Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems*

[6] ISO 5667-6, *Water quality, –Sampling- Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams*

[7] ISO 5667-7, *Water quality, –Sampling- Part 7: Guidance on sampling of water and stream in boiler plants*

[8] ISO 5667-8, *Water quality, –Sampling- Part 8: Guidance on the sampling of wet deposition*

[9] ISO 5667-9, *Water quality, –Sampling- Part 9: Guidance on sampling from marine waters*

[10] ISO 5667-10, *Water quality, –Sampling- Part 10: Guidance on sampling of waste waters*



- [11] ISO 5667-11, *Water quality, –Sampling- Part 11: Guidance on the sampling of groundwaters*
- [12] ISO 5667-12, *Water quality, –Sampling- Part 12: Guidance on sampling of bottom sediments*
- [13] ISO 5667-13 *Water quality, -Sampling- Part 13: Guidance on sampling of sludges from sewage and water treatment works*
- [14] ISO 5667-14 *Water quality, -Sampling- Part 14: Guidance on quality assurance of environmental water sampling and handling*
- [15] ISO 5667-16 *Water quality, -Sampling- Part 16: Guidance on biotesting of samples*
- [16] ISO 5667-17, *Water quality –Sampling- Part 17: Guidance on sampling of suspended sediments*
- [17] ISO 5667-18, *Water quality –Sampling- Part 18: Guidance on sampling of groundwater at contaminated sites*
- [18] ISO 5667-19, *Water quality –Sampling- Part 19: Guidance on sampling of marine sediments*
- [19] ISO 7828, *Water quality –Methods of biological sampling- Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates*
- [20] ISO 8265, *Water quality –Design and use of quantitative samplers for benthic macro-invertebrates on stony substrata in shallow freshwater*
- [21] ISO 9391, *Water quality –Sampling in deep waters for macro-invertebrates- Guidelines on the use of colonization, qualitative and quantitative samplers*
- [22] ISO 16665, *Water quality –Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna*
- [23] ISO 19458, *Water quality –Sampling for microbiological analysis*
- [24] *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*, BIPM, IEC, IFCC, IUPAC, IUPAP and OIML, 1993, Corregido y reimpresso en 1995



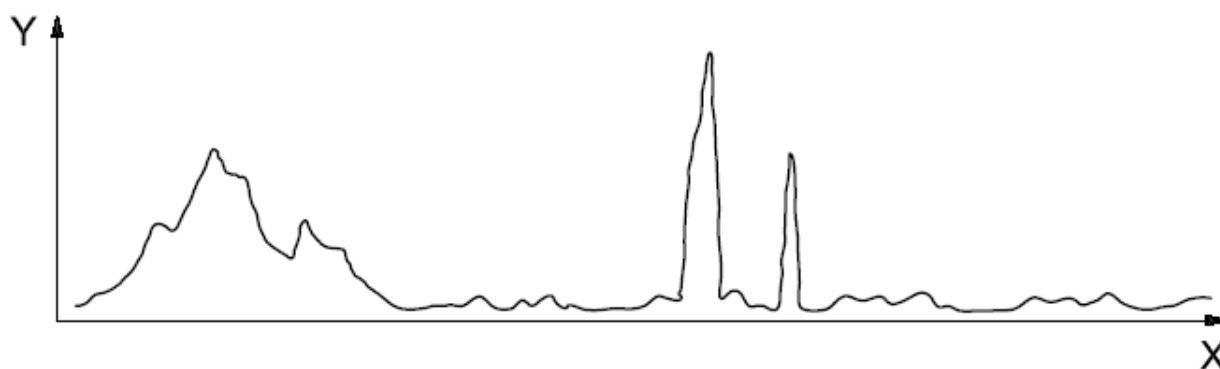
18. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Este proyecto de norma coincide totalmente con la norma internacional ISO 5667-1-2006.- Water quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.

México D.F., a

DR. FRANCISCO RAMOS GÓMEZ
DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

APÉNDICE INFORMATIVO A

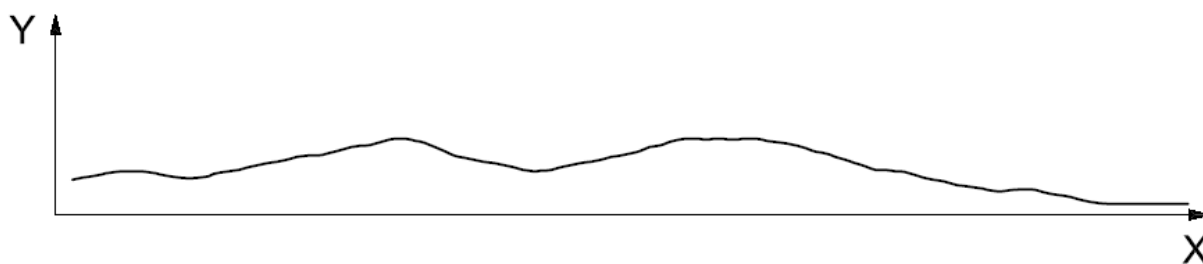


Clave:

X tiempo

Y concentración

Figura A.1 –Mediciones directas continuas- Mediciones continuas en línea

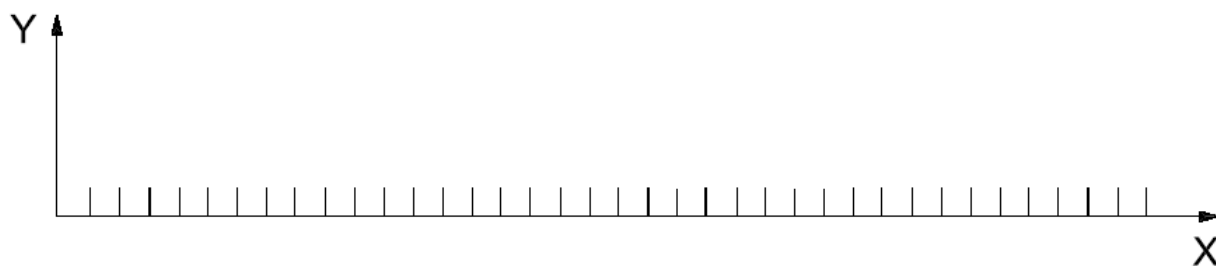


Clave:

X flujo

Y tiempo

Figura A.2 –Muestras periódicas- Flujo en función del tiempo

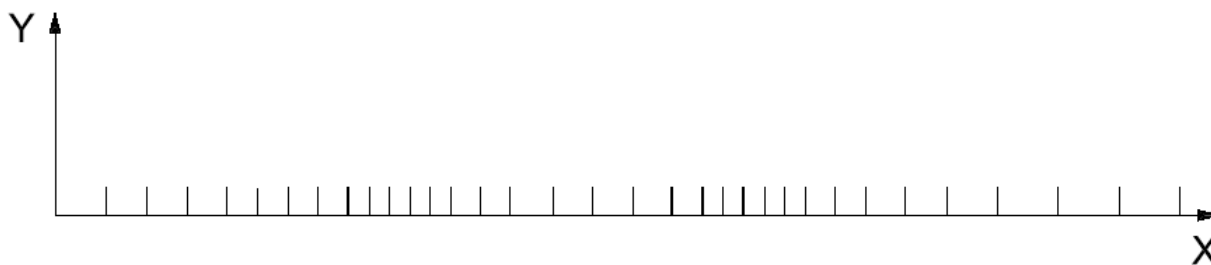


Clave:

X tiempo

Y volumen

Figura A.3 –Muestras periódicas- Muestras periódicas tomadas en intervalos de tiempo fijos (dependientes del tiempo)





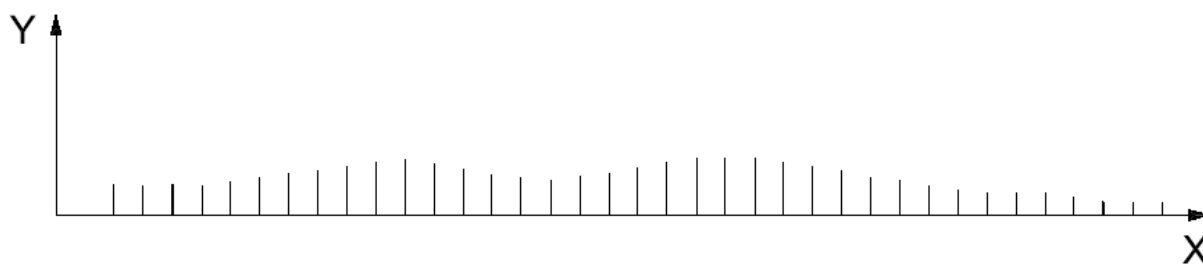
SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

Clave:

X tiempo

Y volumen

Figura A.4 –Muestras periódicas- Muestras periódicas tomadas en intervalos fijos de tiempo (dependientes del volumen)



Clave:

X tiempo

Y volumen

Figura A.5 –Muestras periódicas- Muestras periódicas tomadas en intervalos fijos de flujo (dependientes del flujo)

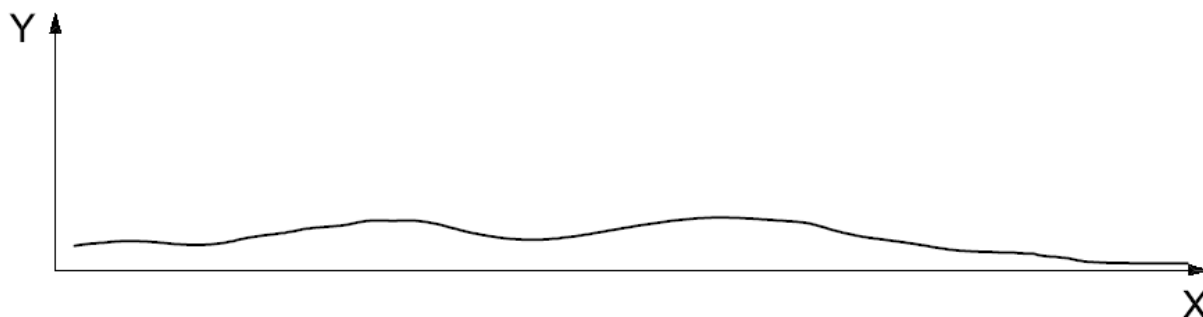


Clave:

X tiempo

Y volumen

Figura A.6 –Muestras continuas- Muestras continuas tomadas en tasas fijas de flujo (en tiempo continuo)



Clave:



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

X tiempo

Y volumen

Figura A.7 –Muestras continuas- Muestras continuas tomadas en tasas variables de flujo (flujo continuo)