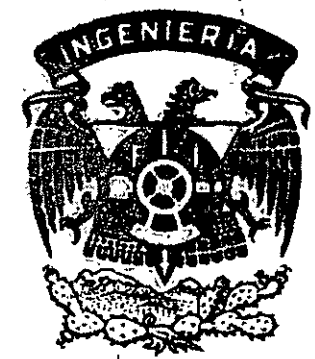




DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA F.I.

DEC



DIPLOMADO

MÓDULO:

Tema:

NORMATIVIDAD RELACIONADA CON EL MUESTREO

Definiciones

- **NMX-AA-089-2-1992 Protección al Ambiente - Calidad del Agua - Vocabulario - Parte 2.**

NMX-AA-089-2-1992

- 5 TERMINOS EMPLEADOS EN EL CAMPO DEL MUESTREO DE AGUA
- 5.1 Muestreo automático: Proceso mediante el cual las muestras son tomadas en forma intermitente o continua, independientemente de la intervención humana y de acuerdo con un programa pre-establecido.
- 5.2 Muestra compuesta: Mezcla intermitente o continua, en proporciones adecuadas, de por lo menos dos muestras o submuestras a partir de la cual se puede obtener el valor medio de la característica deseada. Las proporciones de las muestras se calculan generalmente a partir de mediciones de tiempo o flujo.
- 5.3 Muestreo continuo: Proceso mediante el cual una muestra se toma de manera continua de un cuerpo de agua.
- 5.4 Muestreo intermitente: Proceso mediante el cual una muestra se toma de manera intermitente de un cuerpo de agua.

NMX-AA-089-2-1992

- 5.5 Canal aforador, aforador: Canal artificial de forma y dimensiones bien determinadas que permite la medición de flujo.
- 5.6 Muestreo isocinetico: Técnica que consiste en hacer pasar la muestra de una corriente de agua a través del orificio de una sonda de muestreo con una velocidad igual a la de la corriente en la proximidad inmediata de la sonda.
- 5.7 Programa de control; monitoreo: Proceso programado de muestreo, mediciones y el subsecuente registro o transmisión, o ambos, de las diversas características del agua con el propósito de evaluar su conformidad con objetivos establecidos.
- 5.8 Muestreo proporcional: Técnica de obtención de una muestra a partir de una corriente de agua en la que la frecuencia de recolección (en el caso de muestreo intermitente), o la velocidad de flujo de la muestra (en el caso de un muestreo continuo), es directamente proporcional a la velocidad de flujo del agua muestreada.

NMX-AA-089-2-1992

- 5.9 Muestra, porción, idealmente representativa tomada de un cuerpo de agua definido, de manera intermitente o continua, con el propósito de examinar diversas características definidas.
- 5.10 Punto de distribución de la muestra: Punto situado en el extremo de una línea de muestreo, generalmente alejado de la sonda de muestreo, del que se toma una muestra, de manera intermitente o continua, para ser analizada.
- 5.11 Preservación de la muestra: Proceso en el cual, por medio de adición de productos químicos o la modificación de las condiciones físicas o ambas, se reducen al mínimo los cambios de las características de la muestra a determinar, durante el tiempo que transcurre entre el muestreo y el análisis.

NMX-AA-089-2-1992

- 5.12 Muestreador: Aparato para obtener una muestra de agua, de manera intermitente o continua, con el propósito de examinar diversas características definidas.
- 5.13 Muestreo: Acción que consiste en tomar un volumen considerado como representativo de un cuerpo de agua a fin de examinar diversas características definidas.
- 5.14 Línea de muestreo: Conducto que une la sonda de muestreo al punto de distribución de la muestra o al equipo de análisis.
- 5.15 Red de muestreo: Sistema de zonas de muestreo preestablecidas a fin de monitorear uno o más lugares definidos.
- 5.16 Punto de muestreo: estación de muestreo: Posición precisa en una zona de muestreo donde son tomadas las muestras.

NMX-AA-089-2-1992

- 5.17 Sonda de muestreo: Parte de un equipo de muestreo que es insertado en un cuerpo de agua y por la que pasa inicialmente la muestra.
- 5.18 Zona de muestreo: Area general de un cuerpo de agua donde se y toman muestras. En México los términos zona y sitio no se emplean como sinónimos por lo que se propone definir además sitio de muestreo: lugar específico de una zona de muestreo.
- 5.19 Muestra puntual: Muestra discreta tomada de un cuerpo de agua de manera aleatoria (en lo que incierne al momento, al sitio o a ambos).
- 5.20 Porción de pruebas: Fracción discreta de una muestra que será sometida a análisis.
- 5.21 Vertedero; vertedero: Estructura de rebose que puede usarse para controlar al nivel superficial aguas arriba o para medir la descarga o ambos.

Muestreo de agua potable

ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN MÉXICO

NOM-014-SSA1-1993 "Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados"

NOM-014-SSA1-1993

■ INDICE

- 0 Introducción
- 1 Objetivo y campo de aplicación
- 2 Referencias
- 3 Definiciones
- 4 Material, reactivos y equipo de muestreo
- 5 Preparación de envases para toma de muestras
- 6 Procedimiento para toma de muestra
- 7 Manejo de muestra
- 8 Identificación y control de muestras
- 9 Selección de puntos de muestreo
- 10 Bibliografía
- 11 Observancia de la norma
- 12 Vigilancia
- Apéndice normativo

NOM-014-SSA1-1993

■ **0 Introducción**

- Esta Norma Oficial Mexicana ofrece una guía detallada para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los elementos de un sistema de abastecimiento, en los cuales es necesario establecer vigilancia y control en la calidad del agua.
- Es necesario aclarar, que siendo las instalaciones de los diferentes sistemas de abastecimiento de una gran diversidad, en ocasiones es necesario aplicar criterios con los requisitos sanitarios presentados en esta Norma.

NOM-014-SSA1-1993

■ **1 Objetivo y Campo de Aplicación**

- Esta Norma establece los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso humano en los sistemas de abastecimiento públicos y privados, incluyendo aspectos bacteriológicos y fisicoquímicos, así como criterios para manejo, preservación y transporte de muestras.

■ **2 Referencias**

NOM-014-SSA1-1993

■ **3 Definiciones**

- **3.1 Muestreo.**- Las actividades desarrolladas para obtener volúmenes de agua en un sitio determinado del sistema de abastecimiento, de tal manera que sean representativos, con el propósito de evaluar características físicas, químicas, y/o bacteriológicas.
- **3.2 Sistema de abastecimiento.**- El conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, cárcamos de bombeo, líneas de conducción y red de distribución.

NOM-014-SSA1-1993

- **4 Material, Reactivos y Equipo de Muestreo**
- **4.1 Envases para toma de muestra.**
- 4.1.1 Para análisis biológico.- Frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada, o frascos de polipropileno; resistentes a esterilización en estufa o autoclave o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 ó 250 ml.
- 4.1.2 Para análisis físico-químico.- Envases de plástico o vidrio inertes al agua de 2 l de capacidad como mínimo, con tapones del mismo material que proporcionen cierre hermético.
- 4.1.3 El material del envase, así como el volumen de muestra requerido y el método de preservación para la determinación de los diferentes parámetros, deben ser señalados en el Apéndice "A" Normativo.

NOM-014-SSA1-1993

- **4 Material, Reactivos y Equipo de Muestreo**
- **4.2** Termómetro con escala de -10 a 110 °C
- **4.3** Potenciómetro o comparador visual para determinación de pH
- **4.4** Comparador visual para determinación de cloro residual
- **4.5** Hielera con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo
- **4.6** Agua destilada o desionizada
- **4.7** Solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/l
- **4.8** Torundas de algodón

NOM-014-SSA1-1993

- **5 Preparación de Envases para Toma de Muestras**
- **5.1 Para análisis bacteriológico**
- 5.1.1 Toma de muestra de agua sin cloro residual.- Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por tiempo mínimo de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min. Antes de la esterilización, con papel resistente a ésta, debe cubrirse en forma de capuchón el tapón del frasco.
- 5.1.2 Toma de muestra de agua con cloro residual.- Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por un tiempo mínimo de de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min, los cuales deben contener 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 3% por cada 125 ml de capacidad de los mismos. Debe colocarse un papel de protección al tapón del frasco en forma similar a la indicada en 5.1.1.

NOM-014-SSA1-1993

- **5 Preparación de Envases para Toma de Muestras**
- **5.2 Para análisis físico-químicos.- Los envases deben lavarse perfectamente y enjuagarse a continuación con agua destilada o desionizada.**

NOM-014-SSA1-1993

■ **6 Procedimiento para toma de Muestra**

- 6.1 Para análisis bacteriológico.
- 6.1.1 En bomba de mano o grifo del sistema de distribución.
- El agua de los grifos debe provenir directamente del sistema de distribución. No debe efectuarse toma de muestra en grifos que presenten fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua puede correr por las parte exterior del grifo y contaminar la muestra. Deben removerse los accesorios o aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra.
- 6.1.1.1 Debe limpiarse el orificio de salida con una torunda de algodón impregnada de solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/l.

NOM-014-SSA1-1993

■ **6 Procedimiento para toma de Muestra**

- 6.1.1.2 Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.
- 6.1.1.3 Cerca del orificio de salida, deben quitarse simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.
- 6.1.14 Debe mantenerse el tapón hacia abajo para evitar contaminación y procederse a tomar la muestra sin pérdida de tiempo y sin enjuagar el frasco; se debe dejar el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10% del volumen del frasco). Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón y el papel de protección del frasco.

NOM-014-SSA1-1993

■ **6 Procedimiento para toma de Muestra**

- 6.1.2 En captación de un cuerpo de agua superficial o tanque de almacenamiento.
- 6.1.2.1 Deben lavarse las manos y antebrazo con agua y jabón,
- 6.1.2.2 Debe quitarse el papel de protección evitando que se contamine, y
- 6.1.2.3 Sumergirse el frasco en el agua con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, abrir y enderezar a continuación con el cuello hacia arriba (en todos los casos debe evitarse tomar la muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber nata o sedimento y en el caso de captación de cuerpos de agua superficiales, no deben tomarse muestras muy próximas a la orilla o muy distantes del punto de extracción.

NOM-014-SSA1-1993

■ **6 Procedimiento para toma de Muestra**

- si existe corriente en el cuerpo de agua, la toma de muestra debe efectuarse con la boca del frasco en contracorriente. Efectuada la toma de muestra debe colocarse el tapón, sacar el frasco del agua y colocar el papel de protección.
- En el caso de tanques de almacenamiento, si no es posible la toma de muestra como se indica en este punto, debe procederse como se menciona en 6.1.3.
- 6.1.3 En pozo profundo.
- 6.1.3.1 Si el pozo cuenta con grifo para toma de muestra, debe procederse como en 6.1.1.
- 6.1.3.2 Si el pozo no cuenta con grifo para toma de muestra, debe abrirse la válvula de una tubería de desfogue, dejarse correr el agua por un tiempo de 3 min. y a continuación se procede como en 6.1.1.3 y 6.1.1.4.

NOM-014-SSA1-1993

■ **6 Procedimiento para toma de Muestra**

- 6.1.4 En pozo somero o fuente similar.
- 6.1.4.1 Cuando no es posible tomar la muestra con la extensión del brazo, debe atarse al frasco un sobre peso usando el extremo de un cordel limpio.
- 6.1.4.2 Deben quitarse simultáneamente el tapón y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.
- 6.1.4.3 Debe mantenerse el cuello del frasco hacia abajo y se procede a tomar la muestra, bajando el frasco dentro del pozo, y desenrollando el cordel lentamente, evitando que frasco toque las paredes del pozo.
- 6.1.4.4 Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón y el papel de protección al frasco.

NOM-014-SSA1-1993

■ **6 Procedimiento para toma de Muestra**

■ 6.2 Para análisis físico-químico.

■ El volumen de muestra debe tomarse como se indica en el Apéndice "A" Normativo.

■ 6.2.1 En bomba de mano o grifo del sistema de distribución o pozo profundo.

■ 6.2.1.1 Debe dejarse correr el agua aproximadamente por 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.

NOM-014-SSA1-1993

■ **6 Procedimiento para toma de Muestra**

- 6.2.1.2 El muestreo debe realizarse cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se requiere tomar un poco del agua que se va a analizar, se cierra el envase y agitar fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectúa esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra.
- 6.2.2 En captación de un cuerpo de agua superficial, tanque de almacenamiento, pozo somero o fuente similar, debe manejarse el envase siguiendo las indicaciones comprendidas en 6.1.2.1, 6.1.2.3, 6.1.3.1 y 6.1.3.2, en su caso.

NOM-014-SSA1-1993

■ **7 Manejo de muestras**

- 7.1 Las muestras tomadas como se indica en el punto 6 deben colocarse en hielera con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo para su transporte al laboratorio, de preferencia a una temperatura entre los 4 y 10° C, cuidando de no congelar las muestras.
- 7.2 El periodo máximo que debe transcurrir entre la toma y el análisis es:
 - 7.2.1 Para análisis bacteriológico 6 horas.
 - 7.2.2 Para análisis físico-químico, el periodo depende de la preservación empleada para cada parámetro como se indica en el Apéndice "A" Normativo.

NOM-014-SSA1-1993

■ **8 Identificación y Control de Muestras**

- 8.1 Para la identificación de las muestras deben etiquetarse los frascos y envases con la siguiente información:
 - 8.1.1 Número de registro para identificación de la muestra, y
 - 8.1.2 Fecha y hora de muestreo.
- 8.2 Para el control de la muestra debe llevarse un registro con los datos indicados en la etiqueta del frasco o envase referida en el inciso 8.1, así como la siguiente información:
 - 8.2.1 Identificación del punto o sitio de muestreo,
 - 8.2.2 Temperatura ambiente y temperatura del agua,

NOM-014-SSA1-1993

- **8 Identificación y Control de Muestras**
- 8.2.3 pH,
- 8.2.4 Cloro residual,
- 8.2.5 Tipo de análisis a efectuar,
- 8.2.6 Técnica de preservación empleada,
- 8.2.7 Observaciones relativas a la toma de muestra, en su caso, y
- 8.2.8 Nombre de la persona que realiza el muestreo.

NOM-014-SSA1-1993

■ **9 Selección de Puntos de Muestreo**

- La selección de puntos de muestreo debe considerarse individualmente para cada sistema de abastecimiento. Sin embargo, existen criterios que deben tomarse en cuenta para ello. Estos criterios son:
- 9.1 Los puntos de muestreo deben ser representativos de la diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema.
- 9.2 Los puntos de muestreo deben ser representativos de los lugares más susceptibles de contaminación:
 - 9.2.1 Puntos muertos,
 - 9.2.2 Zonas de baja presión,
 - 9.2.3 Zonas con antecedentes de problemas de contaminación,

NOM-014-SSA1-1993

■ **9 Selección de Puntos de Muestreo**

- 9.2.4 Zonas con fugas frecuentes,
- 9.2.5 Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente,
- 9.2.6 Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección, y
- 9.2.7 Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento.
- 9.3 Debe haber una distribución uniforme de los puntos de muestreo a lo largo del sistema.
- 9.4 Los puntos se localizarán dependiendo del tipo de sistemas de distribución y en proporción al número de ramales.
- 9.5 Debe haber como mínimo un punto de muestreo inmediatamente a la salida de las plantas de tratamiento, en su caso.

NOM-014-SSA1-1993

- **10 Bibliografía**

- **11 Observancia de la Norma**

- 11.1 Esta Norma es de observancia obligatoria para los encargados de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano en sus programas de control de calidad, así como para las autoridades sanitarias competentes en los programas de vigilancia de la calidad del agua.

- 11.2 La vigilancia del cumplimiento de esta Norma, corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas en sus respectivos ámbitos de competencia en coordinación con la Comisión Nacional del Agua.

- **12 Vigencia**

Muestreo en cuerpos receptores

- NMX-AA-014-1980 Cuerpos receptores.- Muestreo.

NMX-AA-014-1980

■ 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

- Esta norma establece los lineamientos generales y recomendaciones para el muestreo en cuerpos receptores de aguas superficiales, excluyendo aguas estuarinas y aguas marinas, con el fin de determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las Normas de Métodos de Prueba correspondientes.

NMX-AA-014-1980

■ 2 DEFINICIONES

■ Para los efectos de esta norma, se tienen las siguientes definiciones.

■ 2.1 Cuerpo receptor

■ Toda red colectora, río, cuenca, cauce, vaso o depósito de aguas que son susceptibles de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

■ 2.2 Descarga

■ Conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen en algún cuerpo receptor.

■ 2.3 Aguas Residuales

■ Líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

NMX-AA-014-1980

■ 2 DEFINICIONES

■ 2.4 Capacidad de Dilución.

■ Cantidad de cualquier elemento, compuesto o sustancia que puede recibir un cuerpo receptor en forma tal que no exceda en ningún momento ni lugar la concentración máxima de dicho elemento, compuesto o sustancia establecida en la Norma de Calidad del cuerpo receptor correspondiente, tomando como base el gasto normal de diseño o volumen normal de diseño.

■ 2.5 Red de Muestreo

■ Conjunto de sitios seleccionados para tomar las muestras.

NMX-AA-014-1980

■ 3 APARATOS Y EQUIPO

■ 3.1 Recipientes para el transporte y conservación de las muestras

■ 3.1.1 Material de los Recipientes

- Los recipientes para las muestras deben ser de materiales inertes al contenido de las mismas. En el caso de los recipientes para muestras a las que se les va a efectuar análisis bacteriológicos deben ser de material resistente a presiones y temperaturas requeridas para la esterilización.

■ 3.1.2 Tapas o Cierres

- Las tapas deben proporcionar un cierre hermético en los recipientes y ser de un material afín al recipiente.

■ 3.1.3 Preparación de los Recipientes

- Los recipientes deben tratarse para eliminar cualquier sustancia que altere los resultados de los análisis.

NMX-AA-014-1980

■ **3 APARATOS Y EQUIPO**

■ 3.1.4 Capacidad de los Recipientes

- Los recipientes deben tener una capacidad mínima de 2 dm³ (litros). En el caso de los recipientes para análisis bacteriológicos la capacidad debe ser no mayor de 250 cm³.

■ 3.2 Etiquetas para las Muestras

- 3.2.1 Se deben tomar las precauciones necesarias para que en cualquier momento sea posible identificar las muestras. Se deben emplear etiquetas pegadas o colgadas, o numerar los frascos anotándose la información en una hoja de registro.

- Estas etiquetas deben contener como mínimo la siguiente información:

- Cuerpo receptor en estudio.

NMX-AA-014-1980

■ **3 APARATOS Y EQUIPO**

■ 3.2 Etiquetas para las Muestras

- Número y nombre de la estación.
- Identificación de la descarga.
- Número de la muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Nombre y firma de la persona que efectúa el muestreo.
- Análisis a efectuar.
- Se debe utilizar papel y tinta tales, que no sufran alteraciones con el agua.

NMX-AA-014-1980

■ **3 APARATOS Y EQUIPO**

■ 3.2.2 Hoja de Registro

■ 3.2.2.1 Se debe llevar una hoja de registro con la información que permite identificar el origen de la muestra y todos los datos que en un momento dado permiten repetir el muestreo.

■ 3.2.2.2 La Hoja de registro debe contener la siguiente información:

■ Los datos citados en el inciso 3.2.1.

■ Resultados de pruebas de campo practicadas en la zona estudiada, sobre diferentes planos de la misma.

■ Temperatura ambiental, temperatura del agua, pH y gasto.

■ Localización de las estaciones de muestreo.

NMX-AA-014-1980

■ 3 APARATOS Y EQUIPO

■ 3.2.2 Hoja de Registro

- Descripción detallada de las estaciones de muestreo, de manera que cualquier persona pueda tomar otras muestras en el mismo lugar.

■ 3.3 Equipo de Recolección de Muestras

■ 3.3.1 Muestreadores automáticos

- Se permite su empleo siempre y cuando se operen de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo muestreador, dándoles el correcto y adecuado mantenimiento, asegurándose de obtener muestras representativas del cuerpo receptor.

■ 3.3.2 Recipiente muestreador

- Debe reunir las siguientes características:

NMX-AA-014-1980

■ **3 APARATOS Y EQUIPO**

- 3.3.2.1 Ser de material inerte al tipo de aguas del cuerpo receptor.
- 3.3.2.2 Estar provisto de un mecanismo, que permita el muestreo a diferentes niveles.
- 3.3.2.3 Su capacidad debe ser tal, que la muestra sea representativa del estrato o nivel muestreado.
- 3.3.3 Material Común de Laboratorio.

NMX-AA-014-1980

■ 4 PROCEDIMIENTO

- 4.1 Cualquiera que sea el método de muestreo específico que se aplique a cada caso, debe cumplir con los siguientes requisitos:
 - 4.1.1 Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el sitio y hora de muestreo y tener el volumen suficiente, para efectuar con él las determinaciones correspondientes.
 - 4.1.2 Para el muestreo en cuerpos receptores, se debe establecer una red de muestreo que represente las condiciones particulares del cuerpo receptor, debiéndose tomar las muestras en la parte superior, media o inferior.
 - 4.1.3 Con el objeto de conocer las variaciones de las condiciones particulares del cuerpo receptor, se debe establecer un ciclo anual de muestreo que cubra las épocas de precipitación pluvial y estiaje.

NMX-AA-014-1980

■ 4 PROCEDIMIENTO

- 4.1.4 Al efectuarse el muestreo deben anotarse los datos según se indica en los incisos 3.2.1 y 3.2.2.
- 4.2 Muestreo en Corrientes
- Se debe muestrear y aforar en los siguientes puntos:
- 4.2.1 Aguas arriba de la descarga, a una distancia tal, que no se manifieste influencia de ésta.
- 4.2.2 En la descarga misma, lo más próximo posible a su desembocadura al cuerpo receptor.
- 4.2.3 Aguas abajo de la descarga, a una distancia tal, que se considere se haya efectuado una mezcla uniforme de la descarga en el cuerpo receptor.

NMX-AA-014-1980

■ 4 PROCEDIMIENTO

- 4.2.4 Se recomienda muestrear a una distancia tal, que se considere que el cuerpo de agua haya absorbido el efecto de la descarga, para apreciar el grado de recuperación del cuerpo receptor.
- 4.2.5 Para fines de estudio del cuerpo receptor, se debe muestrear en aquellos sitios en que se aprecien cambios fuertes de sección, caídas, zonas cubiertas de lirio u otros organismo eutroficantes.
- 4.3 Muestreo en lagos, lagunas, presas y embalses
- Los sitios de muestreo, además de los indicados en el inciso 4.1.2, deben ser:
 - 4.3.1 En los afluentes, antes de desembocar al cuerpo receptor.
 - 4.3.2 Dentro del cuerpo receptor, donde se aprecie una mezcla uniforme con los afluentes.
 - 4.3.3 En las salidas del cuerpo receptor.

NMX-AA-014-1980

■ 4 PROCEDIMIENTO

- 4.4 Cierre de los recipientes de muestreo
- Las tapas o cierres de los recipientes deben fijarse de tal forma que se evite el derrame de la muestra.
- 4.5 Transporte de las Muestras
- 4.5.1 Durante el tiempo de transporte de la muestra, del sitio de muestreo al laboratorio, las muestras deben mantenerse a baja temperatura, bajo las condiciones específicas del análisis a efectuar. (ver inciso 5.1.2).
- 4.5.2 El tiempo de transporte de las muestras al laboratorio, dependerá del tipo de análisis a desarrollar y de los preservativos empleados.
- 4.6 Preservación de las Muestras
- Sólo se permite agregar a las muestras los preservativos indicados en las Normas de Métodos de Prueba.

NMX-AA-014-1980

■ 5 APÉNDICE

■ 5.1 Observaciones

- 5.1.1 Es muy importante tomar las debidas precauciones de seguridad y de higiene en el muestreo, en función del tipo de cuerpo receptor que se esté muestreando.
- 5.1.2 Se recomienda mantener las muestras a una temperatura de 4° C a 12° C.

■ 6 BIBLIOGRAFÍA

Muestreo de agua residual

- NMX-AA-003-1980. Aguas residuales.- Muestreo.

NMX-AA-003-1980

■ 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

- Esta norma establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales, con el fin de determinar sus características físicas y químicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las Normas de Métodos de Prueba correspondientes.

NMX-AA-003-1980

■ 2 **DEFINICIONES**

■ 2.1 Agua residual

- Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

■ 2.2 Canal abierto

- Cualquier conducto en el cual el agua fluye presentando una superficie libre.

■ 2.3 Colector

- Es un conducto abierto o cerrado que recibe las aportaciones de agua de otros conductos.

NMX-AA-003-1980

■ 2 DEFINICIONES

■ 2.1 Agua residual

- Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

■ 2.2 Canal abierto

- Cualquier conducto en el cual el agua fluye presentando una superficie libre.

■ 2.3 Colector

- Es un conducto abierto o cerrado que recibe las aportaciones de agua de otros conductos.

NMX-AA-003-1980

■ 2 DEFINICIONES

■ 2.4 Descarga

- Es el conjunto de aguas residuales que se vierten o disponen en algún cuerpo receptor.

■ 2.5 Muestra simple

- Es aquella muestra individual tomada en un corto período de forma tal que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

■ 2.6 Muestra compuesta

- Es la que resulta del mezclado de varias muestras simples.

NMX-AA-003-1980

■ 3 APARATOS Y EQUIPO

- 3.1 Recipientes para el transporte y conservación de las muestras
- Los recipientes para las muestras deben ser de materiales inertes al contenido de las aguas residuales, Se recomiendan los recipientes de polietileno o vidrio.
- Las tapas deben proporcionar un cierre hermético en los recipientes y se recomienda que sean de material afín al del recipiente.
- Se recomienda que los recipientes tengan una capacidad mínima de 2 dm³ (litros).

NMX-AA-003-1980

■ **3 APARATOS Y EQUIPO**

■ 3.2 Muestreadores automáticos

- Se permite su empleo siempre y cuando se operen de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo muestreador dándoles el correcto y adecuado mantenimiento, asegurándose de obtener muestras representativas de las aguas residuales.

■ 3.3 Válvulas y accesorios

- Cada toma de muestreo debe tener una válvula de cierre que permita el paso libre de las aguas residuales y de los materiales que puedan contener y proporcionar el cierre hermético de la toma. Esta válvula y los accesorios para su instalación, deben ser de materiales similares a los de las tomas y/o los conductos en que éstas se instalen.

NMX-AA-003-1980

- **3 APARATOS Y EQUIPO**
- 3.4 Hielera o refrigerador
- 3.5 Material común de laboratorio

NMX-AA-003-1980

■ 4 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

- 4.1 Deben tomar las precauciones necesarias para que en cualquier momento sea posible identificar las muestras. Se deben emplear etiquetas pegadas o colgadas, o numerar los frascos anotándose la información en una hoja de registro. Estas etiquetas deben contener como mínimo la siguiente información.
 - Identificación de la descarga.
 - Número de muestra.
 - Fecha y hora de muestreo.
 - Punto de muestreo.
 - Temperatura de la muestra.
 - Profundidad de muestreo.
 - Nombre y firma de la persona que efectúa el muestreo.

NMX-AA-003-1980

■ 4 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

■ 4.2 Hoja de registro

- 4.2.1 Se debe llevar una hoja de registro con la información que permita identificar el origen de la muestra y todos los datos que en un momento dado permitan repetir el muestreo.
- 4.2.2 Se recomienda que la hoja de registro contenga la siguiente información:
 - Los datos citados en el inciso 4.1.
 - Resultados de pruebas de campo practicadas en la descarga muestreada.
 - Cuando proceda, el gasto o flujo de la descarga de aguas residuales que se muestreo.
 - Descripción detallada del punto de muestreo de manera que cualquier persona pueda tomar otras muestras en el mismo lugar.
 - Descripción cualitativa del olor y el color de las aguas residuales muestreadas.

NMX-AA-003-1980

■ 5 PROCEDIMIENTO

- 5.1 Cualquiera que sea el método de muestreo específico que se aplique a cada caso, debe cumplir los siguientes requisitos.
- 5.1.1 Las muestras deber ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en él las determinaciones correspondientes.
- 5.1.2 Las muestras deben representar lo mejor posible las características del efluente total que se descarga por el conducto que se muestrea.
- 5.1.3 Al efectuarse el muestreo, deben anotarse los datos según los incisos 4.1 y 4.2.2.

NMX-AA-003-1980

■ 5 PROCEDIMIENTO

■ 5.2 Muestreo en tomas

- 5.2.1 Se recomienda, se instalen tomas en conductos a presión o en conductos que permitan el fácil acceso para muestrear a cielo abierto con el objeto de caracterizar debidamente las aguas residuales.
- Las tomas deben tener un diámetro adecuado para muestrear correctamente las aguas residuales en función de los materiales que puedan contener, deben ser de la mejor longitud posible, y procurar situarlas de tal manera que las muestras sean representativas de la descarga.
- Se recomienda el uso de materiales similares a los del conducto, de acero al carbón o de acero inoxidable.

NMX-AA-003-1980

■ 5 PROCEDIMIENTO

- 5.2.2 Se deja fluir un volumen aproximadamente igual a 10 veces el volumen de la muestra y a continuación se llena el recipiente de muestreo.
- 5.3 Muestreo en descargas libres
 - 5.3.1 Cuando las aguas residuales fluyan libremente en forma de chorro, debe emplearse el siguiente procedimiento.
 - 5.3.1.1 El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces antes de efectuar el muestreo.
 - 5.3.1.2 Se introduce el recipiente muestreador en la descarga o de ser posible, se toma directamente la muestra en su recipiente.
 - 5.3.1.3 La muestra se transfiere del recipiente muestreador al recipiente para la muestra cuidando de que ésta siga siendo representativa.

NMX-AA-003-1980

■ 5 PROCEDIMIENTO

■ 5.4 Muestreo en canales y colectores

- 5.4.1 Se recomienda tomar las muestras en el centro del canal o colector de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado.
- 5.4.1.1 Si se va a evaluar contenido de grasas y aceites se deben tomar porciones, a diferentes profundidades, cuando no haya mucha turbulencia para asegurar una mayor representatividad.
- 5.4.2 El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo.
- 5.4.3 El recipiente muestreador, atado con una cuerda y sostenido con la mano de preferencia enguantada, se introduce en el agua residual completamente y se extrae la muestra.

NMX-AA-003-1980

■ 5 PROCEDIMIENTO

- 5.4.4 Si la muestra se transfiere de recipiente, se debe cuidar que ésta siga siendo representativa.
- 5.5 Cierre de los recipientes de muestreo
- Las tapas o cierres de los recipientes deben fijarse de tal forma que se evite el derrame de la muestra.
- 5.6 Obtención de muestras compuestas
- 5.6.1 Se recomienda que las muestras sean compuestas (ver inciso 2.6), para que representen el promedio de las variaciones de los contaminantes. El procedimiento para la obtención de dichas muestras es el siguiente:
 - 5.6.1.1 Las muestras compuestas se obtienen mezclando muestras simples en volúmenes proporcionales al gasto o flujo de descargas medido en el sitio y momento del muestreo.

NMX-AA-003-1980

■ 5 PROCEDIMIENTO

- 5.6.1.2 El intervalo entre la toma de cada muestra simple para integrar la muestra compuesta, debe ser el suficiente para determinar la variación de los contaminantes del agua residual.
- 5.6.1.3 Las muestras compuestas se deben tomar de tal manera que cubra las variaciones de las descargas durante 24 horas como mínimo.
- 5.7 Preservación de las muestras
- Solo se permite agregar a las muestras los preservativos indicados en las Normas de Métodos de Prueba.
- 5.8 Preservar la muestra durante el transporte por medio de un baño de hielo y conservar las muestras en refrigeración a una temperatura de 277K (4°C).
- 5.9 Se recomienda que el intervalo de tiempo entre la extracción de la muestra y su análisis sea el menor posible y que no exceda de tres días.

NMX-AA-003-1980

■ **6 APÉNDICE**

■ 6.1 Observaciones

- 6.1.1 Es muy importante tomar las debidas precauciones de seguridad y de higiene en el muestreo en función del tipo de aguas residuales que estén muestreando.

■ **7 BIBLIOGRAFÍA**

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- Procedimiento obligatorio para el muestreo de descargas (Artículo 278-B de la Ley Federal de Derechos) 1997

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 1.- Fundamento legal

- 2.- Objetivo y campo de aplicación
- Este procedimiento establece los lineamientos generales a que deberán de sujetarse los muestreos de descargas de aguas residuales en cumplimiento a lo señalado en el artículo 278-B de la Ley Federal de Derechos.

- 3.- Referencias
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996
- Norma Mexicana NMX-AA-3

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- Para los efectos de este "Procedimiento", se entiende por:
 - 4.1.- Aguas nacionales
 - Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
 - 4.2.- Aguas residuales
 - Las aguas de de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.
 - 4.3.- Aguas pluviales
 - Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- 4.4.- Bienes Nacionales
 - Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.
- 4.5.- Carga contaminante
 - Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo aportada en una descarga de aguas residuales.
- 4.6.- Condiciones particulares de descarga
 - El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de aguas residuales, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico o para un determinado uso, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- 4.7.- Contaminantes básicos
- Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. Se consideran los siguientes: grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno total, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos, expresados como mg/l de nitrógeno), fósforo total y pH.
- 4.8.- Contaminantes patógenos y parasitarios
- Son aquellos microorganismos y quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora y fauna. Se consideran los coliformes fecales.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- 4.9.- Metales pesados y cianuros
- Son aquellos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. Se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.
- 4.10.- Cuerpo receptor
- Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- 4.11.- Descarga
- Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.
- 4.12.- Límite máximo permisible
- Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no deber ser excedido en la descarga de aguas residuales.
- 4.13.- Muestra compuesta
- La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la Tabla 1. Para conformar la muestra compuesta, el volumen da cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

TABLA 1

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO N.E.	MÁXIMO N.E.
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

N.E. = No especificado.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones

- 4.14.- Muestra simple

- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- 4.14.- Muestra simple
 - El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:
 - **$VMSi = VMC \times (Qi / Qt)$**
 - **Donde:**
- **VMSi** = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.
- **VMC** = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.
- **Qi** = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.
- **Qt** = Qi hasta Qn, litros por segundo

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- 4.15.- Parámetro
 - Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.
- 4.15.- Parámetro
- 4.16.- Promedio diario (P.D.)
- Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta. Las unidades de pH no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras simples.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 4.- Definiciones
- 4.17.- Promedio mensual (P.M.)
- Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas (Promedio diario).

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 5.- Muestreo, análisis y reporte de la calidad de las descargas
- 5.1.- Frecuencia del muestreo y análisis, y del reporte de datos
- La frecuencia de muestreo y análisis, y de reporte, será de acuerdo al tamaño de población en el caso de efluentes municipales, y en el caso de descargas no municipales, de acuerdo a la carga de contaminantes según tablas números 2 y 3, respectivamente.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 5.- Muestreo, análisis y reporte de la calidad de las descargas
- tabla 2 Efluentes municipales

TABLA 2

RANGO DE POBLACION	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 50,000 habitantes	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 20,001 a 50,000 habitantes	TRIMESTRAL	TRIMESTRAL
de 2,501 a 20,000 habitantes	SEMESTRAL	TRIMESTRAL

- tabla 3 Efluentes no municipales

TABLA 3

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 5.- Muestreo, análisis y reporte de la calidad de las descargas
- Los parámetros a ser considerados en el muestreo, análisis y reporte son los que se indican en la Tabla I del artículo 278-B de la Ley Federal de Derechos: potencial Hidrógeno (pH), Grasas y aceites, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno total (DBO₅), Nitrógeno Total, Fósforo Total, coliformes fecales y Arsénico, Cadmio, Cianuros, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo y Zinc en forma total.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 5.- Muestreo, análisis y reporte de la calidad de las descargas
- El responsable de la descarga estará exento de realizar el muestreo y análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la Tabla I del artículo 278-B de la Ley, cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad, el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 5.- Muestreo, análisis y reporte de la calidad de las descargas
- 5.2.- Cálculo de los valores
- En el muestreo, análisis y reporte del parámetro o parámetros requeridos, se debe considerar el valor del promedio mensual (de acuerdo a la definición dada en este "Procedimiento").
- El muestreo y análisis del parámetro o parámetros requeridos en la frecuencia indicada en las tablas 2 y 3, debe considerar: para la frecuencia mensual, el promedio mensual del parámetro o parámetros en el mes referido; para la frecuencia trimestral, el promedio mensual del parámetro o parámetros en el mes al final del trimestre, y para la frecuencia semestral, el promedio mensual del parámetro o los parámetros en el mes al final del trimestre o del semestre.
- El reporte de los resultados del análisis del parámetro o parámetros requeridos deberá ser hecho en forma trimestral

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 5.- Muestreo, análisis y reporte de la calidad de las descargas
- 5.2.- Cálculo de los valores
- Para poblaciones entre 5,501 y 20,000 habitantes y efluentes no municipales con descargas menores de 1.2 kg/día de Demanda Bioquímica de Oxígeno o Sólidos Suspendidos Totales, en los trimestres nones se realizarán los muestreos y análisis requeridos, y en los trimestres pares los reportes a ser presentados, los cuales podrán contener la información de características de calidad de agua de la descarga reportada en el trimestre anterior, siempre y cuando no haya habido cambios significativos en la ocupación o población en el caso de efluentes domésticos, y en el proceso o volumen de producción en el caso de efluentes no municipales. Esta aseveración deberá ir acompañada de una declaración de decir verdad firmada por el responsable de la descarga.

PROCEDIMIENTO OBLIGATORIO PARA EL MUESTREO DE DESCARGAS

- 6.- Métodos de prueba
- Para la toma de muestras y la determinación de los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en este Procedimiento, se deberán aplicar los métodos de prueba indicados en el punto 3 de este Procedimiento. El responsable de la descarga podrá solicitar a la Comisión Nacional del Agua, la Aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos podrán ser autorizados a otros responsables de descarga en condiciones similares.
- Los reportes que presente el responsables de la descarga estarán basados en determinaciones analíticas hechas por un laboratorio acreditado ante el Sistema Nacional de Laboratorios de Prueba (SINALAP) de la Secofi.

- 7.- Bibliografía

NOM-001-ECOL-1996

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-001-ECOL-1996

- 3. Definiciones
- 3.18 Muestra compuesta
- La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la Tabla 1. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

NOM-001-ECOL-1996

T A B L A 1

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO N.E.	MÁXIMO N.E.
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

N.E. = No especificado.

NOM-001-ECOL-1996

- 3. Definiciones

- 3.19 Muestra simple

- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

NOM-001-ECOL-1996

■ 3. Definiciones

■ 3.18 Muestra simple

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMSi = VMC \times (Qi / Qt)$$

Donde:

VMSi = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Qi = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Qt = Qi hasta Qn, litros por segundo

NOM-001-ECOL-1996

- 4. Especificaciones
- 4.8 El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la Tabla 8 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 9 para descargas no municipales. En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los registros del monitoreo deberán mantenerse para su consulta por un período de tres años posteriores a su realización.

NOM-001-ECOL-1996

TABLA 8

RANGO DE POBLACIÓN	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 50,000 habitantes	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 20,001 a 50,000 habitantes	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
de 2,501 a 20,000 habitantes	SEMESTRAL	ANUAL

TABLA 9

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO₅ t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
--------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	------------------------------------------	------------------------------

NOM-002-ECOL-1996

- Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal.

NOM-002-ECOL-1996

- 3. Definiciones
- 3.11 Muestra compuesta
- La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la especificación 4.10 de esta Norma Oficial Mexicana.
- 3.12 Muestra simple
- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, el volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

NOM-002-ECOL-1996

- 4. Especificaciones
- 4.10 Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal a que se refiere esta norma, se obtendrán de análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la Tabla 2.

NOM-002-ECOL-1996

TABLA 2
FRECUENCIA DE MUESTREO

HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO MÁXIMO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Menor que 4 De 4 a 8 Mayor que 8 y hasta 12 Mayor que 12 y hasta 18 Mayor que 18 y hasta 24	Mínimo 24466	-1223	-2334

NOM-002-ECOL-1996

Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMSi = VMC \times \frac{Qi}{Qt}$$

Donde:

VMSi = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Qi = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Qt = S Qi hasta Qn, litros por segundo

NOM-002-ECOL-1996

- En el caso de que en el período del proceso o realización de la actividad generadora de la descarga, ésta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente la información en la que se describa su régimen de operación y el programa de muestreo para la medición de los contaminantes.

NOM-003-ECOL-1997

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.

NOM-003-ECOL-1996

■5. MUESTREO

■ Los responsables del tratamiento y reuso de las aguas residuales tratadas, tienen la obligación de realizar los muestreos como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-003, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana. La periodicidad y número de muestras será:

■5.1 Para los coliformes fecales, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno₅, sólidos suspendidos totales y grasa y aceites, al menos 4 (cuatro) muestras simples tomadas en días representativos mensualmente.

■5.2 Para los huevos de helminto, al menos 2 (dos) muestras compuestas tomadas en días representativos mensualmente.

■5.3 Para los metales pesados y cianuros, al menos 2 (dos) muestras simples tomadas en días representativos anualmente.

T A B L A 1

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO N.E.	MÁXIMO N.E.
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

N.E. = No especificado.

3.19 Muestra simple.- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMS_i = VMC \times (Q_i / Q_t)$$

Donde:

VMS_i = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Q_i = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Q_t = Q_i hasta Q_n, litros por segundo

3.20 Parámetro

TABLA 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO			
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M	P.D.	P.M	P.D.	P.M	P.D.	P.M	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P. M.	P.D	P. M.	P.D
Temperatura °C (1)	N.A	N.A	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A	N.A	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A	N.A	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A	N.A	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A	N.A	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A	N.A	N.A	N.A
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A	N.A	N.A.	N.A.	5	10	N.A	N.A	N.A	N.A

T A B L A 1

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO N.E.	MÁXIMO N.E.
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

N.E. = No especificado.

3.19 Muestra simple.- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMS_i = VMC \times (Q_i / Q_t)$$

Donde:

VMS_i = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Q_i = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Q_t = Q_i hasta Q_n, litros por segundo

3.20 Parámetro

(*) Medidos de manera total.

P.D. = Promedio Diario

P.M. = Promedio Mensual

N.A. = No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

4.4. Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.

4.5. Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:

a) Las descargas municipales tendrán como plazo límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno₅ (DBO₅) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestadas en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional del Agua.

TABLA 4

DESCARGAS MUNICIPALES	
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACIÓN
1 de enero de 2000	mayor de 50,000 habitantes
1 de enero de 2005	de 20,001 a 50,000 habitantes

1 de enero de 2010	de 2,501 a 20,000 habitantes
--------------------	------------------------------

TABLA 5

DESCARGAS NO MUNICIPALES		
	CARGA CONTAMINANTE	
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)
1 de enero de 2000	mayor de 3.0	mayor de 3.0
1 de enero de 2005	de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0
1 de enero de 2010	menor de 1.2	menor de 1.2

4.6 Las fechas de cumplimiento establecidas en las Tablas 4 y 5 de esta Norma Oficial Mexicana podrán ser adelantadas por la Comisión Nacional del Agua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

4.7. Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, cuya concentración de contaminantes en cualquiera de los parámetros básicos, metales pesados y cianuros, que rebasen los límites máximos permisibles señalados en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana, multiplicados por cinco, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano), quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en un plazo no mayor de 180 días naturales, a partir de la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación.

Los demás responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, que rebasen los límites máximos permisibles de esta norma, quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en las fechas establecidas en las Tablas 6 y 7.

Lo anterior, sin perjuicio del pago de derechos a que se refiere la Ley Federal de Derechos y a las multas y sanciones que establecen las leyes y reglamentos en la materia.

TABLA 6

DESCARGAS MUNICIPALES	
RANGO DE POBLACIÓN	FECHA LÍMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 50,000 habitantes	30 de junio de 1997
de 20,001 a 50,000 habitantes	31 de diciembre de 1998
de 2,501 a 20,000 habitantes	31 de diciembre de 1999

TABLA 7

CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, Y/O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FECHA LÍMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 3.0	30 de junio de 1997
de 1.2 a 3.0	31 de diciembre de 1998
menor de 1.2	31 de diciembre de 1999

4.8 El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la Tabla 8 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 9 para descargas no municipales. En situaciones que justifiquen un mayor control,

como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los registros del monitoreo deberán mantenerse para su consulta por un período de tres años posteriores a su realización.

TABLA 8

RANGO DE POBLACIÓN	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 50,000 habitantes	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 20,001 a 50,000 habitantes	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
de 2,501 a 20,000 habitantes	SEMESTRAL	ANUAL

TABLA 9

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ₅ t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 3.0	mayor de 3.0	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
menor de 1.2	menor de 1.2	SEMESTRAL	ANUAL

4.9 El responsable de la descarga estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana, cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional

Introducción

En la Ciudad de México, actualmente se llevan a cabo programas de monitoreo y vigilancia de la red de drenaje cercana a los sitios donde se almacenan y manejan hidrocarburos; así como, en sifones y el sistema de drenaje profundo (lumbreras)

Objetivos

- ▶ **Ejecución de programas de monitoreo para la vigilancia en el sistema de drenaje cercano a estaciones de servicio y autoconsumo de hidrocarburos**
- ▶ **Ejecución de programas de monitoreo en lumbreras**
- ▶ **Ejecución de programas de monitoreo en sifones ubicados en el sistema de drenaje**

Alcances

- ▶ **Vigilar a las estaciones que vierten sus aguas residuales al sistema de drenaje, para prevenir situaciones de contingencia por fugas y/o derrames de hidrocarburos**
- ▶ **Determinar las emisiones de ácido sulfhídrico que se genera en las lumbreras, estableciendo alternativas de mitigación de olores**

Alcances

- ▶ **Determinar los niveles de explosividad y presencia de hidrocarburos en sifones, para mantener una vigilancia de su funcionamiento**
- ▶ **Elaborar un programa de monitoreo por ruta crítica de los sitios fijos, que representan un riesgo a la infraestructura hidráulica**

Descripción del sistema

Las aguas residuales que se generan en el D.F. se conducen mediante un sistema combinado, su estructura se encuentra compuesta por los siguientes elementos:

Red secundaria.- definida por el sistema de atarjeas, integrada por conductos de 45 cm de diámetro máximo. Se estima una longitud de atarjeas de 9,000 km aprox.

Descripción del sistema

Red primaria.- esta conformada por conductos dirigidos de poniente a oriente con diámetros mayores de 60 cm hasta de 4.0 m y una longitud aproximada de 1,375 km. Este sistema es auxiliado por plantas de bombeo, tanques de tormenta y otras obras auxiliares.

El sistema de drenaje y control de avenidas presenta una gran complejidad por los siguientes factores:

Descripción del sistema

- ▶ **La gran extensión de la ciudad**
- ▶ **El hundimiento del subsuelo en el centro, oriente y sur de la ciudad**
- ▶ **Las altas intensidades de precipitación en tiempos cortos**
- ▶ **La lejanía de los sitios de descarga fuera de la cuenca**

Clasificación de sitios

Los sitios que tienen un alto grado de riesgo para el sistema de drenaje, se definen con “sitios fijos” y “estructuras especiales”

Los programa de vigilancia contemplan los siguientes sitios de interés:

Estaciones de servicio

Autoconsumos

Sifones

Lumbreras

Clasificación de sitios

Estaciones de Servicio

Se definen como aquellos establecimientos de servicio público que almacenan y comercializan combustibles derivados del petróleo para el abastecimiento a vehículos.

Han existido infinidad de eventos que rebasan el control del manejo de esta sustancia peligrosa, poniendo en riesgo a las estructuras de drenaje y otras instalaciones subterráneas; por ejemplo:

Clasificación de sitios

Estaciones de Servicio

▶ **E.S. No. 3002. Presenta una reincidencia por contaminación al subsuelo producto de una fuga en sus instalaciones, poniendo en riesgo el funcionamiento del Metro en su línea 2.**

▶ **E.S. No. 0195. Presentó fuga en sus instalaciones internas, afectando aprox. 1 km de la red de drenaje por infiltración de hidrocarburo y niveles del 100% de explosividad.**

Clasificación de sitios

Autoconsumos

Se definen como aquellos sitios que almacenan y distribuyen hidrocarburos del tipo diesel y gasolina para el consumo propio de vehículos, calderas u otras actividades que requieran el combustible.

Al igual que las estaciones de servicio, estos sitios han presentado una serie de eventualidades; por ejemplo:

Clasificación de sitios

Autoconsumos

Modulo 28 de la extinta Ruta 100.-Existencia de una acumulación de combustible en el subsuelo de este sitio, dedicado al abastecimiento de combustible a vehículos del transporte público por más de 30 años. El resultado fue una contaminación por infiltración de hidrocarburos en la línea 5 del Metro y la red de drenaje público aledaña.

Clasificación de sitios

Lumbreras

Se definen como estructuras especiales, que tienen un papel fundamental en el funcionamiento del drenaje profundo. Son sitios de acceso a los túneles que alcanzan profundidades entre 15 a 20 m y diámetros de 6 a 12 m. Sus funciones son:

▶ En su proceso de construcción, permite el acceso y retiro de maquinaria, la interconexión con túneles construidos, la..... *ver sig. lámina*

Clasificación de sitios

Lumbreras

- ▶ **la extracción del material de excavación e introducción del necesario.**
- ▶ **En su proceso operativo, funciona como sitio de respiración para eliminación de gases.**
- ▶ **En su proceso de mantenimiento, permite la extracción de azolve y la revisión de los túneles**

Clasificación de sitios

Lumbreras

Es evidente que el fenómeno de la generación de gases (biogás, H₂S, CO₂, etc.) en estas estructuras, es un problema que requiere ser evaluado para diagnosticar y plantear soluciones que disminuyan el riesgo al personal que labora en estos lugares, así como, a la población en general.

Clasificación de sitios

Sifones

Se definen como estructuras especiales que involucran pasos a desnivel para evitar cambios de dirección en instalaciones subterráneas. En estas estructuras se presentan problemas de azolvamiento, obstruyendo el flujo normal y generando gases que pueden ocasionar una explosión, mal olor o degradación de la propia instalación; por lo anterior, estos sitios requieren ser vigilados mediante procedimientos de monitoreo.

Equipos de monitoreo

El proceso de vigilancia de los sitios antes clasificados, requiere el empleo de equipos específicos como los siguientes:

Parámetros de monitoreo	Unidades	Rango de Medición	Equipo
Niveles de explosividad (I.E.L)	%	0-100	Explosímetro MAS 2A
Determinación de niveles de oxígeno	% o mg/l	0-20.9	Detector de gases MAS, Mod. 361
Determinación de niveles de H ₂ S (g)	ppm	0-999	- Detector de gases MAS, Mod. 361 - Minidetector MAS
Determinación de velocidades de salida de gases	m/s	>20	Anemómetro de hélice digital

...Continua sig. lámina

Equipos de monitoreo

...Continuación

Parámetros de monitoreo	Unidades	Rango de Medición	Equipo
Determinación de pH	Unidad	0-14	Multianalizador CORNING
Determinación de temperatura	(°C)	>10<40	Multianalizador CORNING
Determinación de conductividad	us	0 a 999	Multianalizador CORNING
Determinación de sólidos disueltos	mg/l	0 a 999	Multianalizador CORNING

Equipos de monitoreo

Programa de mantenimiento del equipo

Equipo	Mantenimiento Preventivo	Periodicidad de Calibración
Explosímetro MAS 2A	Mensualmente	Semanalmente
Detector de gases MAS, Mod. 361	Mensualmente y recarga diario	Semanalmente
Anemómetro de hélice digital	Mensualmente	Cada tres meses
Parámetros de monitoreo	Rango de Medición	Equipo
Multianalizador CORNING	Mensualmente	Diario

Procedimientos de monitoreo

Estaciones de Servicio

- 1. Presentación de los integrantes de la brigada con el encargado de la estación.**
- 2. Solicitar la información inherente a la estación (capacidad y estado de tanques, programas de mantenimiento, etc.)**
- 3. Realizar el monitoreo y evaluación de la infraestructura hidráulica, tomando en cuenta los siguientes sitios:**

.... Continua sig. lámina

Procedimientos de monitoreo

Estaciones de Servicio

▶ Tanques de almacenamiento

- **Volumen**
- **Antigüedad**
- **Capacidad**
- **Material de construcción (doble pared)**
- **Dispositivos de seguridad (sensores, fosas de cont.)**
- **Tipo de combustible**
- **Tipo de instalaciones (sifonadas, compartidas, independientes, etc)**

Procedimientos de monitoreo

Estaciones de Servicio

- Pozos de observación, monitoreo e indio**
- **Porcentaje de explosividad**
- **Profundidad**
- **Nivel de agua (colchón de agua)**
- **Ademe (tipo de material y diámetro)**
- **Corrosión**
- **Azolve**
- **Cantidad (No. de pozos existentes)**
- **Determinación de combustible en fase líquida**

Procedimientos de monitoreo

Estaciones de Servicio

▶ Registros y rejillas

- **Azolve**
- **Corrosión**
- **Porcentaje de explosividad**
- **Flujo**
- **Tapas adecuadas**
- **Estado operativo en general**

Procedimientos de monitoreo

Estaciones de Servicio

▶ Pozos de visita

- **Porcentaje de explosividad**
- **Dirección de flujo**
- **Azolve**
- **Corrosión**
- **Tipo (red secundaria, primaria, colector, etc.)**
- **Estado**

Procedimientos de monitoreo

Estaciones de Servicio

▶ Trampa para hidrocarburos

- **Porcentaje de explosividad**
- **Volumen**
- **Colchón hidráulico**
- **Tubos de salida (material y diámetro)**
- **Mamparas, recamaras y demás secciones**
- **Material de construcción**
- **Líneas de drenaje que convergen a la trampa**
- **Descarga hacia la red municipal**

Procedimientos de monitoreo

Estaciones de Servicio

En caso de existir en alguno de los sitios de monitoreo una eventualidad, el jefe de brigada planteará las medidas de seguridad necesarias.

4. El jefe de brigada llenará el reporte de campo, supervisará las técnicas de muestreo, indicará los sitios a muestrear y los parámetros a evaluar en laboratorio.

5. El responsable de la estación firmará las hojas de campo.

Procedimientos de monitoreo

Autoconsumos

Se debe seguir las mismas actividades que en las estaciones de servicio, llenando los formatos correspondientes.

Lumbreras

- 1. Identificar la entrada a las instalaciones del drenaje profundo y solicitar permiso cuando tenga personal de vigilancia.**
- 2. Ubicar la lumbrera, captación, compuertas y demás sitios que se propongan para monitorear**

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

3. Describir los aspectos civiles, hidráulicos, mecánicos y eléctricos de la instalación. Realizar el análisis de la emisión de gases y si es posible tomar una muestra de agua residual para determinar parámetros fisicoquímicos.

4. De manera específica, el jefe de brigada, analista y chofer, realizarán las siguientes actividades:

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶ Jefe de brigada

Anotar las siguientes características de la estructura que se monitorea

- **Material de construcción**
- **Estado físico de las instalaciones (grietas, oxidación, corrosión, etc.)**
- **Funcionamiento (mantenimiento, operabilidad, etc.)**
- **Descripción del entorno (escuelas, casas, fábricas, ejes viales, etc.)**

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶ Analista

Del sitio seleccionado determinar

- **Largo, ancho, diámetro, área y profundidad**
- **Distancia a otras instalaciones de referencia**
- **Características de las emisiones de gas (ppm. % de explosividad, H₂S, velocidad, flujo, etc.)**
- **Colectar una muestra de campo, determinando parámetros de campo (pH, temperatura, SDT y conductividad) y complementar su análisis en laboratorio (alcalinidad, durezas, sulfatos, ss, nitrógeno amoniacal, nitratos, plomo, etc.)**

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶Analista

Para garantizar la calidad de los resultados de campo, será necesario la calibración de los equipos analíticos antes de iniciar el monitoreo.

Las muestras colectadas se deberán conservar de la siguiente manera (Normas Mexicanas y/o el Estandar Methods of Examination of Wastewater):

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶Analista

Parámetro	Forma de Preservación	Tiempo Máximo de Preservación
pH	Ninguno	Inmediato
Temperatura	Ninguno	Inmediato
Alcalinidad total	Frío (4°C)	14 días
Sulfatos	Frío (4°C)	28 días
Dureza total	HNO ₃ a pH<2	6 meses
Nitratos	Frío (4°C)	48 horas
Nitritos	Ninguno	Inmediato

...Continua sig. lámina

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶Analista

Parámetro	Forma de Preservación	Tiempo Máximo de Preservación
Nitrógeno amoniacal	Frío (4°C) y H ₂ SO ₄ a pH<2	7 días
Grasas y aceites	H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días
Cromo hexavalente	Frío (4°C)	24 horas
Metales pesados totales	Agregar HNO ₃	6 meses
Sólidos en general	Frío (4°C)	48 horas

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶Analista

Si se encuentran valores de explosividad entre 50 y 100% o valores de ácido sulfhídrico mayores a 15 ppm, se deberá ventilar la lumbrera con equipo de extracción y coleccionar las muestras necesarias para determinar el origen del problema, por ejemplo:

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶Analista

Si el agua presenta olor a combustible o existe índice de explosividad, se tomarán muestras para análisis de orgánicos volátiles y se evaluará la lumbrera aguas arriba, identificando los colectores aportadores y la zona de procedencia de hidrocarburos, utilizando como apoyo planos hidráulicos

- De manera similar, si se determinan parámetros de campo con pH menor a 5.5 o mayor a 10, así como, temperaturas mayores a 40 °C.**

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

▶ Chofer

Apoyar al analista, traslado del equipo y limpieza del mismo, retiro y acomodo de la señalización vial.

5. Terminado el monitoreo y la evaluación, verificar que no se quede material o equipo en la lumbrera, acomodar las muestras colectadas y quitar las señalizaciones.

Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

6. Al final de la jornada realizar lo siguiente:

▶ Jefe de brigada

- Supervisar las actividades de su personal**
- Llenar los formatos correspondientes, resumiendo las actividades del día**

▶ Analista

- Llenar los formatos de ingreso a laboratorio de las muestras colectadas.**

...Continua sig. lámina



Procedimientos de monitoreo

Lumbreras

Analista

- **Anotar en bitácora, el número de folio de cada muestra colectada**
- **Ordenar en el sitio destinado el equipo de monitoreo, previamente limpio y revisado**

Sifones

1. Ubicar el sifón e identificar el colector al que pertenece, auxiliandose con planos y especificaciones del mismo

Procedimientos de monitoreo

Sifones

2. Anotar las características principales del sifón, tanto en la entrada como en la salida (azolvamiento, corrosión, deterioro de accesorios, dirección de flujo, niveles de explosividad y estado operativo en general).

3. Describir el entorno circundante al colector y su influencia a escuelas, casas, fábricas, estructuras subterráneas, etc.

4. Llenar el formato correspondiente a sifones, anotando lo más relevante del monitoreo.

Objetivo General

- Realizar la caracterización cuantitativa detallada de los residuos peligrosos,
- Preparar el dictamen del estado que guarda el sitio contaminado y los daños ocasionados o que pueden ocasionar estos residuos a los ecosistemas y a la salud, y
- Desarrollar al menos dos propuestas de acción para corregir o rehabilitar las zonas dañadas.

Alcances

Los alcances incluyen tres aspectos generales que son:

- Caracterización cuantitativa detallada del sitio contaminado.
- Elaboración del dictamen del sitio analizado.
- Recomendaciones para formular el plan de acción, con medidas correctivas y estrategias de restauración del sitio afectado (solo para la segunda etapa).

Propósito fundamental.

- Caracterizar cuantitativamente a los residuos peligrosos responsables de los daños ocasionados o potencialmente generadores de riesgo ambiental o a la salud, así como cuantificar la composición geológica o geohidrológica del lugar. También se caracterizará el estado, tipo, forma de acumulación, abundancia y distribución de los residuos peligrosos descargados y acumulados en el lugar afectado.

Alcances particulares.

Caracterización cuantitativa detallada del sitio contaminado

- 1.- Se realizará la caracterización detallada del sitio contaminado con residuos peligrosos, a través de muestreos que serán determinados a partir de un reconocimiento inicial del sitio.
- 2.- Una vez caracterizado el sitio se realizará la investigación de su entorno considerando los aspectos ambientales y socioeconómicos.
- 3.- Caracterizar cuantitativamente a los residuos responsables de los daños ocasionados o potencialmente generadores de riesgo ambiental y a la salud.
- 4.- Lograr basándose en la caracterización, las medidas que se requieran para controlar, restaurar y prevenir los daños que se pudieran seguir ocasionando al ecosistema, a los recursos naturales y a la salud humana.
- 5.- Caracterizar cuantitativamente los aspectos más importantes del sistema con la medición de variables bióticas y abióticas según los métodos reconocidos nacional e internacionalmente.

Alcances particulares.

Elaboración del dictamen del sitio analizado

- 1.- Se hará un dictamen acerca del estado que guarda el sitio contaminado y los daños potenciales o reales ocasionados a los ecosistemas y a la salud.
- 2.- Se realizará una revisión de consecuencias de los daños producidos en el sistema, en el tiempo y en el espacio, de tal manera que se puedan predecir posibles daños adicionales en el futuro sobre el medio ambiente y a la salud, tomando como base estándares nacionales y/o internacionales, y comportamiento de los ecosistemas.
- 3.-Se incluirá una caracterización del sitio sobre los efectos que se hayan evaluado en la población y ecosistemas identificados durante el proceso de investigación considerando la información documental de campo, y análisis realizados, se incluirán gráficas, croquis, planos de localización y fotografías del sitio.

Recomendaciones para formular el plan de acción, con medidas correctivas y estrategias de restauración del sitio afectado.

- 1.- Se desarrollarán por lo menos dos propuestas de acción como alternativas de solución que permitan corregir o rehabilitar el sitio; serán respaldadas por un análisis de factibilidad técnico económico.
- 2.- Favorecer y encauzar el proceso de restauración de los sitios alterados por efecto de depositar de manera irregular los residuos peligrosos.
- 3.- Actuar de forma inmediata ante cualquier evento inminente con características de riesgo a la salud pública o al ambiente.
- 4.- Clausurar el sitio para evitar nuevos ingresos de los residuos peligrosos y más riesgos para el ambiente y la salud.
- 5.- Aplicar las tecnologías apropiadas para cada caso específico, con el fin de garantizar la restauración.

Conclusiones y recomendaciones.

- Después de haber concluido las actividades del estudio se procederá a resumir las conclusiones obtenidas y se plantearán las recomendaciones de acción en el informe final. Adicionalmente se prepararán informes mensuales parciales.

METODOLOGÍA

- La metodología que se aplicará está diseñada con el propósito de cumplir con los alcances de los términos de referencia de la PROFEPA para este concurso, considerando además las experiencias de esta empresa.
- El método propuesto refleja básicamente el proceso de investigación tanto de campo como de gabinete a fin de lograr la caracterización del sitio contaminado con residuos peligrosos.
- Este método combina una serie de técnicas tanto de búsqueda de información, aplicación estadística, procesamiento de modelos, entre otras.

Investigación documental

- Se consultarán las fuentes oficiales y privadas, y se procederá a investigar, recopilar y analizar la información que permita identificar la peligrosidad de los residuos peligrosos y los daños al ambiente, la salud y la calidad de vida.
- Estos documentos podrán ser registros, diagnósticos, estudios, estadísticas, denuncias, fotografías; que se manejarán con la confidencialidad requerida.
- Cabe mencionar que, los documentos que se analizarán serán textos, estadísticas, gráficos, fotografías, planos, y todos aquéllos que permitan obtener datos de interés para el proyecto.

Consulta personal

- Esta consistirá en identificar las posibles fuentes de información que permitan suministrar datos del área que se encuentra contaminada de residuos peligrosos así como de sus daños.
- La investigación consistirá en identificar a las personas y lugar donde laboran para propiciar la consulta, obteniendo información objetiva y se solicitará por escrito la reunión con apoyo de la PROFEPA.

Investigación visual.

- Se procederá a hacer una visita con el fin de ubicar dentro del mismo las áreas contaminadas por los residuos peligrosos, estimar al mismo tiempo su volumen y caracterización.
- En esta parte de investigación se aplicarán entrevistas para verificar los efectos en la población, ecosistemas y características físicas del sitio y entorno.
- La información que se obtenga a través de las anteriores instancias será clasificada y evaluada para establecer su veracidad.
- Estos métodos de investigación serán aplicados en el proceso de recopilación, clasificación, análisis, diagnóstico y formulación de los informes establecidos en los términos de referencia.

Análisis topográfico del sitio.

- En esta parte de la investigación se recopilará la información disponible en gabinete y en campo, con relación a la superficie de la zona de estudio, condiciones topográficas y/o distribución y condiciones de los residuos peligrosos.
- La finalidad de éste método es la de definir el área contaminada, el tipo de instalaciones que se tienen, la superficie total del predio y ubicar los puntos de muestreo.
- Para desarrollar los trabajos, se ha establecido un proceso que permitirá caracterizar al sitio mediante lo establecido en los términos de referencia,
- Este proceso de trabajo se ha dividido en tres partes que son:
 - Caracterización del sitio y su entorno.
 - Elaboración del dictamen del sitio analizado.
 - Elaboración de las recomendaciones para formular el plan de acción con medidas correctivas y estrategias de restauración del sitio.

Análisis geofísico.

- Para este estudio se propone hacer una evaluación geofísica del sitio contaminado, con la finalidad de determinar los contaminantes presentes en el subsuelo, así como la distribución horizontal y vertical de las unidades geológicas, y por último determinar la profundidad del nivel freático.
- Con ayuda del análisis geofísico y mediante su interpretación, se determinará la ubicación y profundidad de los pozos exploratorios.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ 1.- Historia del sitio

- Materiales y sustancia manejadas en el sitio.
- Antiguas infraestructuras (por ejemplo áreas de almacenamiento, etc.).
- Áreas de acumulación de residuos.
- Desarrollo urbano.
- Localización de pozos de agua potable.
- Geología regional.
- Hidrogeología regional.
- Usos del suelo y agua.
- Zonas agrícolas.
- Complejo deportivo.
- Desarrollo industrial.
- Aguas termales.
- Cuerpo de agua en la cercanía del sitio.
- Escurrimiento y canalización de aguas de superficie.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ 2. Caracterización del suelo.

- Se propone utilizar los siguientes métodos para circunscribir las zonas contaminadas según el tipo de contaminante, evaluar las superficies afectadas y estimar los volúmenes de suelo contaminado:
 - **Pozos de exploración.**
 - **Muestreo de los suelos.**

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ **3. Contaminación del agua subterránea.**

- En el caso de existir un manto freático somero, es decir a menos de 10 metros de profundidad, y si se sospecha que pueda haberse contaminado, se procederá a la instalación de un pozo de monitoreo de agua.
- **Instalación de pozos de observación.**
- Instalación de pozos de monitoreo para la evaluación de la calidad del agua subterránea se hará acorde con el método de la EPA descrito en el Handbook of suggested practices for design and installation of ground-water monitoring wells, (EPA 600/4-89/034)
- **Muestreo de agua subterránea.**
- La muestra de agua subterránea será tomada del pozo de observación instalado en el sitio después de haber sido purgado para obtener una concentración estabilizada del parámetro estudiado. El volumen de la purga será de 5 veces el volumen del pozo. La muestra de agua tomada 24 horas después de haber purgado el pozo.
- Para el muestreo se utilizará un bailer desechable para eliminar la posibilidad de contaminación del pozo analizado.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ 4. Parámetros analíticos.

- Los parámetros analíticos que serán determinados en las muestras de suelo y de agua subterránea dependerán de los resultados de la caracterización de los residuos encontrados.

- | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ■ Parámetros generales | pH, conductividad, DQO, DBO, Radiactividad. |
| ■ Parámetros inorgánicos | Metales pesados. |
| ■ Hidrocarburos aromáticos monocíclicos | Benceno, tolueno, etilbenceno, xileno, etc. |
| ■ Hidrocarburos aromáticos policíclicos | Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(a)fluoranten |
| ■ . | Naftaleno, pireno, etc. |
| ■ Compuestos fenólicos | No clorados, clorofenoles. |
| ■ Hidrocarburos clorados | Aloifáticos clorados, clorobenceno, hexaclorobenceno, |
| ■ . | BCP's, PCDD, PCDF, etc. |
| ■ Pesticidas | Organoclorados, organofosforados, carbonatados. |

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ 4. Descripción del entorno.

- Se hará la investigación en campo del sitio contaminado que incluirá:
- **Del sitio.** La información específica sobre los usuarios, responsables y/o sus propietarios del sitio; situación legal, la ubicación geográfica del mismo, las colindancias, servicios existentes y el uso del suelo.
- **Condiciones naturales.** Investigar información del tipo de clima, temperatura, precipitación pluvial, velocidad y dirección del viento, etc., la hidrología y geología del lugar, así como su topografía, flora y fauna.
- **Entorno.** Se efectuará un recorrido del entorno, donde se investigará sobre los aspectos naturales y socioeconómicos, así como también se investigará la información documental. Durante este recorrido se realizarán entrevistas a personas al azar, de poblados cercanos al sitio, con el fin de corroborar y enriquecer los datos obtenidos.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

- **6. Identificación y caracterización de los residuos peligrosos.**
- Se efectuará la identificación y caracterización de los residuos peligrosos que se encuentren depositados dentro del sitio, a su vez se procederá a determinar la peligrosidad de los contaminantes, además de cuantificarlos y ubicarlos en el terreno.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

- **7. Dimensión espacial de la zona y del área de influencia.**
- Como parte de los trabajos de campo, se realizará la medición del área de afectación de los residuos peligrosos en el sitio y del área de influencia. También se calculará de ser posible mediante modelos matemáticos la estimación de la profundidad de afectación o distribución de los residuos peligrosos respaldada por un resultado de los análisis de los muestreos realizados y el análisis topográfico.
- Con estos datos se pretenderá obtener un volumen estimado del sitio contaminado y del área de influencia.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ **8. Información de los efectos ocasionados a la salud del hombre.**

- En esta etapa se recopilará información acerca de los efectos ocasionados a la salud del hombre por la relación con los residuos peligrosos.
- Se investigará en fuentes no oficiales como instituciones de investigación y descentralizadas de la situación epidemiológica de los sitios y fuentes oficiales como el IMS, ISSSTE, y SSA, para solicitar información concerniente a estudios epidemiológicos de la población y su interrelación con el sitio, los cuales contengan la siguiente información:
 - Enfermedades más comunes, estacionales, endémicas, cíclicas, que incluya la edad y grupo social para cada enfermedad.
- Con la información de los resultados de los muestreos se investigarán estudios toxicológicos de los efectos de los contaminantes, así como normas o niveles de peligrosidad y aceptación.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ 9. Efectos percibidos en el ecosistema.

- En este aspecto se identificarán los efectos que tiene sobre la flora y la fauna, los residuos peligrosos, depositados en el sitio contaminado. Para ello, se realizarán las siguientes acciones:
- Se investigarán los tipos de vegetación y biodiversidad faunística que se encuentran en le área de influencia; definiendo para cada uno de ellos, su distribución, especies características, de interés comercial, endémicas amenazadas y en peligro de extinción, índice de diversidad, altura promedio, porcentaje de cobertura.
- En las áreas aledañas al sitio, se efectuaran entrevistas a los pobladores, para conocer los efectos observados en el medio ambiente (pérdida de especies animales y vegetales, aparición de nuevas especies tanto animales como vegetales, daños visibles en la vegetación, proliferación de fauna nociva, disminución en la producción de especies vegetales comerciales, intoxicación por el consumo de plantas contaminadas, etc.).
- Se efectuará un reconocimiento visual del área de influencia para observar si la vegetación del lugar presenta sintomatología, relacionada con la contaminación ocasionada por los residuos peligrosos dispuestos, así como los muestreos correspondientes y necesarios.
- Se investigarán de igual manera con base a los resultados de los monitoreos, información bibliográfica sobre efectos a los ecosistemas.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

- **10. Distancia del sitio contaminado de los residuos peligrosos a puntos estratégicos.**
- Una vez que se haya caracterizado el sitio de disposición de los residuos peligrosos, se ubicarán en la cartografía disponible del INEGI o de las dependencias estatales o federales que cuentes con ella.
- En estos mapas se ubicará el sitio para establecer la distancia a los centros poblacionales, recreacionales, márgenes fluviales, presas, lagos y represas, para establecer así el radio de afectación real y el máximo posible.
- Siguiendo el mismo procedimiento también se establecerá la distancia de área naturales protegidas, centros de desarrollo económico como agricultura, ganadería, pesca, industria y comercio.
- Las distancias obtenidas en la cartografía serán corroboradas por los recorridos en campo con la finalidad de reducir el margen de error y obtener así la distancia real entre los sitios de disposición y los puntos afectados.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

- **11. Características del relieve topográfico, suelo y subsuelo.**
- Para conocer las características del relieve topográfico, suelo y subsuelo se realizarán las siguientes actividades:
- Se realizarán observaciones de la composición y características del suelo y subsuelo de cada sitio, de acuerdo a su composición (roca, limo, arcilla, arena, grava o sus mezclas).
- También se realizará el levantamiento en campo de las corrientes permanentes y temporales cercanas al sitio para ubicar la profundidad del manto freático de cada punto y a nivel regional, se realizará la investigación de forma bibliográfica y cartográfica de las fuentes disponibles.
- Para determinar la sismicidad se buscarán en dependencias oficiales los registros de estos eventos, desde los más antiguos hasta los más recientes disponibles, con estos datos se establecerá el patrón de sismicidad en el punto y en forma general en la zona.
- Toda la información recabada en campo servirá para ampliar y/o complementar la que se obtenga de la consulta bibliográfica y cartográfica.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

- **12. Riesgo potencial de afectaciones al ecosistema y a la salud del hombre.**
- Con la información recabada bibliográficamente y la caracterización del sitio se realizará un análisis y dictamen de probabilidad de daños a la salud y pérdidas de vidas humanas, pérdidas al valor de la propiedad, a la calidad de vida de los pobladores (al bienestar económico y cultural), y la calidad de recursos naturales asociados.
- Se emplearán modelos de simulación que permitan predecir las consecuencias indeseables a corto, mediano y largo plazo, del mismo modo se realizará una evaluación estimada de la magnitud y frecuencia de los daños.
- Con los datos proporcionados por los modelos, se estará en posibilidad de extrapolar las condiciones que se pudieran generar a corto plazos. Con estas proyecciones se establecerá un rango de prioridades.

CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO

■ **13. Aspectos socioeconómicos.**

- Los indicadores y aspectos socioeconómicos que se involucren del sitio serán consultados principalmente en la bibliografía con que cuenta el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), como son anuarios estadísticos, censos industriales, y cuadernos estadísticos municipales, así como bibliografía que edite el INEGI y sea de utilidad para la realización del dictamen.

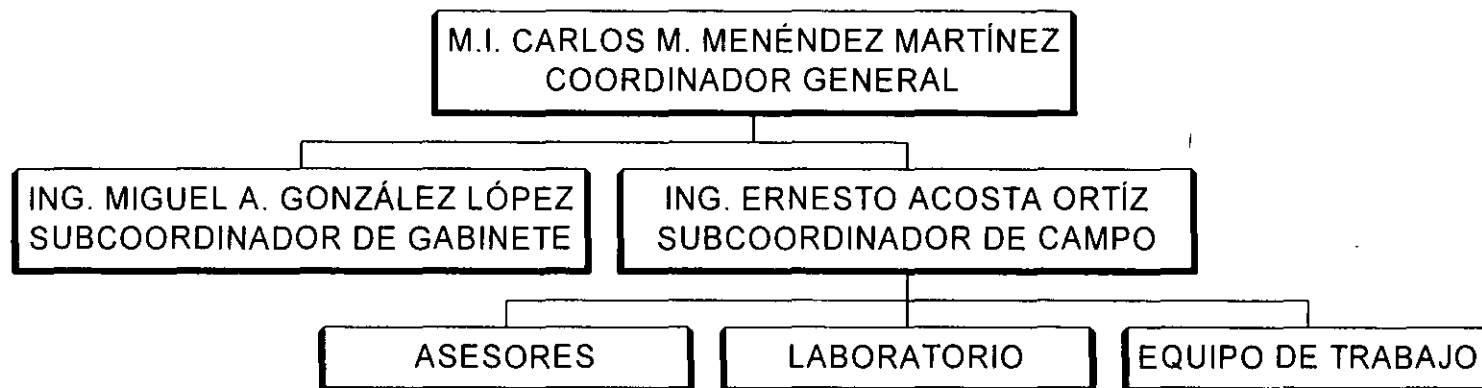
ELABORACIÓN DEL DICTAMEN DEL SITIO ANALIZADO

- Para el desarrollo del dictamen se tendrá como base la información recopilada en el proceso de investigación física y documental que incluye la descripción de los daños al ecosistema y a la salud en forma detallada y respalda con conclusiones presentando evidencias y datos objetivos, fotografías, encuestas, etc.
- Dentro del dictamen se presentarán evidencias de los daños ocasionados por el sitio contaminado. Con apoyo de la evaluación de los análisis y monitoreos para determinar los daños producidos por el sistema, en el tiempo y en el espacio, de tal manera que se puedan predecir posibles daños adicionales en el futuro, sobre el medio ambiente y a la salud, tomando como base estándares nacionales y/o internacionales y comportamiento de los ecosistemas.
- Todo lo anterior permitirá detectar alteraciones al equilibrio natural de los ecosistemas y los efectos a la salud y el bienestar de la comunidad potencialmente afectada, que permitirán presentar propuestas para la rehabilitación del sitio.

RECOMENDACIONES PARA FORMULAR EL PLAN DE ACCIÓN CON MEDIDAS CORRECTIVAS Y ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN DEL SITIO AFECTADO.

- Con el dictamen elaborado se procederá a proponer por lo menos dos propuestas de alternativas para la restauración y rehabilitación del sitio, será efectuada con base en las siguientes etapas:
- Interpretación del conjunto de los datos
- Revisión de las alternativas de tratamiento.

ORGANIGRAMA DEL GRUPO DE TRABAJO



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	MES		
	1	2	3
1. Caracterización cuantitativa detallada del sitio contaminado	■	■	
2. Elaboración del dictamen del sitio contaminado		■	
3. Recomendaciones para formular el plan de acción con medidas correctivas y estrategias de restauración del sitio afectado		■	■
4. Elaboración del informe final			■

Cadena de custodia

ITS Intertek Testing Services
Laboratorios Ambientales

Bvd Manuel Avila Camacho No. 102 Lomas de Chapultepec México D.F. (52) 54 15 00

CADENA DE CUSTODIA

<p>Reportar a</p> <p>Compañía _____</p> <p>Dirección _____</p> <p>Contacto _____</p> <p>Teléfono _____</p> <p>Fax _____</p> <p>Cotización # _____</p> <p>Nombre del proyect _____</p>		<p>Facturar a</p> <p>Compañía _____</p> <p>Dirección _____</p> <p>Contacto _____</p> <p>Teléfono _____</p> <p>Pedido # _____</p> <p>RFC # _____</p> <p>Sitio de muestreo _____</p>		<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Análisis / Método Solicitado</p>										<p>Para uso exclusivo del Laboratorio Fecha de recepción _____</p> <p>Tem de Hojeras en la recepción</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td> </tr> </table> <p>Sello de Custodia SI / NO _____</p> <p>Intacto SI / NO _____</p> <p>Prueba de Radioactividad _____</p>		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5																
<p style="font-size: small;">Tipo de cont. 2</p>																				
Matriz	Fecha	Hora	Comp	Simple	Identificación de la muestra	Vial	VT	VA	PID			<p>Id. Muestra Lab (Para uso exclusivo del Lab.)</p>								
Empty grid for sample tracking																				
<p>Tiempo de entrega de resultados <input type="checkbox"/> Prioridad 1 ó Estándar (12 días) <input type="checkbox"/> Prioridad 2 ó 50% (8 días) <input type="checkbox"/> Prioridad 3 ó 100%* (3 días) * Debe coordinarse junto con el gerente de Proyectos</p>										<p>Observaciones</p> <p>Al entregar las muestras al Laboratorio, el cliente acepta las condiciones y términos especiales en la cotización.</p>										
Muestreado por (Nombre/Firma) _____					Fecha _____		Recibido por (Firma) _____							Fecha _____						
Recibido por (Firma) _____					Fecha _____		Recibido por (Firma) _____							Fecha _____						
<p>NOTA: FAVOR DE INDICAR EL TIPO DE PARA CUIJNO DE LOS ANALISIS REQUERIDOS</p>																				
<p>1 MATRIZ AR - Agua Residual AP - Agua Potable L - Líquido LD - Lodos SD - Sólido AC - Aceria S - Suelo Al - Aire T - Tubo/absorbente F - Fibra</p> <p>2 CONTENEDOR VOA - Vial de 40 ml VT1L - Vidro Transparente de 1 litro VA1L - Vidro amber de 1 litro P1L - Plástico 1 Litro EST - Estien 125 ml</p> <p>CP - Caja Pebril B - Bolsa Vt125ml Vidro Transparente de 125 ml Vt250ml Vidro Transparente de 250 ml</p>																				

COPIA

Intertek Testing Services

**TERMINOS DE REFERENCIA PARA LA
CARACTERIZACION DEL SITIO
CONTAMINADO CON RESIDUOS
PELIGROSOS CEMENTERIO
INDUSTRIAL, EDO. DE HIDALGO**

TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS

C O N T E N I D O

	página
1.- INTRODUCCIÓN.	4
2.- JUSTIFICACIÓN.	5
3.- ESPECIFICACIONES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS.	7
3.1: Caracterización cuantitativa detallada del sitio contaminado.	7
3.1.1. Introducción.	7
3.1.2. Objetivo.	7
3.1.3. Alcances del Estudio.	7
3.1.4. Principales Actividades a Desarrollar.	8
3.1.5. Geología y Geohidrología.	8
3.1.6. Biota.	8
3.1.7. Equipo.	9
3.1.8. Bitácora de campo.	9
3.1.9. Métodos de muestreo, medición y análisis.	9
3.1.10. Personal participante.	9
3.2: Elaboración del dictamen del sitio analizado.	10
3.2.1. Objetivo.	10
3.2.2. Principales Actividades a Desarrollar.	10
3.3: Recomendaciones para formular el plan de acción, con medidas correctivas y estrategias de restauración del sitio afectado (sólo para la segunda etapa).	11
3.3.1. Introducción.	11

3.3.2. Objetivo.	12
3.3.3. Alcances.	12
3.3.4. Principales Actividades a Desarrollar.	11
4.- ANEXOS.	
ANEXO 1: Medidas de seguridad recomendadas para aplicar durante los trabajos de campo.	13
ANEXO 2: Formatos.	17
Formato D.1.4.1. Registro del personal de la empresa consultora.	17
Formato D.1.4.2. Distribución del personal de la empresa consultora.	18
ANEXO 3: Listado de los parámetros de referencia para los muestreos y análisis.	19
ANEXO 4: Sistemas y métodos de tratamiento y restauración de sitios contaminados.	23
4.1. Sistemas de tratamiento y estrategias de control de suelos contaminados.	23
4.2. Características del sitio.	24
4.3. Situaciones particulares de riesgo.	24
4.4. Biorremediación de suelos.	25
ANEXO 5: Cronograma de Actividades.	

1. INTRODUCCIÓN.

México no cuenta con un inventario de tiraderos clandestinos de residuos peligrosos; tampoco cuenta con suficientes sitios públicos adaptados con ingeniería para la disposición final de los mismos, con sistemas de tratamiento para reprocesamiento y/o para incinerar los grandes volúmenes de residuos que se generan en los diferentes sectores productivos y sociales del país. El censo o registro sobre la generación de residuos peligrosos es muy impreciso, por lo que se tiene un estimativo para ciertos giros industriales, como son: los de la minería extractiva y de fundición, industria química básica, orgánica e inorgánica y la agroindustria. Se estima que estas industrias generan 5.292 millones de toneladas por año de residuos peligrosos (INE, 1992). En este valor no se contempla a muchos giros por ejemplo las actividades de exploración y explotación de petróleo, transportes marítimos, ferrocarril, ni a los generadores de energía eléctrica con su respectivo servicio, a las maquiladoras de la zona fronteriza norte y del resto del país, tampoco a los hospitales, centros e institutos de investigación, talleres, laboratorios, tintorerías, imprentas, campos agrícolas, rastros, etc.

De la cantidad mencionada, se estima que el 10% se dispone y procesa en forma regular en los confinamientos autorizados y en las plantas recicladoras. El 90% restante, más lo no evaluado, permanece expuesto a cielo abierto en tiraderos clandestinos privados y públicos o se vierten a los drenajes y/o se queman sin ningún control, con secuelas de contaminación para el suelo, subsuelo, mantos freáticos y aire, ocasionando además riesgos potenciales y malestar a la salud de las poblaciones circundantes.

Los residuos de mayor riesgo son los productos químicos sintetizados por el hombre, ya que como nunca antes habían existido sobre el planeta, no se han desarrollado organismos capaces de degradarlos y hacerlos inocuos.

En la actualidad hay un total de 65,000 productos químicos industriales en el uso comercial habitual y los datos toxicológicos están disponibles sólo para aproximadamente el 1% del total. Cada día ingresan al mercado entre tres y cinco nuevos productos químicos, un 80% de esos productos no son probados antes para conocer su toxicidad. Cada día en el mundo, se genera un millón de toneladas de residuos peligrosos, de los cuales un 90% corresponde a los países industrializados y un 10% a los restantes. En un día promedio en Estados Unidos de América se registran cinco incidentes industriales asociados generalmente a la generación de residuos peligrosos. Recientemente Noruega ha encontrado 7,000 sitios donde el suelo está contaminado con agentes químicos y metales; el gobierno estima que su eliminación costará entre 3,000 y 6,000 millones de dólares.

A medida que las naciones industrializadas comienzan a encontrar suelos y aguas subterráneas contaminadas por descargas irresponsables de residuos peligrosos realizados décadas atrás, se registra una creciente presión en los países en vías de industrialización del Sur para introducir procesos de manufactura o descarga de residuos que ya no son tolerables en los países del Norte (Meadows *et al.*, 1993)

En agosto de 1990 fueron identificados en Estados Unidos de América, 1187 sitios contaminados por disposición de residuos peligrosos, con los cuales se integró el Listado

Nacional. Para 1993 esa cifra ya ascendía a 30,000 sitios (La Grega *et al.*,1994), lo cual demuestra el crecimiento del número de sitios clandestinos donde se disponen los residuos, con riesgos a la población y a los ecosistemas.

2. JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo industrial del país continúa y continuará en forma ininterrumpida y con ello los riesgos y la contaminación por la generación, manejo, transporte y disposición de residuos peligrosos. La Federación, consciente de este problema, elaboró en 1988 la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, modificándola en diciembre de 1996, con el objeto de regular la actividad desde el generador hasta la disposición final o reciclaje de los residuos peligrosos. Sin embargo, en materia de suelo y subsuelo aún existe un vacío que es necesario cubrir para fortalecer y consolidar la actual legislación ambiental.

En ese renglón, la preocupación se potencializa al conocer los antecedentes históricos de la cuna de la civilización industrial en México. En la época de la colonia con las actividades mineras, fundidoras y azucareras (trapicheras) en su primera etapa; petroleras, textileras, papeleras e ingenios azucareros y destiladoras en su segunda etapa. Estas actividades generaron residuos industriales que sin conocimiento de su composición, volúmenes y riesgos, fueron depositados en cualquier sitio disponible.

A partir de 1950 se aceleró y diversificó el desarrollo industrial de México y los criterios de productividad también se mejoraron, pero se seguía careciendo de un ordenamiento ambiental. Desde esa época hasta 1988 se instrumentó la legislación ambiental con normas regulatorias para el manejo (generación, disposición y reciclaje) de residuos peligrosos. Durante ese período los residuos peligrosos y no peligrosos también fueron depositados en sitios abandonados, pozos petroleros agotados, ríos, lagunas, resumideros y cañadas, sin conocer ni tener identificados los efectos sobre los ecosistemas, la magnitud de los mismos y sus secuelas a la población. Esta última época representa el mayor aporte de residuos peligrosos a sitios clandestinos.

En la actualidad, aún cuando se cuenta con un mejor control por parte de las autoridades, que existe mayor concientización de los empresarios sobre el cuidado del ambiente y que se ha mejorado y modernizado la planta productiva, la generación de residuos peligrosos sigue siendo inevitable y el riesgo de disponer a éstos en sitios abandonados se incrementa por el hecho de existir también un aumento en su generación. De ahí la gran urgencia por identificar estos lugares, evaluarlos y controlarlos mediante la aplicación de técnicas avanzadas o adaptando en forma intensiva las que la propia naturaleza lleva a cabo a través de mucho tiempo, garantizando con ello un medio más sano y sustentable.

De esta manera, el gobierno federal incorpora, dentro de los grandes propósitos del Programa de Medio Ambiente para el periodo 1995-2000, al Programa para la Identificación y Atención de Sitios Contaminados con Residuos Peligrosos, como un área a desarrollar.

El objetivo del estudio está en concordancia con lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, puesto que en éste se establece que..."la problemática de los

residuos peligrosos es aguda, ya que del total de ellos una gran cantidad se abandona en baldíos y calles, por lo que éstos han generado alteraciones drásticas en los ecosistemas, por lo que junto con las acciones para frenar las tendencias del deterioro ecológico y transitar a un desarrollo sustentable, se realizarán programas específicos para restaurar los sitios más afectados por el inadecuado manejo de residuos peligrosos, sanear las principales cuencas hidrológicas y restaurar áreas críticas para la protección de la biodiversidad. Otro soporte del objetivo de este estudio está definido por la meta del proyecto estratégico del PMA 95-2000, denominado "Reducción y Manejo Seguro de Residuos Peligrosos" mediante la que se pretende reducir el impacto ambiental atribuible a los residuos peligrosos, en lo que respecta a acuíferos, suelos, riesgo, salud y cadenas tróficas.

3. ESPECIFICACIONES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS.

3.1: CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA DETALLADA DEL SITIO CONTAMINADO.

3.1.1. INTRODUCCIÓN.

El programa de caracterización y medición de parámetros en sitios contaminados con residuos peligrosos, incluye una serie de actividades necesarias para obtener los valores cuantitativos que caractericen al sitio con mayor precisión. Estas actividades comprenden la plena identificación y cuantificación de los contaminantes presentes en el suelo, subsuelo, en el agua subterránea y superficial y en el aire. Asimismo, esta información será reforzada por un análisis edafológico de mayor profundidad, con estudios geológicos y geohidrológicos asociados, con el fin de conocer la composición del suelo y el comportamiento de las corrientes subterráneas. Las características cuantitativas de los contaminantes contenidos en el suelo y subsuelo son importantes para poder predecir el comportamiento de las zonas saturadas e insaturadas ya que en las primeras, algunas sustancias se van a disolver mientras que otras van a permanecer inmóviles.

Las muestras que se obtengan *in situ* deben ser representativas del sistema y tomadas por especialistas para su envío al laboratorio, poniendo en práctica un sistema de control de calidad que garantice el estado original de las muestras hasta que éstas se analicen en un laboratorio certificado. La toma de muestras para un estudio de suelo representa toda una especialidad, ya que se deben considerar técnicas estandarizadas adecuadas de perforación, de sondeo, de monitoreos *in situ*, de calibración de instrumentos, de procedimientos de trabajo y de seguridad e higiene industrial. Este último para prevenir que los riesgos personales no se potencialicen durante las perforaciones o sondeos.

La caracterización cuantitativa y detallada del sitio contaminado permitirá determinar la presencia de los diferentes contaminantes que se encuentran en el suelo, en el aire, en el agua superficial y subterránea y en la biota terrestre y acuática. El acopio de esta información se fortalece con la información geológica e hidrogeológica; así como de los estándares establecidos en la normatividad nacional como internacional y, pruebas *in vitro* para definir la toxicidad de determinados compuestos, según el caso.

3.1.2. OBJETIVO.

Caracterizar cuantitativamente a los residuos peligrosos responsables de los daños ocasionados o potencialmente generadores de riesgo ambiental y a la salud que se encuentren en el sitio contaminado, así como cuantificar la composición geológica y geohidrológica del lugar. También será el de caracterizar el estado, tipo, forma de acumulación, abundancia y distribución de los residuos peligrosos descargados o acumulados en el lugar afectado.

3.1.3. ALCANCES DEL ESTUDIO.

Los resultados del análisis cuantitativo no sólo permitirán caracterizarlo con una mayor certeza sino que podrán ser utilizados para tomar medidas tan drásticas como se

requiera para controlar, restaurar y prevenir los daños que se pudieran seguir ocasionando al ecosistema, a los recursos naturales y a la salud humana.

3.1.4. PRINCIPALES ACTIVIDADES A DESARROLLAR.

Se caracterizarán cuantitativamente los aspectos más importantes del sistema con la medición de variables bióticas y abióticas según los métodos reconocidos nacional o internacionalmente. Los instrumentos, aparatos y/o herramientas de medición en campo y laboratorio deberán cumplir con los requerimientos que estipula la Ley Federal de Metrología y Normalización. Los análisis deberán ser realizados por un laboratorio certificado por el Sistema Nacional de Laboratorios de Pruebas (SINALP).

3.1.4.1. Presentar un plan detallado de trabajo que contenga:

- Criterios para el establecimiento de los puntos de monitoreo (número y distribución)
- Criterios para seleccionar la frecuencia de colecta de muestras.
- Procedimientos de muestreo para cada caso (según normatividad o referencias probadas).
- Selección de los parámetros de evaluación *in situ* y laboratorio (justificados técnica y normativamente; ANEXO 3).
- Técnicas para el análisis de laboratorio (justificados técnica y normativamente).
- Programa calendarizado de muestreo y análisis.
- Aseguramiento de la calidad (procedimientos por escrito).

3.1.5. GEOLOGÍA Y GEOHIDROLOGÍA.

Se obtendrá la composición química y física del suelo y sub-suelo, así como la concentración y distribución de los contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas, incluyendo el comportamiento de su velocidad y dirección de flujo.

3.1.6. BIOTA.

3.1.6.1. Flora terrestre: determinar tipo de especie, altura promedio, porcentaje de cobertura, densidad, diversidad, dominancia, número de especies endémicas y/o en peligro de extinción, número de especies claves, número de especies de interés comercial, número de especies de valor cultural por etnias o grupos sociales, número de especies nocivas que se han desarrollado, y número de especies introducidas.

3.1.6.2. Flora acuática (fitoplancton, bentos): determinar abundancia relativa, diversidad, dominancia, cambios estacionales, número de especies nocivas, número de especies de interés comercial, producción primaria en el área de influencia y número de especies introducidas.

3.1.6.3. Fauna terrestre: determinar tipo de especies, abundancia relativa, índice de diversidad, índice de dominancia, zonas de reproducción, corredores (rutas migratorias), especies migratorias, número de especies endémicas y/o en peligro de extinción, número de especies de interés cinegético, período de vedas, número de especies de interés comercial, número de especies de valor cultural para etnias o grupos sociales, número de especies nocivas que se han desarrollado, número de especies introducidas.

3.1.6.4. Fauna acuática (zooplancton, necton y bentos): determinar abundancia relativa, índice de diversidad, índice de dominancia, cambios estacionales, número de especies endémicas y/o en peligro de extinción, número de especies de interés comercial, producción pesquera y/o de cultivo en el área de influencia y número de especies introducidas.

3.1.7. EQUIPO.

La consultora deberá disponer de maquinaria, equipo, instrumentos, materiales y reactivos necesarios para realizar la valoración del sitio. El uso de toda esta maquinaria y equipo de muestreo y análisis deberá quedar registrada en una bitácora foliada, calendarizando las fechas de uso y estancia en campo. Así mismo deberá anexar los certificados de calibración vigentes. Como alternativa, estas condiciones podrán ser cubiertas subcontratando los servicios de laboratorios externos y de otras empresas con capacidad y experiencia en estas actividades; pero siempre, la consultora mantendrá la responsabilidad de estos requisitos.

3.1.8. BITÁCORA DE CAMPO.

La consultora deberá implementar un sistema de control de las actividades de campo que llevará a cabo, uso y calibración de los equipos e instrumentos, mediante bitácora foliada, misma que será verificada y firmada por la PFFA, en su caso, y por la propia consultora.

3.1.9. MÉTODOS DE MUESTREO, MEDICIÓN Y ANÁLISIS.

Para la caracterización de los sitios contaminados se pueden utilizar métodos de detección indirecta y métodos de detección directa. Los dos tipos de métodos deberán ser consistentes con la información generada. Los métodos indirectos son más rápidos y se desarrollan *in situ*, aunque son limitados en la diversidad de los parámetros a evaluar. Los métodos de medición directa se llevan a cabo mediante análisis de laboratorio y casi no tienen limitantes en cuanto a la diversidad de parámetros a valorar, sólo que requieren de mayor tiempo para conocer sus resultados y necesitan del apoyo de un programa de muestreo con técnicas sofisticadas para la toma y preservación de muestras.

Los métodos de muestreo, medición y análisis deberán ser realizados en congruencia con los términos establecidos por la Ley Federal de Metrología y Normalización y, en apego a las normas nacionales vigentes o, en su caso se podrá recurrir a las extranjeras si no se cuenta con ellas en el país. Todos estos procedimientos serán presentados para su aprobación a la PFFA.

3.1.10. PERSONAL PARTICIPANTE.

La consultora deberá garantizar la capacitación del personal técnico que participe en el estudio, de tal manera que las mediciones, técnicas de muestreo, redacción e interpretación de resultados, sean realizadas por personal calificado o entrenado específicamente en esta especialidad (Anexo 2.D.1.4.).

3.2. ELABORACIÓN DEL DICTAMEN DEL SITIO ANALIZADO.

3.2.1. OBJETIVO.

Diagnosticar acerca del estado que guarda el sitio contaminado y los daños potenciales o reales ocasionados a los ecosistemas y a la salud.

3.2.2. PRINCIPALES ACTIVIDADES A DESARROLLAR.

La empresa consultora presentará un juicio, describiendo los daños al ecosistema y a la salud, en forma detallada, respaldando cada una de sus conclusiones con evidencias y datos irrefutables, valores referenciados, fotografías, resultados de encuestas, etc.

Para formular el dictamen se aprovechará íntegramente la información generada y recopilada en el estudio de Inventario de sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos y evaluación preliminar de daños ambientales en el estado de "-----" proporcionado por la PFFPA, además de los resultados de la caracterización.

Se dictaminará el estado que guarda el sitio en función de los siguiente elementos:

- a) Situación legal del predio.
- b) Ingeniería aplicada al sitio.
- c) Cambios de uso del suelo.
- d) Riesgos potenciales a la salud y al ecosistema, que pudieran presentarse por: inundaciones, escurrimientos, sismos, asentamientos, uso productivo, agrícola, ganadero, urbanización, etc.
- e) Daños a la flora y a la fauna terrestre y acuática.
- f) Daños a la población (directos e indirectos, potenciales y reales), clasificados por agente y por vía de ingreso.
- g) Alteraciones al agua, aire y suelo.
- h) Alteraciones en el cambio de vida de la población.
- i) Repercusiones legales.
- j) Deslinde de responsabilidades.
- k) Afectaciones socioeconómicas.
- l) Repercusiones internacionales.
- m) Otros.

3.3: RECOMENDACIONES PARA FORMULAR EL PLAN DE ACCIÓN CON MEDIDAS CORRECTIVAS Y ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN DEL SITIO AFECTADO.

3.3.1. INTRODUCCIÓN.

La restauración y saneamiento ambiental de los sitios contaminados con residuos peligrosos, tiene como objetivos fundamentales:

- Actuar en forma inmediata ante cualquier evento inminente con características de riesgo a la salud pública o al ambiente.
- Aplicar las tecnologías apropiadas para cada caso específico, con el fin de garantizar la restauración.
- Clausurar el sitio para evitar nuevos ingresos de residuos peligrosos y más riesgos para el ambiente y la salud.

La restauración no significa necesariamente remover el material contaminado. En algunos casos puede contenerse la contaminación con barreras subterráneas o superficiales, de tal forma que no se extienda hacia otros ecosistemas con secuelas a la población. Las áreas contaminadas también se pueden impermeabilizar para reducir la generación de lixiviados.

La tecnología de restauración que se pueda aplicar a cada uno de los sitios contaminados dependerá del tipo de contaminante por remover, de la complejidad del sistema y del tamaño del sitio, entre otros.

Para hacer una propuesta de restauración, técnica y económicamente factible, es necesario contar con un dictamen previo, en donde se defina el tipo, cantidad y las propiedades de los contaminantes, su estado físico y la extensión del área afectada (lateral y vertical). En el caso de que exista agua subterránea se necesita información sobre la geohidrología y movimiento de corrientes subterráneas. Una vez definidas las alternativas de solución, se evalúa cada una de ellas, tomando en cuenta su efectividad, la factibilidad de ponerla en práctica, los plazos de ejecución y los costos. Hay que tener en cuenta que el período de remediación puede fluctuar de 4 meses a 2 años.

Los criterios para la selección del método de restauración, deberán considerar, además de lo anteriormente señalado:

- Métodos y tratamientos que de forma permanente y significativa reduzcan el volumen, la toxicidad y la movilidad de las sustancias peligrosas.
- Que la transportación de los materiales peligrosos fuera del sitio y disposición final sin tratamiento es la alternativa menos deseable en función del costo-eficiencia.
- Tecnologías de tratamiento para recuperar recursos.

3.3.2. OBJETIVO.

Desarrollar por lo menos dos propuestas de acción como alternativas de solución que permitan corregir o rehabilitar las zonas dañadas. Las alternativas de remediación recomendadas para el sitio contaminado deberán estar respaldadas por un análisis de factibilidad técnico-económica, con el propósito de que sean consideradas por la PFFA y/o empresa que pudiera llevar a cabo la rehabilitación.

3.3.3. ALCANCES.

Favorecer y encauzar el proceso de restauración de los sitios alterados por el efecto de depositar, de manera irregular los residuos peligrosos provenientes de industrias, hospitales, empresas de servicios, laboratorios, talleres, hoteles, centros de investigación y educación, rastros, etc.

3.3.4. PRINCIPALES ACTIVIDADES A DESARROLLAR.

3.3.4.1. Después de haber caracterizado el sitio afectado y diferenciado los daños ocasionados por efecto de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos, se deberá elaborar una propuesta que sugiera las medidas preventivas y correctivas que, por una parte, eviten el seguir disponiendo de manera irregular de los residuos peligrosos y por otra, que induzcan al restablecimiento del sitio afectado.

Estas medidas deberán considerar el ofrecimiento de alternativas factibles de disposición o manejo de los residuos peligrosos generados, hasta la estricta aplicación de las leyes, reglamentos y normas que pudieran evitar el que se continúe disponiendo, de manera ilegal los residuos.

3.3.4.2. Desarrollar la propuesta de remediación del sitio contaminado que sea considerada como la más adecuada (ANEXO 4) y demostrar su factibilidad técnica y económica. Esta propuesta deberá considerar la magnitud del daño, la dimensión y características del área contaminada, la cantidad y tipo de contaminante que se pretende remover o transformar para que pierda o reduzca sus propiedades de peligrosidad.

3.3.4.3. Se deberán describir otras posibilidades de remediación del sitio contaminado que sirvan como referencia de costos y eficiencias de rehabilitación. Se deberá acompañar por una relación de ventajas y desventajas.

3.3.4.4. Presentar una serie de condiciones mínimas necesarias para la implantación de la tecnología de la remediación propuesta.

3.3.4.5. Se deberán priorizar las actividades de restauración a corto, mediano y largo plazo.

3.3.4.6. Realizar un análisis preliminar del riesgo al que se podría incurrir por la plantación de la tecnología de remediación seleccionada (modelos de simulación).

3.3.4.7. Sugerir las medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales esperados.

ANEXO 1. MEDIDAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS PARA APLICAR DURANTE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

Durante los trabajos de muestreo para caracterizar el sitio contaminado por disposición ilegal de residuos peligrosos, se deberá observar como mínimo las siguientes recomendaciones de seguridad e higiene.

1. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL:

El consultor debe asegurar que todo el personal involucrado en los trabajos de campo, tenga conocimiento de los riesgos a que puede estar expuesto, partiendo de la base que se desconoce los tipos de residuos que se encuentran presentes en cada sitio o las características que por asociación de residuos incompatibles se pudieran presentar.

2. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:

Los trabajadores involucrados en las actividades de campo deberán contar como mínimo con el siguiente equipo:

- Uniforme de algodón.
- Tybek.
- Zapatos de seguridad con casquillo.
- Goggles.
- Mascarilla con filtro para vapores.
- Casco dieléctrico.
- Guantes de diferentes tipos (contra ácidos, de carnaza, dieléctricos, etc.)

3. MATERIALES PARA ASEGURAR LOS TRABAJOS DE CAMPO.

3.1. Acordonamiento del área.

- Cinta plástica con la leyenda "PRECAUCIÓN" u otra similar, para delimitar el área en donde se trabajará.

3.2. Equipo de monitoreo con alarmas:

- Explosímetro y su respectivo equipo de calibración.
- Detector de Vapores Orgánicos Volátiles con alarma audible.
Contador Geiger para medición de radiactividad con alarma audible integrada.
- Detector de metales enterrados.

4. PROTOCOLO DE SEGURIDAD:

4.1. Antes de llegar al lugar donde se encuentran los residuos peligrosos, se deberá:

- Preparar un lugar seguro eliminando cualquier fuente de ignición potencial.
- Prohibir fumar dentro del área donde puedan estar presentes vapores peligrosos.
- Apagar equipo o maquinaria que produzca flama o chispas dentro del área de vapores peligrosos.
- Retirar todo equipo eléctrico y de combustión interna a menos que esté diseñado de forma "intrínseca" o a "prueba de explosiones". Estos aparatos especiales están contruidos dentro de envases o contenedores capaces de soportar explosiones internas sin romperse. También prevenir la ignición de vapores o gases combustibles en el área donde se están usando estos equipos. Algunos ejemplos de éstos son los detectores de gases combustibles o explosímetros y los sistemas de radiocomunicación (estas herramientas no están libres de todo riesgo ya que pueden tener piezas de metal de usos interiores que pueden producir chispas).
- Controlar la generación de electricidad estática: reducir o eliminar la agitación o movimiento de materiales que la produzcan. La electricidad estática se puede generar de varias formas, por ejemplo: cuando algún líquido inflamable cae dentro de un tanque durante la entrega del producto; cuando un líquido fluye dentro de una manguera; cuando el producto se bombea desde el tanque hasta la despachadora; de la fricción del aire o de algún gas comprimido cuando es liberado dentro de la atmósfera del tanque; del contacto de las llantas de algún vehículo con el pavimento bajo condiciones atmosféricas secas (con baja humedad).

Nota 1.- Todo equipo que se va a usar deberá ser debidamente aterrizado o conectado "a tierra", instalando un sistema de alambrado para conducir "con seguridad" la electricidad estática y que ésta no represente riesgo (deben estar conectados a tierra los vehículos y los uniformes del personal que pudiera entrar en contacto con las atmósferas peligrosas).

Nota 2.- El equipo se une conectándolo con un cable conductor a cualquier metal que haga tierra, pero de preferencia se debe usar una varilla de cobre especialmente diseñada para este uso, enterrada por lo menos a un metro de profundidad en tierra húmeda conductora de electricidad. De no estar disponible se puede usar también una "tierra" eléctrica (establecida como tal por profesionales en instalaciones eléctricas).

- Asegurar que esté prohibido el paso a personas y vehículos ajenos a los trabajos, ya que todos ellos pueden ser fuentes potenciales de ignición (los peatones pueden estar fumando, usando celular o cámaras fotográficas electrónicas; los vehículos pueden generar cargas estáticas o fuentes de ignición al estar en marcha). El acordonamiento del área es también una medida de protección para los peatones, ya que ellos pueden ser expuestos sin necesidad a los peligros, como son vapores tóxicos, ruido, incendios y explosiones.
- Asegurar que todas las líneas de servicio público, gas, teléfono, electricidad, drenajes y agua queden perfectamente localizadas y señalizadas.
- Asegurar que los trabajadores demuestren conocimiento, capacidad y entendimiento de los productos almacenados en el sitio, de no ser así detenga el trabajo. Déles consideración especial a los sitios que contengan sustancias peligrosas distintas a la gasolina, diesel y combustóleo; por ejemplo: la metil etil cetona, tiene un punto de inflamación peligrosamente bajo; otros productos pueden contener sustancias

promotoras del cáncer como el tolueno, en algunos casos, inclusive se puede tratar de sustancias altamente venenosas como insecticidas, plaguicidas y herbicidas.

- Asegurar que las condiciones ambientales sean favorables. Si es un día frío y el aire está en calma, los vapores serán más pesados que el aire; éstos se pueden acumular a nivel del suelo o en fosas o cavidades más bajas que el nivel del suelo. Bajo estas condiciones considere ventilar el área de trabajo con ventiladores o extractores de aire de alta capacidad a prueba de explosión.
- Durante su visita a las zonas de trabajo, para su protección use casco y zapatos de seguridad (con casquillo), proteja sus ojos con lentes o gafas de seguridad y siempre tenga a mano un indicador de gases combustibles; éste deberá estar debidamente calibrado y en buen estado de funcionamiento (para corroborar las condiciones de calidad del aire).
- Asegurar que toda tubería de suministro esté desconectada y libre del producto que contuvo. Tomar las precauciones necesarias para evitar derrames.

4.2. Para el manejo de los residuos que generan vapores inflamables hay que considerar que:

- Todo gas o vapor inflamable o explosivo proviene de un líquido o de alguna sustancia combustible que está cerca de su temperatura de evaporación.
- Todos los gases inflamables sostienen llama abierta solamente dentro de su "intervalo de inflamabilidad" específico.
- Los límites inferior y superior de inflamabilidad son las fronteras del intervalo de inflamabilidad.

La mayoría de los productos derivados del petróleo, como la gasolina, el diáfano y el combustóleo, tienen límites de inflamabilidad del 1 al 10% por volumen de aire. Siendo su LIE el 1% y su LSE el 10%.

Al observar concentraciones menores del 1% del vapor combustible (LIE), dicha mezcla en relación al oxígeno del aire, es muy deficiente como para soportar la combustión. Cuando la concentración de combustible en relación con el oxígeno es mayor del 10% (LSE), la mezcla es demasiado rica y tampoco se incendia.

La atmósfera a nivel del suelo debe monitorearse periódicamente para asegurar que los vapores se están ventilando efectivamente en la atmósfera superior y no se están acumulando al nivel del suelo. Realice una prueba con un indicador de oxígeno para verificar que el Indicador de Gases Combustibles, esté funcionando correctamente (si no hay oxígeno en concentraciones mayores a los 19.5% el detector de gases combustibles dará lecturas falsas de 0).

Los vapores extraídos de un sitio que almacena residuos peligrosos con fines de adaptar el área para los muestreos, deben ventilarse a una altura mínima de 4 metros sobre la superficie de suelo y a 1 metro por arriba de la altura del techo de cualquier estructura adyacente.

recaución: El producto atrapado en los lodos dentro de tanques con residuos peligrosos o en incrustaciones de óxido de su paredes, o en bolsas entre la pared del tanque y/o alguna reparación, puede generar vapores inflamables. **Verifique frecuentemente que las lecturas del detector de gases combustibles sean**

menores del 10% del límite inferior de explosividad. Si son superiores, suspenda actividades y permita la ventilación. Mida la presencia de gases combustibles dentro de los tanques o tambores con residuos peligrosos y en otras áreas más bajas que la superficie del suelo; mida también la presencia de vapores inflamables a nivel del suelo.

4.3. Equipo de extinción de incendios:

Como medida de precaución deberá de contar con equipos extintores de incendio, teniendo cuidado con los extintores de CO₂ que descargan alternativamente gas y líquido. Este flujo de "dos fases" genera electricidad estática. Su uso dentro de atmósferas explosivas aumenta el riesgo de una chispa y por consiguiente de una explosión.

4.4. Plan de emergencias.

Un elemento de soporte importante de cualquier acción de saneamiento de desechos peligrosos es un plan de emergencias.

El consultor deberá elaborar un plan de emergencias para dar respuesta a una contingencia que se llegue a presentar durante los trabajos de campo. Dicho plan deberá comprender el desarrollo de procedimientos a poner en práctica para que los riesgos por incendio, explosión, fuga tóxica o derrame de materiales peligrosos no potencialicen los daños a la comunidad y a los ecosistemas, los elementos mínimos que deberá cubrir el "plan de emergencias", serán:

- 4.4.1. INTRODUCCIÓN
- 4.4.2. OBJETIVOS
- 4.4.3. ALCANCES
- 4.4.2. EVACUACIÓN
- 4.4.3. FUEGO Y EXPLOSIÓN
- 4.4.4. DERRAMES QUÍMICOS, FUGAS DE VAPORES Y RESTAURACIÓN.
- 4.4.5. EMERGENCIAS MÉDICAS.
- 4.4.6. EVACUACIÓN POR ÁREA.
- 4.4.7. TÁCTICAS DE COMBATE DE INCENDIO POR ÁREA.
- 4.4.8. CONTROL DE DERRAMES.
- 4.4.9. CONTROL DE DERRAMES EN TRANSPORTE.
- 4.4.10. EMERGENCIAS QUE PUEDEN AFECTAR A LA COMUNIDAD, ACCIONES CLAVES.
- 4.4.11. DECLARACIÓN DE FIN DE EMERGENCIA Y RETORNO A LA NORMALIDAD.
- 4.4.12. DIRECTORIO. →
- 4.4.13. ORGANIZACIÓN EN EMERGENCIAS (FUNCIONES).*
- 4.4.14. SISTEMA DE COMANDO. *
- 4.4.15. COMUNICACIONES (EQUIPO CLAVE) *
- 4.4.16. SOLICITUD DE AYUDA ✓
- 4.4.17. EQUIPO Y PERSONAL DISPONIBLE

**ANEXO 2:
Formato D.1.4.1. Registro del Personal de la Empresa Consultora.**

Nombre: _____

Dirección _____ **y** **Teléfono** _____

Particulares: _____

ACTIVIDAD	INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN	PERÍODO
Educación Licenciatura Postgrado Especialidad Otros Capacitación 1996 1995 1994 1993		
Experiencia en actividades relacionadas con los estudios objeto de los presentes "Términos de Referencia".		
Idiomas		
Otras Aptitudes		
Por la empresa:		
Nombre: _____	Firma _____	
Puesto: _____		
Lugar: _____	Fecha _____	
Anexos documentales de respaldo.		

Formato D.1.4.2. Distribución del Personal de la Empresa Consultora.

TRABAJADOR	PUESTO EN LA ESTRUCTURA	FECHAS	HORAS/HOMBRE	OBSERVACIONES
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
4.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				

Con objeto de tener una herramienta de control que permita constatar que el personal que integra la estructura propuesta, se encuentra laborando precisamente en el día y lugar (sitio) que se propone, la consultora deberá presentar este formato.

ANEXO 3: LISTADO DE LOS PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA LOS MUESTREOS Y ANÁLISIS.

Para los muestreos y análisis de suelo, de agua, de aire, flora y fauna, podrán seleccionarse los parámetros representativos del siguiente listado, según el caso:

Orgánicos Volátiles (EPA-8240) *:

**NOTA: Se indica la normatividad extranjera por no contarse actualmente con Normas Oficiales Mexicanas, sin embargo en cuanto éstas se vayan generando, deberán de irse sustituyendo.*

Diclorodifluorometano	Clorometano
Bromometano	Cloruro de vinilo
Cloroetano	Triclorotrifluorometano
Cloruro de metileno	Acetona
Disulfito de carbono	1 - 1 Dicloroetano
Trans-1, 2 dicloroetano	Cloroformo
1 - 2 Dicloroetano	2 Butanón
1 - 1- 1 Tricloroetano	Tetracloruro de carbono
Acetato de vinilo	Bromodiclorometano
1 - 1- 2 Tricloroetano	Benceno
Trans - 1, 3 Dicloropropano	Eter - 2 - Cloroetilvinilo
Bromoformo	4 metil -2-Pentanón
2 Hexanón	1-1-2-2 Tetracloroetano
Tetracloroetano	Tolueno
Clorobenceno	Etilbenceno
Estireno	Xilenos totales
1-2-3 Tricloropropano	1-3 Diclorobenceno
1-4 Diclorobenceno	1-2 Diclorobenceno

Hidrocarburos Aromáticos Polinucleados (EPA-8270)*

**NOTA: Se indica la normatividad extranjera por no contarse actualmente con Normas Oficiales Mexicanas, sin embargo en cuanto éstas se vayan generando, deberán de irse sustituyendo.*

Acenaftina

Acenaftalina

Antracina

Benzo (a) Antracina

Benzo (a) Pirina

Benzo (b) Flurantina

Benzo (gi) Pirilina

Benzo (k) Flurantina

Crisina

Dibenzo (a, h) Antracina

Fluoroantina

Fluorina

Indeno (1-2-3-cd) Pirina

Naftalina

Fenantrina

Pirina

3 Metilcolantrina

7-12 Dimetilbenzatraccina

Dibenceno (a j) Acridina

Hidrocarburos Aromáticos Volátiles. (EPA 8020) *

**NOTA: Se indica la normatividad extranjera por no contarse actualmente con Normas Oficiales Mexicanas, sin embargo en cuanto éstas se vayan generando, deberán de irse sustituyendo.*

Benceno

Tolueno

Xileno

Etilbenceno

Bifenilos Policlorados (EPA-8080)*

Metales y No Metales.

**NOTA: Se indica la normatividad extranjera por no contarse actualmente con Normas Oficiales Mexicanas, sin embargo en cuanto éstas se vayan generando, deberán de ir sustituyendo.*

Cromo hexavalente	NMX-AA-44	Arsénico	NOM-AA-46-1971
Bario	NMX-AA-51-81	Mercurio	NOM-AA-51-81
Cadmio	NMX-AA-60-1981	Cobalto	NMX-AA-51-81
Plomo total	NMX-AA-51-81	Plomo orgánico	NMX-AA-57-81
Níquel	NMX-AA-51-81	Vanadio	NMX-AA-51-81

Hidrocarburos totales recobrables. (EPA-815 modificado)*

**NOTA: Se indica la normatividad extranjera por no contarse actualmente con Normas Oficiales Mexicanas, sin embargo en cuanto éstas se vayan generando, deberán de irse sustituyendo.*

C₈-C₉	
C₁₀-C₁₁	C₂₈-C₃₁
C₁₂-C₁₃	C₃₂-C₃₅
C₁₄-C₁₅	C₃₆-C₃₉
C₁₆-C₁₇	C₄₀-C₄₃
C₁₈-C₁₉	> C₄₄
C₂₀-C₂₃	HCR TOTALES
C₂₄-C₂₇	

Parámetros Físico Químicos adicionales:

Temperatura	NMX-AA-7-1980
pH	NMX-AA-8-1980
Demanda Química de Oxígeno	NMX-AA-30-1981
Demanda Bioquímica de Oxígeno	NMX-AA-28
Nitrógeno Amoniacal	NMX-AA-26
Conductividad	NOM-K440-1987
Parámetros especiales:	
Radiactividad α , β , δ .	

Para las pruebas de toxicidad se deberán considerar entre otros, los siguientes parámetros:

Acilonitrilo	Benceno
Cadmio	Cloroformo
M-Cresol	Cromo
1-4 Diclobenceno	1-1 Dicloroetileno
Heptacloro	Disulfuro de carbono
Sobutanol	Hexaclorobenceno
Metoxicloro	1-1-1-2 Tetracloroetano
Tetracloruro de carbono	Tricloroetileno
2-4-5-TP (Silven)	Arsénico
Bis (2-Cloroetil) Eter	Clordano
Cloruro de metileno	O-Cresol
1-2 Diclobenceno	Selenio
enol	Heptacloro epóxido
Tolueno	Mercurio
Hexaclorobutadieno	Nitrobenceno
1-1-2-2 Tetracloroetano	Toxafeno
2-4-5 Triclorofenol	Bario
Clorobenceno	Cloruro de vinilo
Plomo	P-Cresol
Edrin	Plata
2-4 Dinitrotolueno	Lindano
Piridina	Metiletilcetona
Hexacloroetano	Pentaclorofenol
3-4-6 Tetraclorofenol	1-1-1 Tricloroetano
2-4-6 Triclorofenol	

ANEXO 4. SISTEMAS Y MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS.

Uno o una combinación de los tratamientos enlistados en el presente anexo pueden ser sugeridos para colaborar en la rehabilitación del sitio contaminado

4.1. Sistemas de tratamiento y estrategias de control de suelos contaminados.

- i. Remoción y excavación de tanque, tierra y sedimentos
 - Remoción del tanque
 - Remoción de la tierra
 - Remoción del sedimento
- ii. Tratamiento en el sitio, fuera del sitio y disposición de contaminantes
 - Solidificación o estabilización
 - Relleno del sitio
 - Tratamiento de tipo agrícola
 - Enjuague de suelo
 - Destrucción térmica
 - Tratamiento de residuo acuoso
 - Inyección en pozo profundo
 - Recuperación de producto libre
 - Sistema de bomba doble
 - Bombas flotantes con filtro
 - Separadores superficiales de aceite y agua
- iii. Sistema de recuperación de agua subterránea
 - Bombeo de agua subterránea
 - Drenaje de agua subterránea
- iv. Barreras subterráneas
 - Barreras de lodo
 - Barreras de lechada
 - Barreras de placa
 - Barreras hidráulicas
- v. Tratamiento *in situ*
 - Tratamiento químico
 - Tratamiento físico
 - Lavado de tierras
 - Biorremediación de suelos
- vi. Tratamiento de aguas subterráneas
 - Remoción con aire
 - Adsorción con carbón activado
 - Tratamiento biológico
 - Precipitación, floculación y/o sedimentación
 - Flotación por aire disuelto
 - Filtración en medio granular
 - Adsorción en resinas de intercambio iónico
 - Oxidación-reducción
 - Neutralización
 - Extracción con vapor
 - Ósmosis inversa
 - Secado de lodos
- vii. Control de migración de vapores, colección y tratamiento

- Sistemas de colección pasivos
 - Sistemas de colección activos
 - Estructuras de ventilación
 - Adsorción
 - Incineración
- viii. Control de aguas subterráneas y drenaje
- Sistemas de dilución y colección
 - Renivelación
 - Encapsulamiento
 - Revegetación
- ix. Restauración y tratamiento de fuentes contaminadas de agua y línea de drenaje
- Fuentes de suministro alternas
 - Fuentes de suministro centrales
 - Fuentes de uso puntual

4.2. Características del sitio.

En función de los parámetros que definen cada una de las técnicas a utilizar, disponer de la siguiente información:

- i. Meteorológica, geográfica y topográfica
- Precipitación
 - Temperatura
 - Transpiración de vapor
 - Topografía
 - Accesibilidad
 - Tamaño del sitio
 - Proximidad a las aguas subterráneas
 - Proximidad de contacto con el humano
- ii. Usos de la tierra y del agua
- Patrones de utilización actual del agua
 - Patrones futuros de utilización del agua
 - Patrones actuales de utilización de la tierra
 - Proyecciones de crecimiento
- iii. Acerca del subsuelo
- Patrones del subsuelo
 - Propiedades físicas del suelo
 - Propiedades químicas del suelo
 - Profundidad del nivel de agua
 - Propiedades físicas del acuífero
 - Flujo de aguas subterráneas
 - Dirección de aguas subterráneas
 - Áreas de recarga
 - Tasas de recarga
 - Características del acuífero
 - Calidad natural de aguas subterráneas

4.3. Situaciones particulares de riesgo.

- i. Contaminación de aguas subterráneas

- Contaminación de pozos públicos o privados
 - Fuentes potenciales de uso futuro de agua
 - Conexión hidrológica de aguas superficiales
- ii. Contaminación de suelo
- Potencial por contacto directo
 - Molestia o peligro a la salud
 - Por uso agrícola
- iii. Potencial de fuga hacia aguas superficiales.
- Suministro de agua potable
 - Agua para irrigación
 - Agua de contacto o recreativa
 - Agua de uso para pesca deportiva, comercial y/o hábitat ecológico
- iv. Otros riesgos.
- Fuego o explosión
 - Daño a propiedad o infraestructura
 - Vapor en propiedades cercanas

4.4. Biorremediación de suelos.

a. Factores a considerar para utilizar una tecnología de biorremediación:

i. Factores microbiológicos.

Los estudios pueden identificar microorganismos o asociaciones de microorganismos que ocurren naturalmente y que puedan degradar contaminantes específicos o grupo de contaminantes. Estos estudios nos revelan los caminos de degradación, esenciales para asegurar la destoxificación y mineralización. También muestran como mejorar la actividad microbiológica, con acciones tales como la adición de cantidades suplementarias de oxígeno y nutrientes, y mediante el ajuste del pH, temperatura y humedad.

ii. Factores de ingeniería .

La remediación de sitios involucra la evaluación de diferentes alternativas de un conjunto de tecnologías ya establecidas. Hay una variedad de métodos de degradación biológica que deben ser considerados; por ejemplo: tratamiento en el sitio; lodos activados y bioventilación; entre otros.

La biorremediación puede ser efectiva como un pre o postratamiento en función de otras técnicas de limpieza.

b. La perspectiva biológica:

La degradación de contaminantes por microorganismos requiere de una fuente de carbón, aceptores de electrones, nutrientes y el control apropiado del pH, la humedad y la temperatura.

El contaminante a eliminar puede ser la fuente de carbón, o sea el principal sustrato de los microorganismos. Algunos contaminantes pueden requerir del uso de un co-sustrato para arrancar la producción de enzimas capaces de degradar al sustrato primario.

Diferentes tipos de microorganismos requieren diferentes tipos de aceptores de electrones. El tipo más común de bacterias aeróbicas usan al oxígeno como aceptor. Las bacterias anaeróbicas utilizan una variedad de nitratos, sulfatos y/o bióxido de carbono. El fósforo y nitrógeno también son requeridos como nutrientes para el crecimiento saludable.

La mayoría de las reacciones biológicas toman lugar dentro de una angosta banda de temperatura y pH. Un pH neutral (entre 6.5 y 7.5) es típico para el crecimiento óptimo. La temperatura afecta la cinética de las reacciones bioquímicas, la destrucción del residuo y el crecimiento de los organismos que realizan la degradación. Los procesos aeróbicos utilizados para degradar la mayoría de los residuos orgánicos ocurren entre 15 °C y 40 °C.

c. El punto de vista de la ingeniería:

El diseño de ingeniería para un sistema de biorremediación requiere de la combinación de teoría, práctica y sentido común. Tradicionalmente los conceptos de ingeniería pueden ser utilizados para describir el transporte de los contaminantes en el suelo y en el agua subterránea, y la cinética de las reacciones biológicas. La ausencia de valores precisos para muchos de estos factores de diseño hacen que la estimación y la experimentación sean necesarias.

Los factores que típicamente limitan la efectividad del tratamiento biológico son: la tasa de desorción del medio contaminado y la cinética de la reacción de degradación de los contaminantes efectuada por los microorganismos. Entender cuales son las variables que controlan la reacción total ofrece una ventaja al seleccionar una tecnología específica de biorremediación.

Por ejemplo, muchos compuestos orgánicos se remueven difícilmente de las tierras que contienen altas concentraciones de arcilla. El tratamiento biológico para estos materiales está limitado entonces por la tasa de desorción del contaminante desde las partículas de tierra. Las tierras de este tipo pueden requerir de la aplicación de surfactantes o de la utilización de un reactor de lodos para acelerar la destrucción del material orgánico; la alternativa es una reacción de degradación cara y lenta.

La caracterización inicial de un sitio provee los datos fundamentales para determinar la efectividad de un método de tratamiento y forman la base para decidir sobre la clausura de los trabajos de limpieza. La información que se obtiene en esta etapa debe responder a un número de preguntas que van a permitir la selección del método de tratamiento más efectivo.

Muchos constructores e ingenieros consideran a la bioremediación cuando evalúan las alternativas de remediación. Pero en muchos casos no se retoman los datos básicos para determinar el costo y efectividad de la aplicación de estos procesos.

Una investigación típica de sitio consiste en decenas y en algunos casos cientos de perforaciones y toma de muestras de agua del subsuelo que deben ser analizadas para determinar la presencia de los diferentes contaminantes. Es importante considerar, además de las propiedades fisicoquímicas del suelo, a las poblaciones nativas de microorganismos en el sitio por rehabilitar.

Además de los análisis de evaluación de los contaminantes, se deben considerar los siguientes parámetros: humedad, pH y nutrientes del suelo (N como NH_3 , P como PO_4), propiedades físicas del suelo (distribución y tamaño de grano) y biológico (conteo de bacterias heterótrofas).

Un factor primordial que debe ser considerado para la selección de un método de tratamiento es el económico. Aún entre las mismas tecnologías biológicas de restauración existen amplias variaciones en costo.

El tratamiento de tierras llamado "tratamiento agrícola" es típicamente el más simple y barato. Aún así, este tratamiento requiere de grandes superficies de terreno y períodos de varios meses o años, que deben ser dedicados para el proceso de remediación. Típicamente este tipo de tratamiento requiere de que se controle el oxígeno, los nutrientes y la humedad, mientras la tierra está siendo removida y mezclada o de otra manera aireada.

Los sistemas de "bioventilación" son un poco más complejos y con un costo moderadamente más alto. Se utilizan en tierras que tienen hidrocarburos volátiles y no volátiles. Las técnicas de extracción convencional de vapor o de compuestos volátiles se combinan con el acondicionamiento del suelo; para ello se agregan nutrientes que aumentan la actividad de degradación microbiana. Este método de tratamiento puede ser utilizado *in situ* o *ex situ*. Comparando con el tratamiento agrícola el espacio requerido se reduce. El tiempo está en el orden de semanas o meses.

Los "biorreactores" son la manera más compleja y cara de tratamiento. Pueden limpiar agua contaminada o sólidos mezclados con agua (lodos). Los líquidos son típicamente tratados utilizando un proceso de película fija o en un sistema de lodos activados. Los reactores para lodos requieren de alta energía para mantener la suspensión (típicamente entre 10% y 30% de lodos). El diseño del reactor requiere que se aplique aireación y mezcla de los sólidos suspendidos para que el proceso de biodegradación se lleve a cabo. El reactor puede ser una pileta, tanques abiertos o cerrados. El proceso puede ser por lote o continuo. El alto costo está muchas veces justificado por ser un tratamiento más rápido que se desarrolla normalmente en horas o días y la posibilidad de degradar los contaminantes en sustratos difíciles de tratar.

d. Ejemplos de tratamiento biológico:

i. Tratamiento agrícola.

El tratamiento biológico de tierras ha sido utilizado por muchos años para residuos de petróleo. Se considera como un método de tratamiento probado para gasolina, diesel y petróleo crudo. Las principales consideraciones de ingeniería, cuando se diseña una celda para tratamiento en tierra, son la biodisponibilidad de oxígeno y nutrientes, la solubilidad de los contaminantes, las propiedades del suelo y el potencial de transporte de contaminantes fuera de la zona de tratamiento.

El control de la biodisponibilidad de oxígeno o de otros aceptores de electrones y de los nutrientes necesarios para la actividad microbiana en un sistema de tratamiento de tierra, deben considerar factores específicos del sitio y puede

requerir de forros (liner's), sistemas de irrigación y colección de los lixiviados del proyecto.

La solubilidad de los contaminantes determina su disponibilidad como una fuente de carbón para los microorganismos; no obstante la tierra puede adsorber fuertemente a los contaminantes. Si ésto sucede, es difícil de mejorar la biodisponibilidad de los contaminantes bajo estas condiciones.

Un ejemplo en el cual se utilizó el tratamiento agrícola para remediar 100,000 m³ de tierra contaminada con hidrocarburos de petróleo y lodo se presenta a continuación: Se trata de un sitio de tres confinamientos que contenían aceite crudo, breas y lodos de perforación que variaban de concentración entre 3,800 y 40,000 ppm. No obstante las altas concentraciones de hidrocarburos, otras pruebas como son el punto de inflamabilidad, el pH y bioensayos, definieron que las tierras fueran clasificadas como no peligrosas.

Un estudio de biotratabilidad indicó que el tratamiento biológico podía realizarse o ajustarse al criterio de limpieza que era <500 ppm. Debido a que no se detectó COV's durante las pruebas, los controles de emisión no fueron necesarios para el sistema de tratamiento. Otro aspecto benéfico fue que el sitio tenía disponible una gran área con un profundo nivel freático para construcción del sistema de tratamiento.

El análisis de estos factores indicó que el tratamiento agrícola era el más efectivo en costo de entre los tratamientos biológicos. La tierra contaminada fue extraída y mezclada con material que fue colocado en un área de 32 acres con una profundidad de 18 pulgadas. Esta profundidad fue la adecuada para el mecanismo de los equipos de mezclado para asegurar una adecuada transferencia de oxígeno y de humedad.

El sistema de irrigación fue construido para mantener la humedad en el rango óptimo de entre el 10% y el 15%. Se aplicó nitrógeno y fósforo para cumplir con los requisitos nutricionales de las bacterias. El pH del subsuelo fue monitoreado para mantenerlo en el intervalo de 6.5 y 7.5

Después de un año de tratamiento disminuyó el nivel de contaminantes por debajo del criterio de limpieza de 500 ppm.

ii. Bioventilación.

Los suelos contaminados con hidrocarburos volátiles como la gasolina, pueden ser tratados utilizando sistemas de bioventilación. Los factores que afectan el diseño de estos sistemas son por ejemplo, la demanda de oxígeno de los microorganismos, la cual puede atenderse aumentando el flujo de aire al sistema. Este flujo típicamente es tratado en un sistema de control con carbón activado, oxidación catalítica o térmica antes de su descarga. Este tratamiento incrementa el tamaño y el costo del sistema de control de la emisión.

Debido a que el tiempo de tratamiento puede ser reducido al incrementar el flujo de aire, debe ser evaluado el beneficio de un tratamiento más rápido contra el incremento del costo.

En un caso en que se remedió la tierra de un taller de servicio, contaminado con gasolina a causa de un tanque bajo tierra que fugaba combustible, el propietario se interesó en tratar la tierra hasta una concentración bastante baja, de tal forma que pudiera ser utilizada como material de relleno en el mismo sitio, en lugar de disponer de la tierra en algún otro lugar. Los reglamentos de calidad requirieron un control estricto de las emisiones volátiles. Además había limitantes de área disponibles para la instalación del sistema de tratamiento. Se recomendó un sistema de bioventilación con un proceso combinado de extracción de vapor de los compuestos volátiles y la bioremediación de los hidrocarburos de petróleo. Se utilizó un sistema de adsorción con carbón activado para adsorber los compuestos volátiles de gasolina que también son biodegradables. El tratamiento biológico se mejoró al suministrar nutrientes, agua y oxígeno. La tasa de extracción de vapores, en relación con la velocidad de la reacción biológica de remediación, fue controlada con solo eficientizar el flujo de aire.

De acuerdo con lo que ha demostrado la experiencia, los suelos contaminados con gasolina son fácilmente remediados utilizando bacterias nativas. No obstante, dado que la tierra tenía un alto contenido de arcilla, un agente de relleno fue utilizado para incrementar el espacio libre y de esa manera optimizar la canalización. A manera de reducir el impacto en las operaciones del propietario, se empleó un sistema modular para tratar en etapas o lotes al suelo contaminado. Cada lote tuvo un tamaño máximo de 250 m³.

Los niveles de hidrocarburos fueron reducidos de 1,200 ppm a menos de 10 ppm dentro de los siguientes 3 meses. Utilizando este método, el contenido de BTX llegó a ser no detectable en la tierra. El tratamiento tuvo un costo promedio de \$70.00 USD por m³.

La bioremediación del suelo contaminado ahorró al propietario aproximadamente \$95.00 USD por m³ comparado con la disposición en otro sitio. Además, el riesgo por exposición legal futura se minimizó debido a que el material fue retenido en el mismo lugar.

iii. Reactores de lodos.

El tratamiento con bioreactores constituye el concepto técnico con el que están más familiarizados los ingenieros químicos. Los tiempos de residencia, las tasas de reacción, la relación de reciclado, el reciclaje, el número de Reynolds y de Schmidt, son siempre datos familiares en la ingeniería química. Los bioreactores han sido utilizados desde hace mucho tiempo en la industria para la fermentación alcohólica, para el tratamiento con lodos activados de aguas residuales y más recientemente para la producción biológica en la industria farmacéutica y de enzimas industriales.

En el siguiente caso se contrató a un fabricante de equipo eléctrico para realizar en su laboratorio unas pruebas piloto y de campo necesarias para demostrar la posibilidad de utilizar un sistema de biorremediación. La degradación de mono, di y triclorofenilos son susceptibles a degradarse en forma aeróbica.

El diseño incluyó seis tanques bioreactores con temperatura controlada que fueron instalados en los sedimentos de un río. Ésto permitió que el proceso de tratamiento biológico fuera evaluado en el mismo lugar. A cada reactor se le instaló un sistema de mezclado. Los reactores fueron montados en una plataforma rectangular que fue soportada por tubos de acero de 70 pies. El estudio de campo demostró que los sedimentos del río, que contenían PCB's, podían ser degradados en el mismo sitio. La acción combinada aeróbico - anaeróbica ha demostrado que reduce significativamente la cantidad y disponibilidad de PCB's.

ELABORACIÓN DE INFORMES

Las actividades del presente estudio se iniciarán con la firma del contrato y la presentación de los informes se harán conforme al siguiente plan :

Semana 1	Inicio de los Trabajos
Semana 4	Presentación del Primer Informe de Progreso
Semana 5	Se remiten al contratista los comentarios al Primer Informe
Semana 8	Presentación del Segundo Informe de Progreso
Semana 9	Se remiten al contratista los comentarios al Segundo Informe
Semana 12	Presentación del Tercer Informe de Progreso
Semana 13	Se remiten al contratista los comentarios al Tercer Informe
Semana 15	Presentación del borrador del Reporte Final
Semana 16	Presentación del Estudio y resolución de los asuntos pendientes
Semana 17	Presentación de Informe Final

El tiempo comprendido para la realización del estudio será de 17 semanas a partir de la fecha que se estipule en el contrato.

Las reuniones técnicas de presentación de informes se llevarán a cabo en las oficinas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en la Cd. de México.

La Dirección General de Planeación y Coordinación supervisará en todo momento los trabajos que efectúe el contratista.

El contratista presentará informes en español mensuales a tiempo y con buena presentación para su revisión. Es muy importante que contengan información suficiente de acuerdo a la propuesta para respaldar el avance con respecto al cronograma de actividades.

Los informes mensuales además deberán entregarse en diskette en el formato que determine la Dirección General.

El contratista entregará 10 memorias de todas las actividades realizadas durante el presente trabajo, con la calidad suficiente para ser reproducida. Además toda la información deberá ser entregada en diskette en el formato que determine la Dirección General. Adicionalmente entregará 3 ejemplares del Resumen Ejecutivo.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS

ACTIVIDADES	SEMANAS																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Inicio de los Trabajos	■																
Recopilación de la información	■	■	■	■													
Organización de actividades para los trabajos en campo	■	■	■	■													
Selección de los criterios de muestreo, protocolo de seguridad en campo, equipo a utilizar, y criterios normativos	■	■	■	■													
Presentación del Primer Informe de Progreso				■													
Se remite al contratista los comentarios del Primer Informe					■												
Trabajos de caracterización en campo					■	■	■										
Trabajos de caracterización en campo					■	■	■										
Evaluación del riesgo ambiental al ecosistema					■	■	■										
Evaluación de riesgos a la salud humana					■	■	■										
Presentación del Segundo Informe de Progreso								■									
Se remite al contratista los comentarios del Segundo Informe									■								
Trabajo de gabinete									■	■	■						
Técnicas de restauración y estudio socioeconómico									■	■	■						
Conclusiones y Recomendaciones									■	■	■						
Presentación del Tercer Informe de Progreso												■					
Comentarios al Tercer Informe													■				
Correcciones al documento													■	■			
Presentación del borrador del reporte final															■		
Presentación del estudio y resoluciones de los asuntos pendientes																■	
Presentación del informe final																	■

**MATERIAL PARA MUESTREO
ROPA DE PROTECCIÓN**

MATERIAL DE SEGURIDAD

MUESTREO

1.- PROPÓSITO DEL MUESTREO

- .- El propósito del muestreo es coleccionar una porción de agua que sea lo suficientemente pequeña para ser manipulada convenientemente en el laboratorio y sea representativa del cuerpo de agua del que se obtuvo.
- .- El valor o confiabilidad de cualquier resultado de laboratorio dependerá de la muestra analizada.
- .- La muestra se debe coleccionar de tal forma que no se le adicione o quite nada, además de que no debe sufrir ningún cambio en el tiempo transcurrido entre la colección y su análisis. A menos que estas condiciones se cumplan, los resultados de laboratorio obtenidos pueden ser engañosos, lo que es peor que si no se hubieran obtenido.

2.- REGLAS DEL MUESTREO

No existen reglas universales que se puedan aplicar a todo el muestreo ya que determinaciones (análisis) específicas tienen requerimientos diferentes de muestreo, de cualquier forma, hay algunos lineamientos que se pueden aplicar a un gran número de situaciones de muestreo.

- .- Las muestras se deberán coleccionar en puntos donde halla un perfecto mezclado del agua.

- .- Los puntos de muestreo se deberán marcar claramente y deberán ser de fácil acceso: se deberán observar medidas de precaución y seguridad durante el muestreo.

- .- En muestras de rutina no se deberán coleccionar partículas de gran tamaño o no características del sitio de muestreo.

- .- No se deberán coleccionar en muestras de rutina material como algas, plantas y en general materia flotante que se halla acumulado en el punto de muestreo o en los alrededores.

- .- Las muestras se deberán analizar tan pronto sea posible después de su coleccion.

- .- Las muestras con alta carga de sólidos, o sólidos de diferente o gran tamaño (ejm. Influyente de plantas de tratamiento o de licor mezclado) se deberán homogeneizar en un mezclador (licuadora) antes de analizarlas.

- .- Los contenedores para muestreo (botellas, frascos, garrafones etc.), deberán estar hechos de materiales resistentes a la corrosión y abrasión (plástico, vidrio etc.), tener tapas o tapones herméticos (a prueba de fugas), resistir repetidos cambios de temperatura (refrigeración y esterilización).

- .- Cada punto o sitio de muestreo debería tener su propio material o lote de material.

3.-Tipos de muestras

- **simples**

- * **compuestas**

.- Las muestras simples (individuales) son las colectadas en un tiempo específico (de una sola vez). Estas muestras no son completamente representativas del cuerpo de agua o flujo del que provienen.

.- Las muestras compuestas (integradas) se emplean para indicar las características de una descarga en un período determinado de tiempo. Para las muestras compuestas, se colectan muestras individuales en períodos regulares y específicos de tiempo, cada muestra colectada es proporcional al flujo en ese preciso momento. Las muestras individuales se mezclan (integran) entre sí para formar una sola de mayor volumen la cual será la utilizada en los análisis.

.- Usualmente las muestras compuestas se colectan en base a 8, 12, o 24 hrs. La frecuencia dependerá de los requerimientos del análisis, tamaño del universo muestreado, planta, colector, recursos etc.

.- El uso de muestras compuestas es importante para los análisis, ya que tomando diferentes volúmenes en un período de tiempo, los efectos de cambios en la corriente o caudal así como otras interferencias se eliminan.

4.- PRESERVACIÓN

Es de gran importancia que todas las muestras (simples o compuestas) sean analizadas tan pronto sea posible después de haber sido colectadas, si esto no es posible se debe usar algún método de preservación para evitar el deterioro de las muestras. Las muestras compuestas deben ser preservadas en el lapso de tiempo en que se formen.

En forma general se recomienda la preservación de muestras a través de la refrigeración a 4°C o menos sin permitir la congelación. A esta temperatura la actividad biológica se reduce notablemente, pero no se detiene en su totalidad, de cualquier manera las muestras no deben preservarse por largos períodos de tiempo, cada determinación tiene requerimientos específicos de preservación y tiempo máximo de almacenamiento sin analizar.

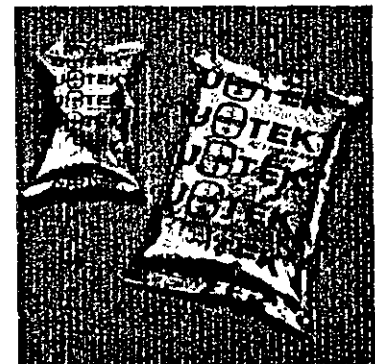
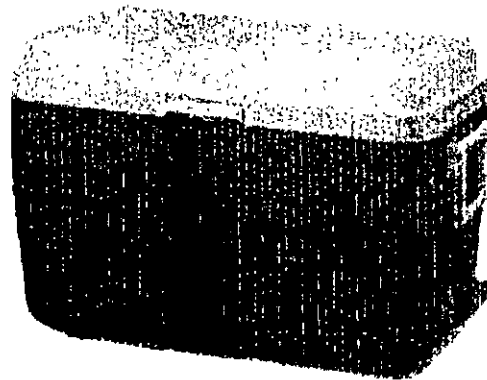
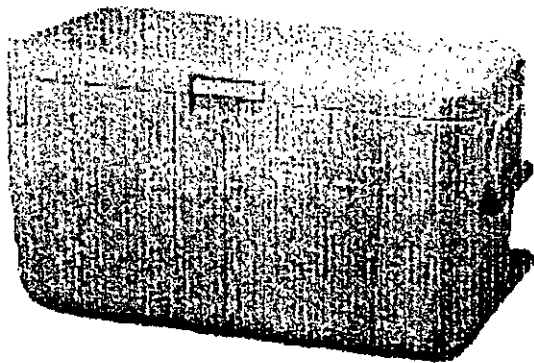
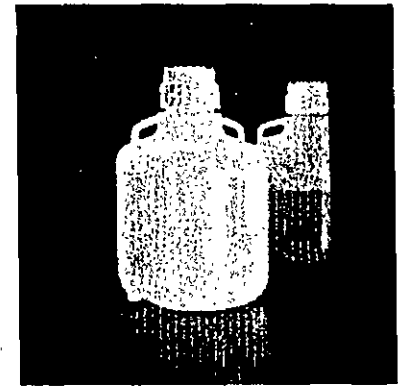
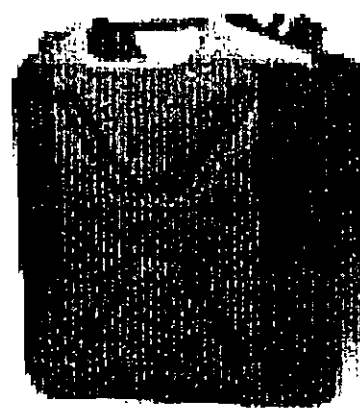
5.- SEGURIDAD

Siempre que sea posible se deberán utilizar guantes de hule cuando se tenga que muestrear agua residual (incluyendo el efluente final) y lodos.

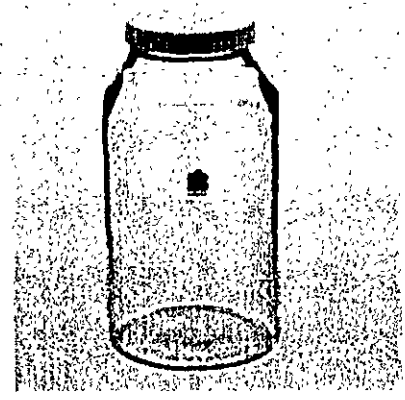
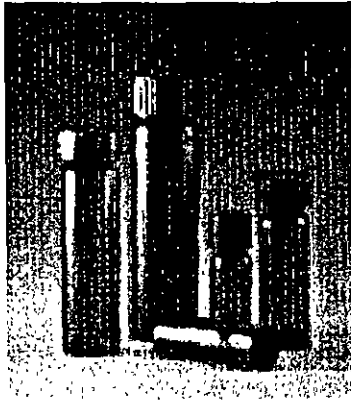
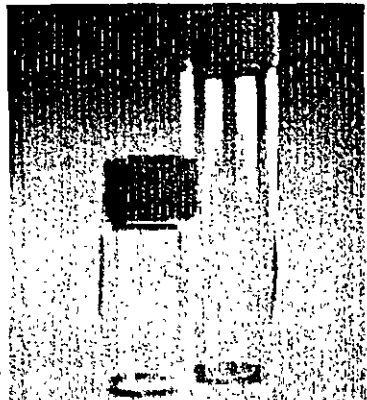
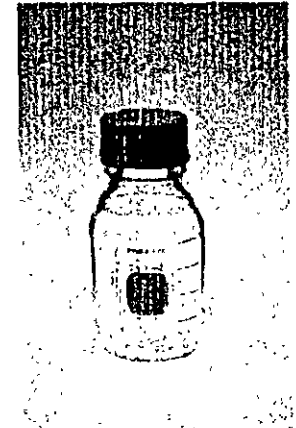
Al finalizar el muestreo, se deberán enjuagar profusamente los guantes con agua potable antes de removerlos.

Al quitarse los guantes, lavar las manos con jabón y enjuagar con abundante agua potable. Nunca se deberán colectar sin guantes muestras de agua residual si hay heridas o cortadas. Se debe evitar escalar, trepar o situarse en lugares riesgosos en el momento de colectar una muestra, de igual modo se deberá hacer uso de poleas, cuerdas o lo que sea necesario para resguardar la seguridad del personal de muestreo.

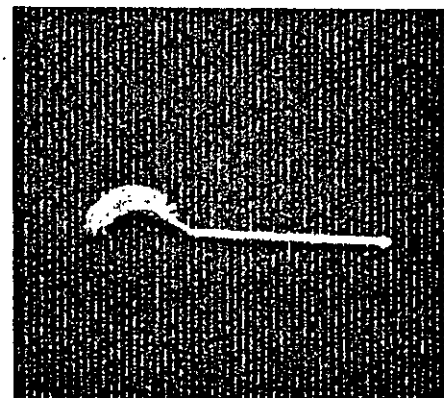
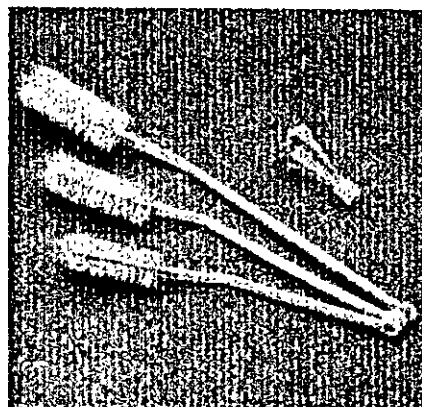
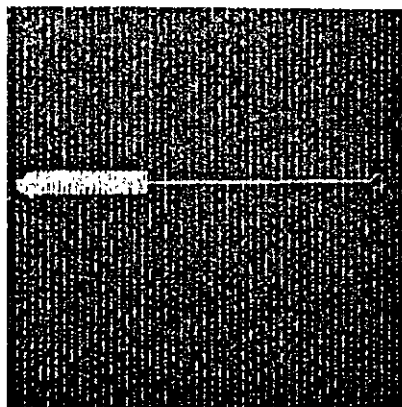
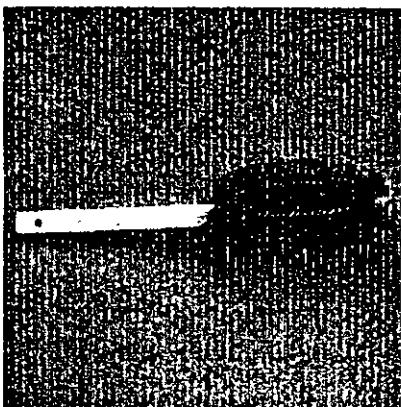
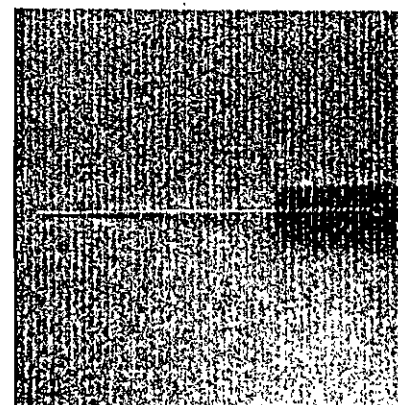
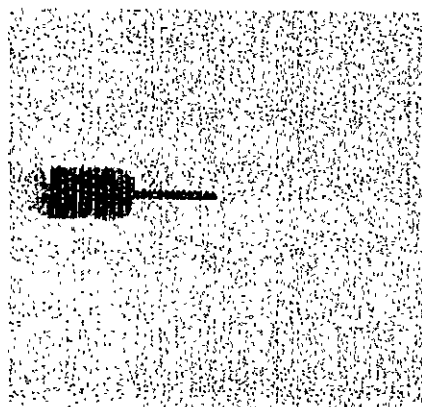
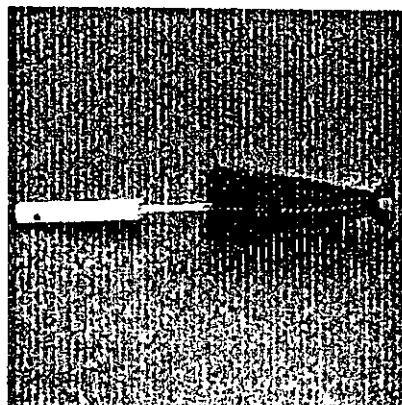
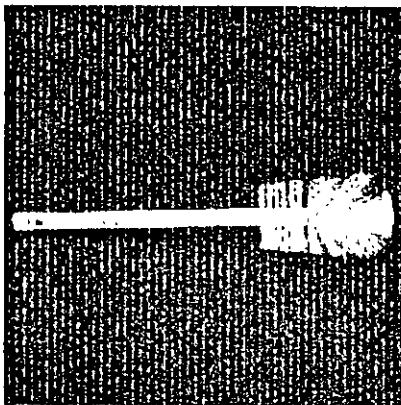
MATERIAL DE PLASTICO UTILIZADO EN MUESTREO



MATERIAL DE VIDRIO UTILIZADO EN MUESTREO



MATERIAL PARA LIMPIEZA





Recommended bottle types and preservatives for water

Important Notes: The bottle types listed in this table are generalizations and are in some cases conservative. Different laboratory locations may issue standard bottle types that differ from those listed in this table. Inorganic and non-volatile analytes requiring similar containers in many cases may be combined in a single bottle or bottle set. The laboratory may substitute larger or smaller containers depending on the suite of parameters requested. For confirmation of sampling requirements, **please contact the PAS laboratory performing the analysis.**

Acid, base/neutral extractables	2x 1L amber glass - no preservative
Aerobic plate count	see Total plate count
Ammonia	see Nutrients
Anions	500mL plastic - no preservative
Bicarbonate	500mL plastic - no preservative
Biological oxygen demand (BOD)	500mL plastic - no preservative
Bromide	see Anions
BTEX and/or purgeable hydrocarbons	3x 40mL glass vial with septa
Carbonate	500mL plastic - no preservative
Chemical oxygen demand (COD)	see Nutrients
Chloride	see Anions
Chromium 6 ⁺	see Hexavalent chromium
Colour	500mL plastic - no preservative
Conductivity	500mL plastic - no preservative
Cyanide (free and/or total)	250mL plastic with NaOH
Dioxins and furans	2x 1L amber glass - no preservative
Diquat	500 mL plastic - no preservative
Dissolved inorganic carbon (DIC)	500mL plastic - no preservative
Dissolved organic carbon (DOC)	500mL plastic - no preservative
E.Coli	125mL plastic - sterilized/Na ₂ S ₂ O ₃
EPA 624	3x 40mL glass vial with septa
EPA 625	2x 1L amber glass - no preservative
Extractable hydrocarbons	see TPH diesel or HEPH/LEPH
Fecal coliforms	125mL plastic - sterilized/Na ₂ S ₂ O ₃

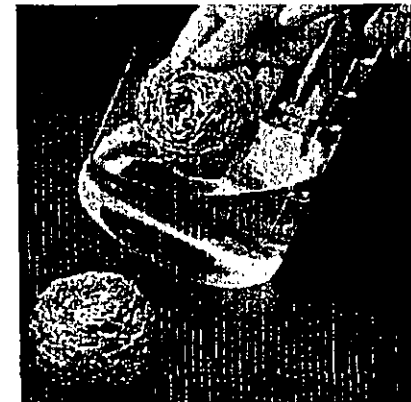
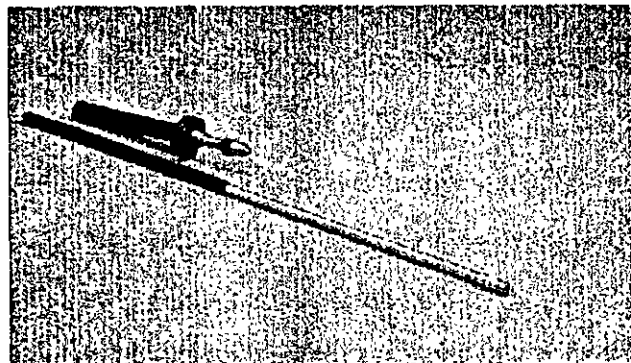
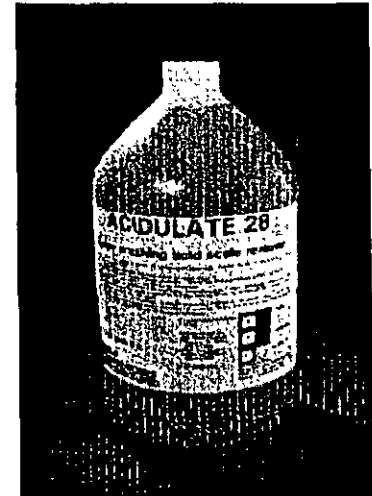
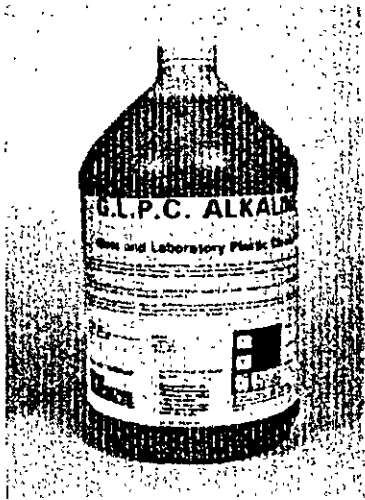
Fluoride	see Anions
Glycols - (ethylene and/or propylene)	500mL plastic - no preservative
Glycols - total	3x 40mL glass vial with septa
Glyphosate	1L amber glass - no preservative
Hardness	500mL plastic - no preservative
HEPH/LEPH	1L amber glass - no preservative
Heterotrophic plate count	see Total plate count
Hexavalent Chromium	125mL plastic - no preservative
Hot extractables (TPH heavy oils)	see TPH heavy oils
Iodide	see Anions
Mercury - dissolved	100mL glass with K_2CrO_7/HNO_3 - field filter
Mercury - total	100mL glass with K_2CrO_7/HNO_3
Metals - dissolved (except mercury)	125mL plastic with HNO_3 - field filter
Metals - total (except mercury)	125mL plastic with HNO_3
Microbiologicals	125mL plastic - sterilized/ $Na_2S_2O_3$ (one bottle per test)
Nitrate	see Anions
Nitrite	see Anions
Nitrogen cycle	use bottles for TKN and nitrite+nitrate
Nutrients	250mL plastic with H_2SO_4
Oil & grease	2x 1L glass - with HCl
ortho-Phosphate	see Anions
Paraquat	see Diquat
PCBs	2x 1L amber glass - no preservative
Pesticides/Herbicides, (one set per class)(except diquat, paraquat, glyphosate)	2x 1L amber glass - no preservative
pH	500mL plastic - no preservative
Phenols	125mL glass with $CuSO_4/H_3PO_4$
Phosphate	see ortho-phosphate
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	2x 1L amber glass - no preservative
Reactive phosphate	see ortho-phosphate
Standard plate count	see Total plate count
Sulphate	see Anions
Sulphide	125mL plastic with ZnAc & NaOH

Surfactants	2x 1L amber glass - no preservative
Total coliforms	125mL plastic - sterilized/ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
Total dissolved solids (measured)	500mL plastic - no preservative
Total inorganic carbon	500mL plastic - no preservative
Total Kjeldahl nitrogen (TKN)	see Nutrients
Total organic carbon (TOC)	see Nutrients
Total phosphorus	see Nutrients
Total plate count	125mL plastic - sterilized/ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
Total suspended solids	500mL plastic - no preservative
Total volatile hydrocarbons (TVH)	see BTEX/purgeable hydrocarbons
TPH diesel	2x 500mL glass with HCl
TPH gas	see BTEX/purgeable hydrocarbons
TPH heavy oils	2x 1L amber glass - no preservative
Trihalomethanes (THMs)	3x 40mL glass vial with septa
Turbidity	500mL plastic - no preservative
Volatiles (VOCs)	3x 40mL glass vial with septa
Volatile Petroleum Hydrocarbons (VPH)	see BTEX/purgeable hydrocarbons

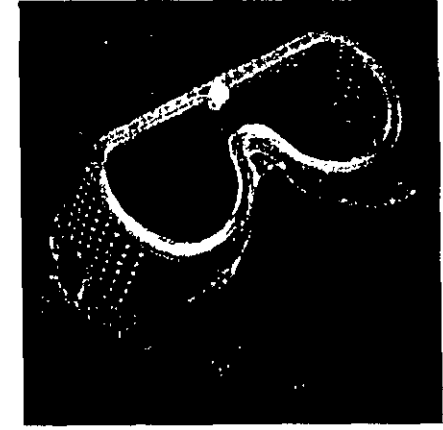
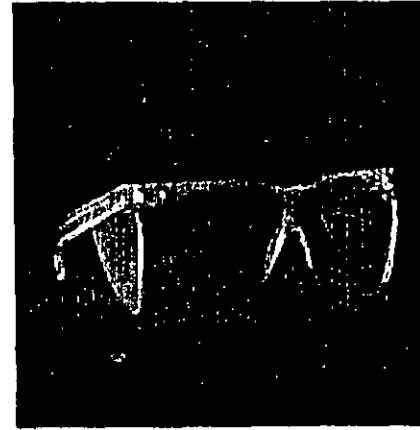
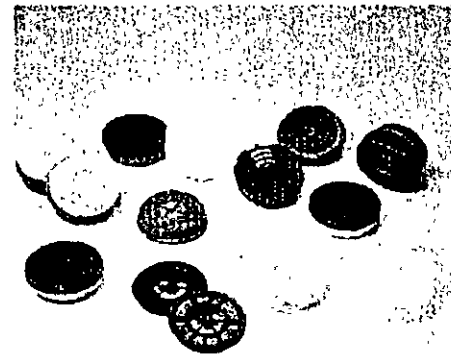
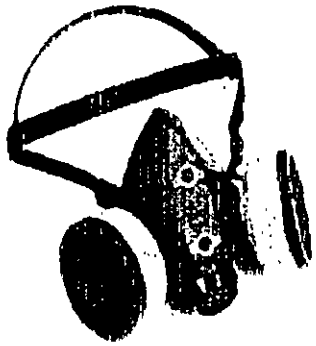
Soil samples: In general all parameters can be analyzed from a single 250mL jar. Volatile parameters (e.g. BTEX/purgeable hydrocarbons, VOCs) should be submitted in an additional 120mL lined jar or two 60mL lined jars.



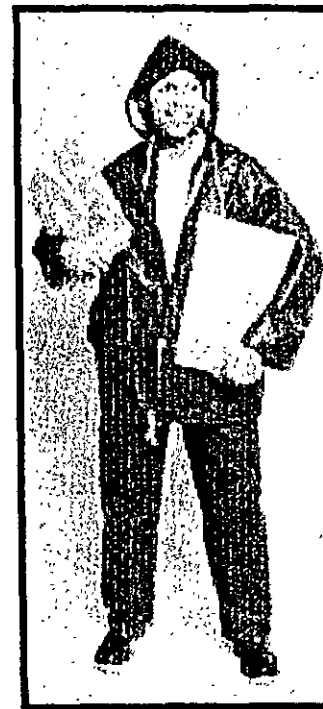
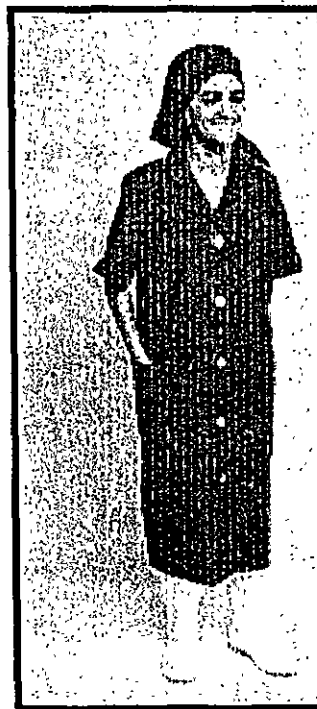
SUSTANCIAS Y ARTICULOS PARA LIMPIEZA



ARTICULOS DE PROTECCION Y SEGURIDAD



ARTICULOS Y ROPA DE PROTECCION



CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Se considera agua potable o agua apta para consumo humano, toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud. Se considera que no causa efectos nocivos a la salud cuando se encuentra libre de gérmenes patógenos y de sustancias tóxicas, y cumple además con los requisitos que se señalan en la legislación vigente.

Sistema de abastecimiento de agua potable

El sistema de abastecimiento de agua potable es un subsistema del sistema hidráulico urbano y está integrado por los siguientes elementos: fuente, captación, conducción, tratamiento de potabilización, regulación y distribución.

Fuentes de abastecimiento

Gracias al ciclo hidrológico, se encuentran disponibles en la naturaleza las siguientes fuentes de abastecimiento: agua superficial, agua subterránea, agua atmosférica y agua salada. Se recurre al agua atmosférica y a las saladas muy raras veces y solamente cuando no existe otra posibilidad ya sea por escasas o de muy mala calidad las aguas subterráneas y superficiales, o también en ocasiones por factores económicos. Por lo tanto, hay dos grandes fuentes de abastecimiento de agua potable: las aguas superficiales y las aguas subterráneas

Las aguas superficiales incluyen ríos, lagos y acuíferos superficiales que no estén confinados. Algunas ventajas obvias de las aguas superficiales son su disponibilidad y que están visibles; son fácilmente alcanzadas para el abastecimiento y su contaminación puede ser removida con relativa facilidad. Generalmente las fuentes superficiales tienen aguas blandas, por estar abiertas a la atmósfera tienen un alto contenido de oxígeno, el cual oxida y remueve el hierro y manganeso en las aguas crudas. Normalmente las aguas superficiales están libres de sulfuro de hidrógeno, el cual produce un ofensivo olor, similar al de los huevos podridos.

Las aguas superficiales pueden sanearse cuando son contaminadas. Por otra parte, las aguas superficiales son variables en cantidad y se contaminan fácilmente por descargas de aguas residuales; su alta actividad biológica puede producir sabor y olor aún cuando el agua haya sido tratada. Las aguas superficiales pueden tener alta turbiedad y color, lo

cual requiere un tratamiento adicional; generalmente tienen mucha materia orgánica que forma trihalometanos (conocidos cancerígenos) cuando se usa cloro para la desinfección.

Las fuentes subterráneas están generalmente mejor protegidas de la contaminación que las fuentes superficiales, por lo que su calidad es más uniforme. El color natural y la materia orgánica son más bajos en las aguas subterráneas que en las superficiales, de allí que el tratamiento para remoción de color no lo requieren; esto al mismo tiempo significa que los trihalometanos son bajos en las aguas tratadas producidas a partir de aguas subterráneas. Es menos probable que las aguas subterráneas tengan sabor y olor, contaminación producida por actividad biológica. Las aguas subterráneas no son corrosivas porque el bajo contenido de oxígeno disuelto en ellas, reduce la posibilidad de que entre en juego la media reacción química necesaria a la corrosión.

Las desventajas del agua subterránea incluyen la comparativa inaccesibilidad de estas fuentes; las concentraciones de sulfuro de hidrógeno son producidas en un ambiente de bajo oxígeno y estas son las condiciones típicas encontradas en las aguas subterráneas. Las características reductoras de estas aguas, solubilizan al hierro y manganeso, los cuales al entrar en contacto con el oxígeno durante el consumo del agua, forman precipitados que tienden a manchar la superficie de los muebles sanitarios.

El principal objetivo de la potabilización del agua es proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes del agua que puedan representar un riesgo para la salud y el bienestar de la comunidad.

Calidad del agua potable

Al evaluar la calidad del agua potable, el consumidor depende por completo de sus sentidos. Los componentes del agua pueden afectar su apariencia, olor y sabor, y el consumidor evalúa la calidad y aceptabilidad del agua basándose esencialmente en esos criterios. Se considerará así peligrosa y se rechazará el agua que sea muy turbia, tenga un color acentuado o un sabor desagradable. No obstante, ya no podemos confiar por completo en nuestros sentidos cuando se trata de juzgar la calidad del agua potable, y la ausencia de efectos sensoriales negativos no garantiza la inocuidad de ese elemento.

RESUMEN EJECUTIVO

El Sistema Hidráulico del Distrito Federal es una infraestructura que opera todo el año y mediante la cual los habitantes de la Ciudad de México son abastecidos de agua potable. Este sistema está integrado por los aportes de agua de diferentes fuentes de abastecimiento las cuales pueden ser propias del Valle de México o estar localizadas fuera del valle.

La calidad del agua de las fuentes internas (pozos, manantiales) es vigilada mediante programas bien definidos los cuales son llevados a cabo por parte del personal de la Subdirección de Desarrollo de la Dirección Técnica.

En el caso de las fuentes externas, y debido a la cantidad de agua que aporta al Sistema Hidráulico, se implementó desde el año 1984 un monitoreo a través de un sistema de medición de la calidad del agua en tiempo real, por medio del cual se ha logrado mantener una vigilancia continua de la calidad de agua en bloque que ingresa al S. H. D. F.

Este sistema de monitoreo, se lleva a cabo gracias a la operación de estaciones de medición en tiempo real ubicadas en puntos estratégicos, en los cuales la principal ventaja que se obtiene, es la determinación de diversos parámetros en un gran volumen de agua, con lo cual se logra monitorear actualmente el 100% del caudal del agua en bloque que es abastecida a la población de la Ciudad de México.

En dichas estaciones los equipos de medición instalados registran los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbiedad, temperatura, oxígeno disuelto y cloro residual libre; siendo necesario en un futuro próximo implementar algún equipo de medición mediante el cual se pueda analizar algún otro, como puede ser el contenido de materia orgánica.

OBJETIVOS

- Contar con información precisa y contable en tiempo real de la calidad del agua que aportan las fuentes externas de abastecimiento al Sistema Hidráulico
- Con la información recibida verificar inmediatamente la calidad fisicoquímica del agua, y así poder informar a las instancias adecuadas para que se tomen las acciones pertinentes de manera inmediata.
- Revisión, procesamiento y evaluación de los resultados generados por las estaciones de medición en tiempo real.
- Tener un sistema contable de información y vigilancia en tiempo real de la calidad del agua que se distribuye a la población

ALCANCES

- A través de un programa estricto de operación y mantenimiento a los equipos existentes se logrará transmitir resultados de calidad con alto nivel de contabilidad
- Con la evaluación de los resultados que se generan continuamente, se logrará dictaminar la calidad real "in situ" del agua potable, cuyos resultados servirán para evaluar y pronosticar la evolución de la calidad del agua.
- Mediante este sistema de monitoreo de la calidad del agua; y debido a la frecuencia de datos, la Subdirección de Desarrollo tendrá la capacidad de emitir comunicados de calidad en tiempo real.

METAS

- Continuar con la automatización de los equipos de medición para poder contar con la oportuna transmisión de datos de calidad de las principales fuentes de abastecimiento.
- Contar con una base de datos de los registros de cada estación de monitoreo, para su incorporación al Sistema de Inspección y Vigilancia de la Calidad del Agua (SIVCA) que maneja la Subdirección de Desarrollo Tecnológico.
- Evaluar la calidad del agua registrada por el equipo de medición en tiempo real en cada estación de monitoreo.
- Se elaboraran e implementaran programas estableciendo lineamientos necesarios cuyas acciones disminuyan el mantenimiento correctivo e incrementen el preventivo.
- Homogeneizar los equipos de medición, a través de una línea comercial capaz de tener una flexibilidad en la adquisición de refacciones, así como sistemas de fácil manejo.

Radio. Con la ayuda de una antena envía la señal al puesto central de control ubicado en el Laboratorio Central de Control

Antena omnidireccional. Su función es la de recibir las señales de radio de diferentes orientaciones, en el LCC, y enviarlas a un equipo semejante al TRIAD denominado STAN el cual transforma la señal de radio a una señal eléctrica que alimenta la información a una computadora de uso exclusivo para los equipos de medición en tiempo real.

Computadora. Esta ubicada en la Unidad Departamental de Usos del Agua y Efectos en la Salud (UDUAES), en el LCC, donde se tiene el programa para la interrogación a cualquier estación en cualquier momento, ó en forma programada automática almacenando en la memoria la información recibida para su consulta y/o procesamiento, para proceder a su impresión.

Terminal Remota Inteligente de Adquisición de Datos (TRIAD)

El equipo Terminal Remota Inteligente de Adquisición de Datos (TRIAD) esta constituido por un conjunto de tarjetas modulares, además del radio y fuente de poder para facilitar el mantenimiento preventivo y correctivo de la unidad, pudiéndose, en el caso de ser necesario, cambiar solo la tarjeta que tuviese algún problema o el componente defectuoso de esa tarjeta sin afectar todo el sistema del concentrador. En la Figura 2.3 se muestra el equipo que conforma la Terminal Remota Inteligente de Adquisición de Datos.

Los componentes fundamentales del equipo son: radio, fuente de poder, bloque de terminales, tarjeta de poder, tarjeta convertidora analógico digital, microswitch. La figura 2.3 muestra cada uno de los elementos del TRIAD.

Radio. Por medio de éste se realiza la comunicación entre el puesto central (STAN) y los puntos remotos (TRIAD).

Fuente de poder. Su función es dar voltaje para accionar el sistema, incluyendo el radio.

Bloque de terminales. Éstos forman un bloque de 15 pares de tornillos donde se conecta el par de cables que llevan la señal eléctrica del parámetro que se esta monitoreando. Actualmente son 6 parámetros de una capacidad de 15 que tiene el sistema.

Tarjeta de poder. Es en ésta donde se lleva a cabo la conversión de energía de voltaje alterno a voltaje directo y proporciona corriente a las otras tarjetas del TRIAD.

Tarjeta convertidora analógico digital. Convierte la señal analógica en forma digital para ser recibida por computadora.

Microswitch. Todos los gabinetes cuentan con un microswitch de 8 interruptores con el cual se programa la identificación exclusiva de cada estación, asegurando de esta manera la comunicación con esa sola estación y no con cualquier otra o varias en forma simultánea.

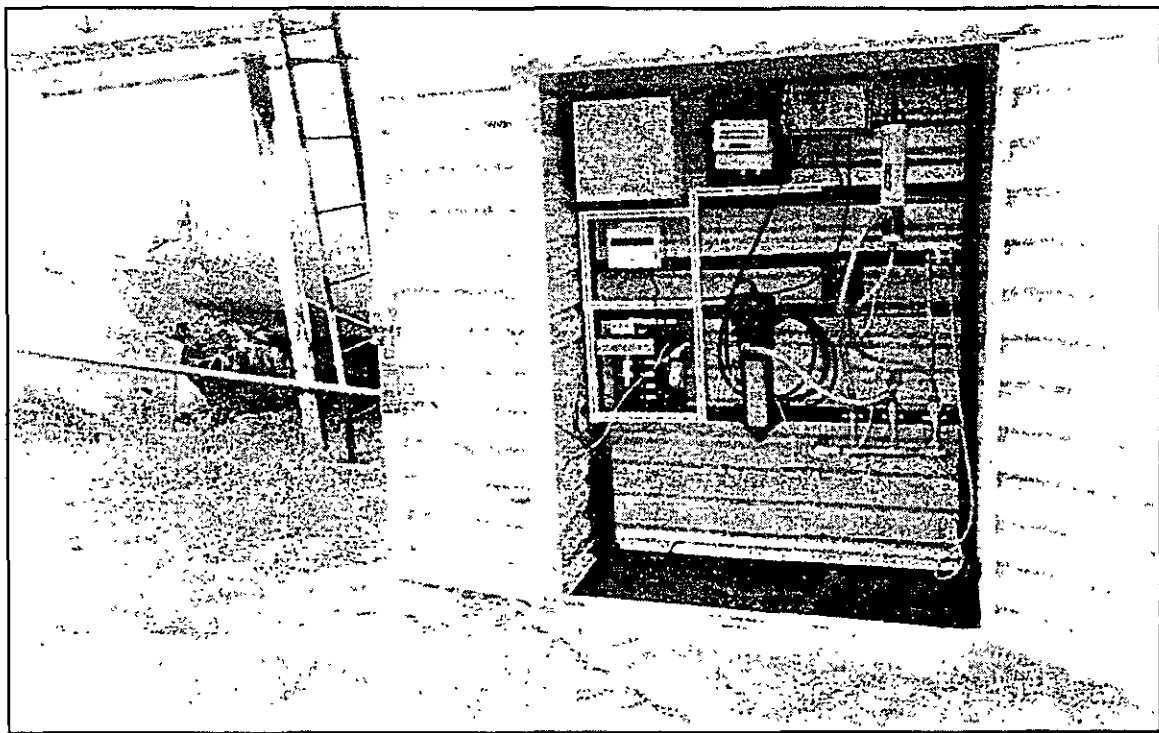
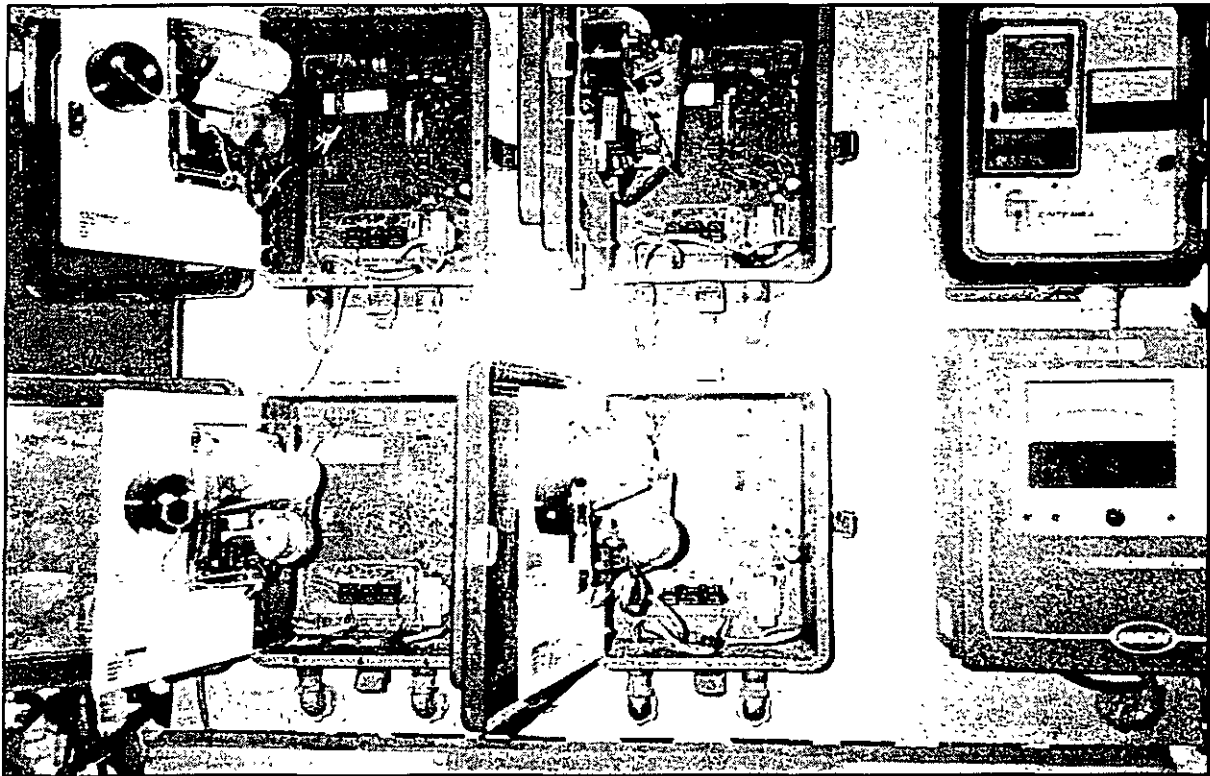


Figura 4.27 Estación de Medición "Berros".



Tarjetas electrónicas de los equipos de medición de los parámetros.

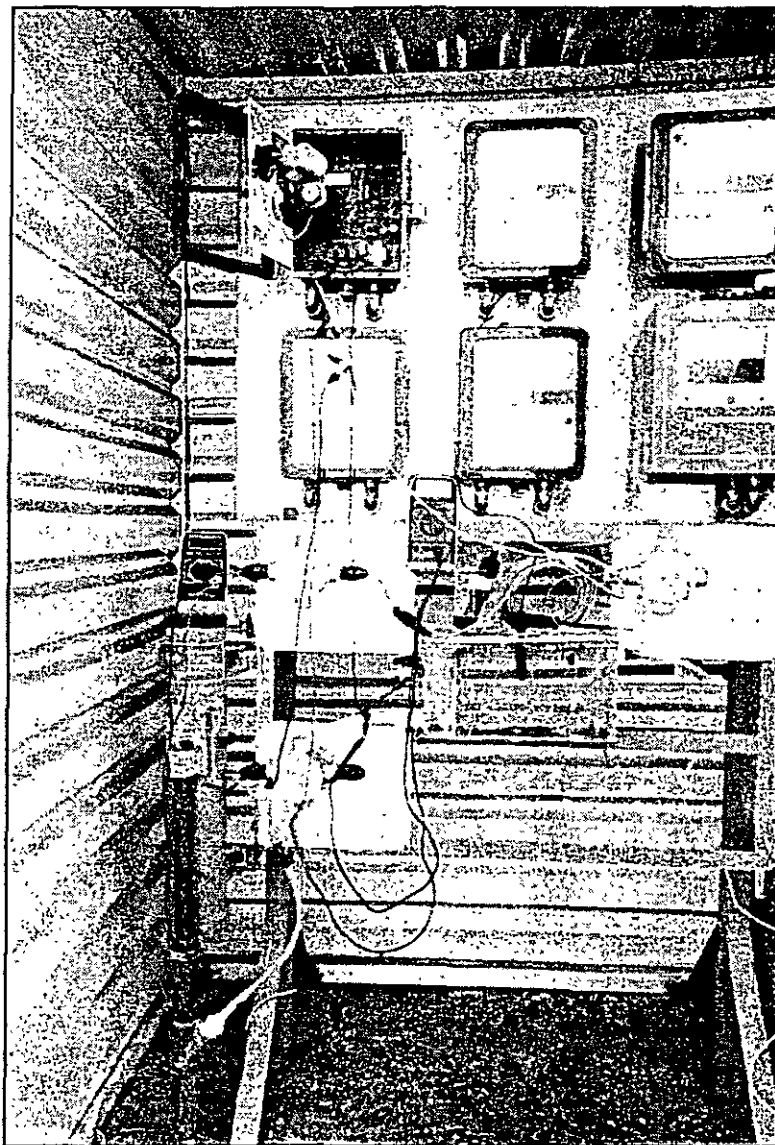
Equipo de medición de conductividad

Como primer paso se retira el sensor de conductividad de la cámara hidráulica, con el equipo de medición encendido. El sensor expuesto a las condiciones ambientales existentes responderá a 0 microS. Se debe cerciorar que la tarjeta transmisora tenga un valor de 0 v, de corriente directa, y en la tarjeta madre una salida de corriente de 4 miliA. Posteriormente, teniendo preparada una solución de cloruro de potasio a 1000 microS, se introduce el sensor a dicha solución, teniendo cuidado que se sumerja perfectamente el cátodo y los tres ánodos del sensor. Se procede a medir el voltaje de la tarjeta transmisora, donde se debe tener 5 v de CD, y simultáneamente, en la salida de corriente de la tarjeta madre 20 mA. Si se cumplen ambas condiciones el equipo de medición de la conductividad se considera calibrado.

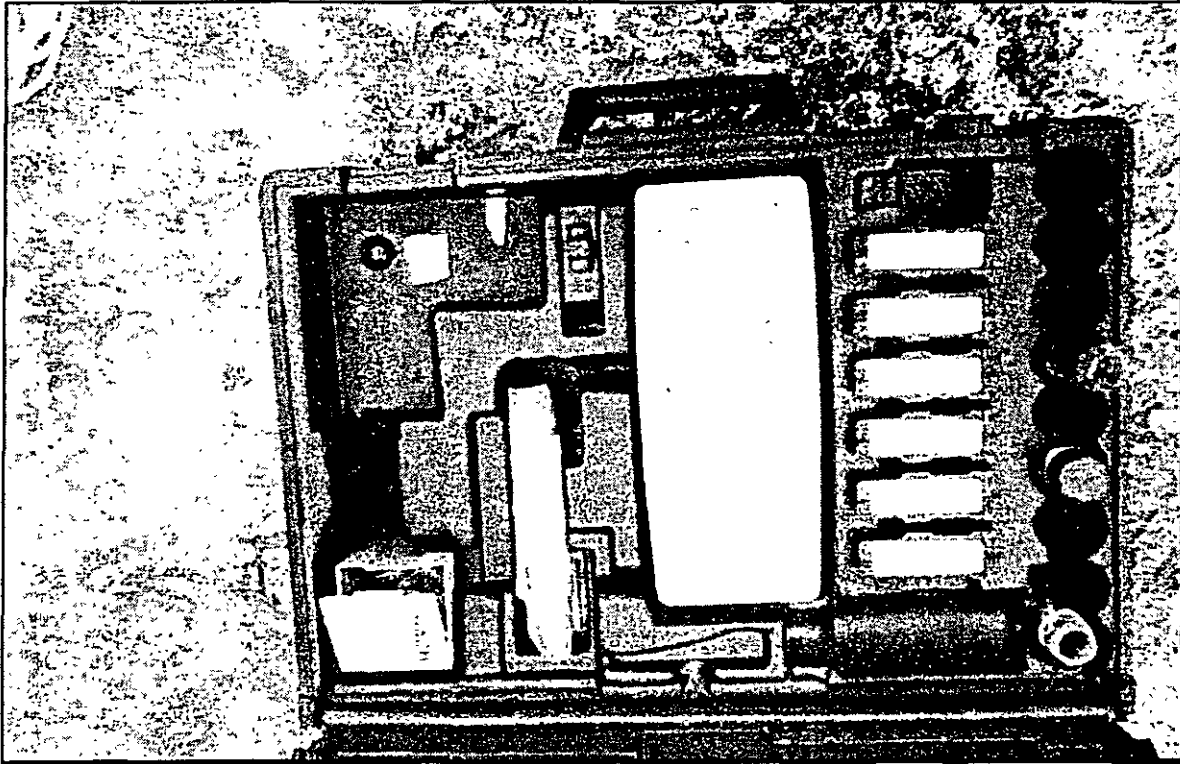
Equipo de medición de pH

Primero se revisa el sensor, se retira la rondana de presión y se revisa que no este dañada, ya que su función es la de difundir la solución de referencia y es importante que no este fracturada. Posteriormente se procede a introducir, a presión, la solución de referencia. Una vez hecho esto, se introduce el sensor en la solución buffer de pH 5.7 y 9. Se mide el voltaje en la tarjeta transmisora y se checa que en cada buffer de un voltaje que corresponda a dicha solución, es decir, existe una relación directa entre el valor de pH, el voltaje y la corriente. De no cumplirse esta relación se procede a revisar voltajes en la tarjeta transmisora (voltaje 12 v CD) y la variación de voltaje de salida del sensor.

Si se cumple con la condición mencionada anteriormente, se continua con la revisión. Enseguida se checa si coincide la corriente de salida de corriente de 4 a 20 miliA., con la variación de voltaje de 0 a 5 v disolución buffer 5, 7, 9; si hay salida de corriente, en relación a lo mencionado en el primer párrafo de este inciso, se procede a calibrar la tarjeta de salida de corriente.



Calibración del equipo de medición de cloro.



Equipo de medición portátil de cloro residual libre, que sirve de ayuda para la calibración.

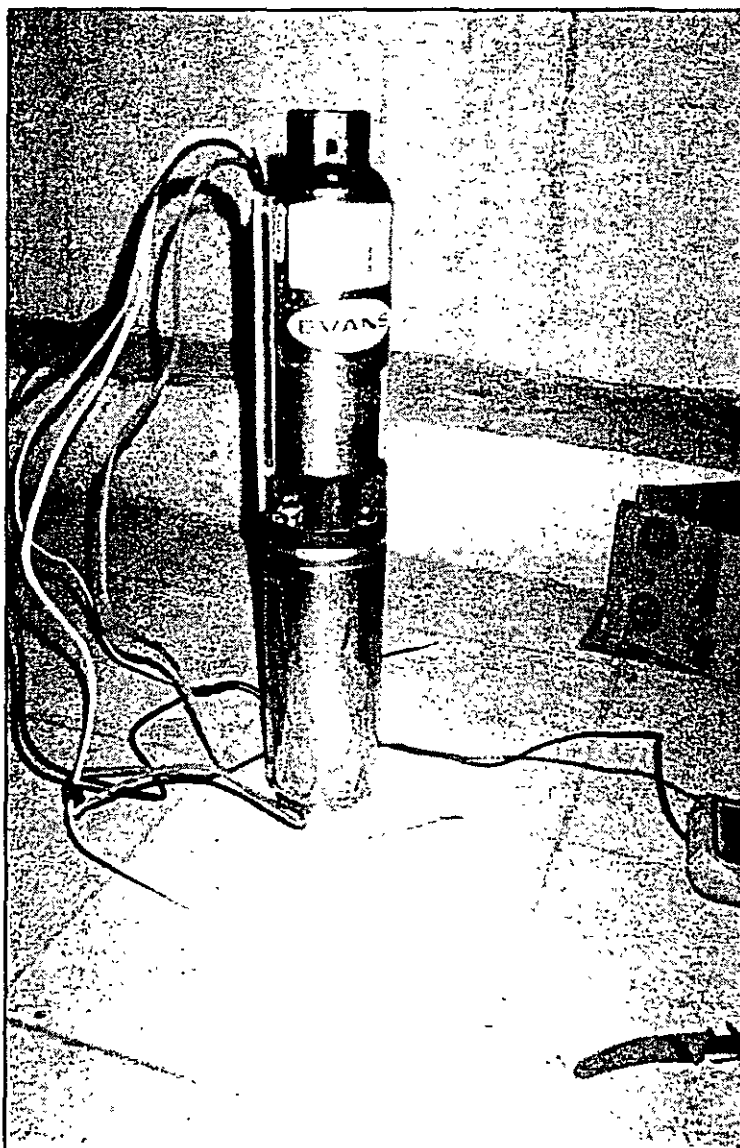
Equipo de medición de temperatura

Para la calibración y mantenimiento del equipo de medición de temperatura, es necesario contar con hielo y agua caliente. Se introduce el sensor de temperatura en ambos elementos y se observan las variaciones de voltaje en la tarjeta transmisora. Simultáneamente se checa la salida de corriente en la tarjeta respectiva y se procede a calibrar.

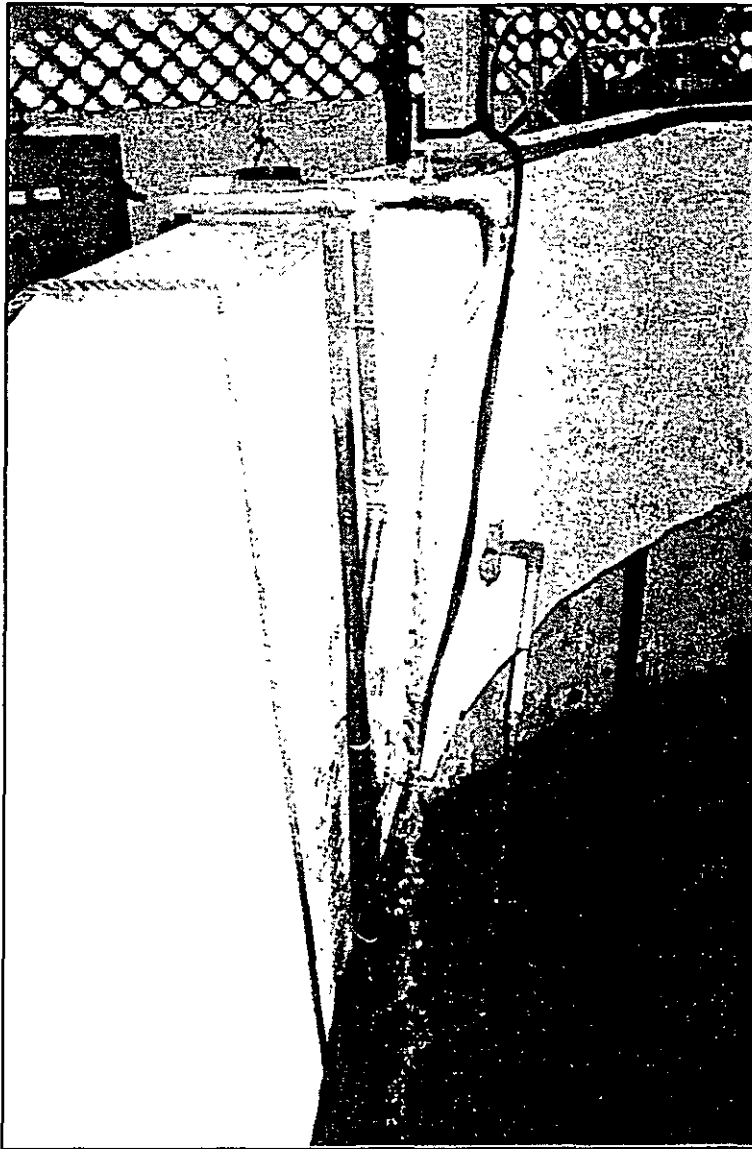
Para la calibración se utiliza un vaso de precipitados, una parrilla y un termómetro. Se introduce el sensor en el vaso de precipitados y se ajusta el valor del equipo de medición al valor de la temperatura que marca el termómetro. Simultáneamente, deben cerciorarse los valor de voltaje de la tarjeta transmisora y de corriente de salida. Existe una relación directa entre el valor de temperatura (0-50), voltaje(0-5 vid) y salida de corriente (4-20 mA). Ajustando estos valores se tendrá el equipo calibrado.

Equipo de medición de turbidez

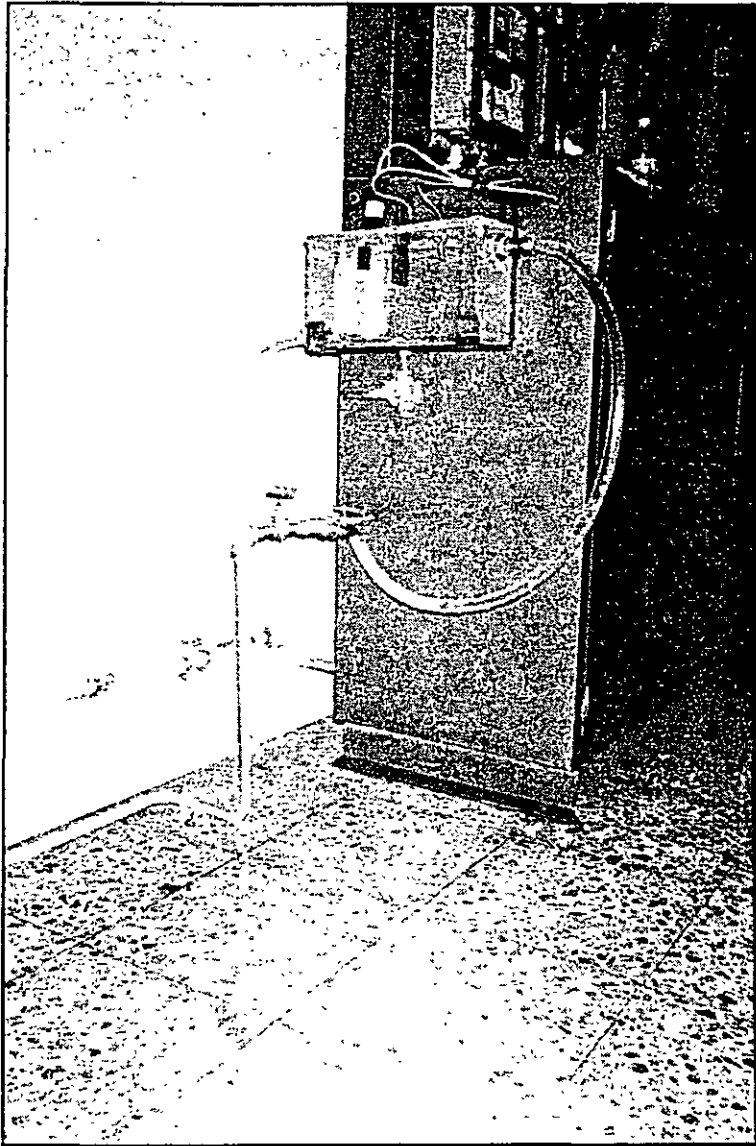
El mantenimiento periódico necesario para el equipo de medición de la turbidez es bastante sencillo. Para normalizar las lecturas es necesario efectuar comprobaciones y calibrados. Las demás actividades también se deben efectuar de forma regular, dependiendo de la instalación y las muestras que se utilicen.



Estación de medición "Cerro de la Estrella". Instalación de la bomba sumergible tipo bala de ½ HP.



Estación de medición "Cerro de la Estrella". Modificación de la recirculación del gasto sobrante, con adición de una válvula para regular el gasto; y, refuerzo de la tubería, de P.V.C., que sostiene a la bomba con tubería de fierro galvanizado.



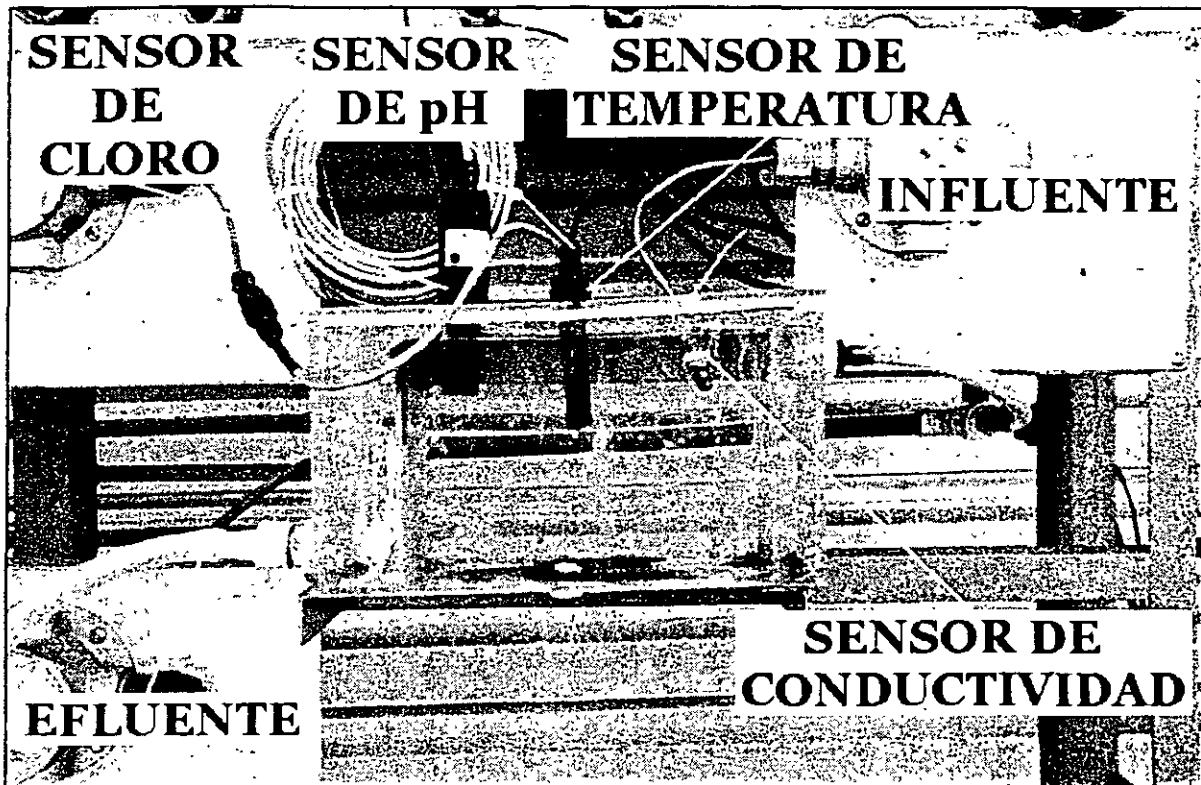
Estación de Medición "Rio Magdalena". En la imagen se puede apreciar la instalación de la cámara hidráulica y de la base metálica que la sostiene; modificación del influente y del efluente; así como la colocación del sensor de cloro.

Efluente. El gasto utilizado para obtener la calidad de los parámetros es devuelto a su cauce original o desechado, ya sea por gravedad o bombeo.

Cámara hidráulica. La función de la cámara hidráulica es la de eliminar la presión, que originalmente se pueda tener en los diversos dispositivos de las instalaciones donde se encuentran las estaciones de monitoreo, ya que ésta presión es un factor que influye de manera negativa en la correcta medición de los parámetros. El gasto requerido en la cámara es de aproximadamente 10 litros por minuto. En la Figura 2.2 se puede observar con detalle cada uno de los elementos que conforman a la cámara hidráulica.



Arreglo en forma general de una estación de medición en tiempo real.



Elementos de la cámara hidráulica.

Sistema eléctrico

Consiste en la alimentación eléctrica a las estaciones de medición en tiempo real, la cual llega con un voltaje de 120 (vivo y neutro). La toma de la tierra física se hace en la misma instalación. También se utiliza un regulador para evitar posibles cortos, debido a los picos ocasionados por el cambio de voltaje, que pueden afectar al sistema.

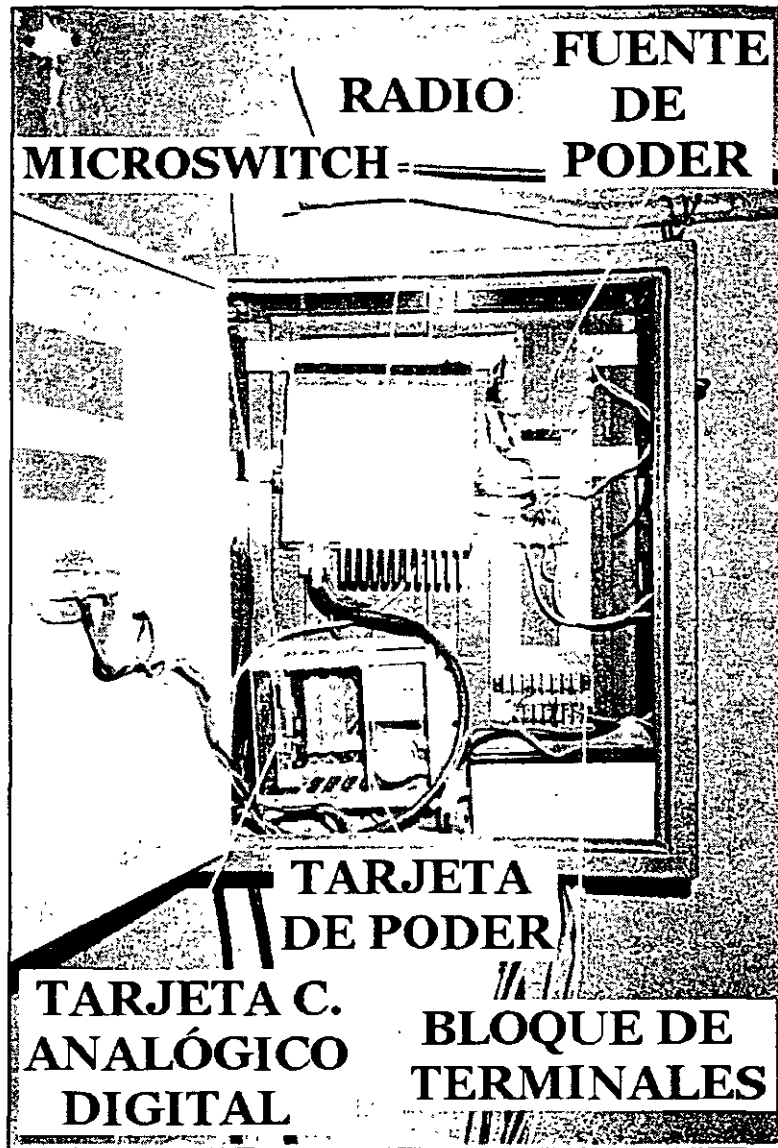
Sistema electrónico

Diversos elementos componen el sistema electrónico: sensores, tarjetas electrónicas, registrador, concentrador de datos TRIAD, radio, antena, antena omnidireccional, equipo STAN, computadora.

Sensores. Cada uno de éstos elementos mide un parámetro diferente y se encuentran en contacto directo y continuo con el agua. Los sensores producen un impulso, el cual es enviado a una tarjeta electrónica.

Tarjetas electrónicas. Transforman el impulso del sensor en una señal eléctrica y la transmiten a un registrador.

Registrador. Cuenta con una salida de corriente eléctrica de 4 a 20 miliamperes, que es la que se transmite al concentrador de datos TRIAD, el cual almacena los mismos, y está a su vez conectado a un radio



Terminal Remota Inteligente de Adquisición de Datos (TRIAD).

Sistema Transceptor de Antena (STAN)

El puesto central de recepción de información está ubicado en la Unidad Departamental de Usos del Agua y Efectos en la Salud (UDUAES), dentro de la Oficina de Agua Potable, dicho equipo está constituido por: Sistema Transceptor Antena (STAN), computadora, monitor, impresora, antena omnidireccional. En la Figura 2.4 se puede apreciar cada uno de los elementos que componen al sistema.

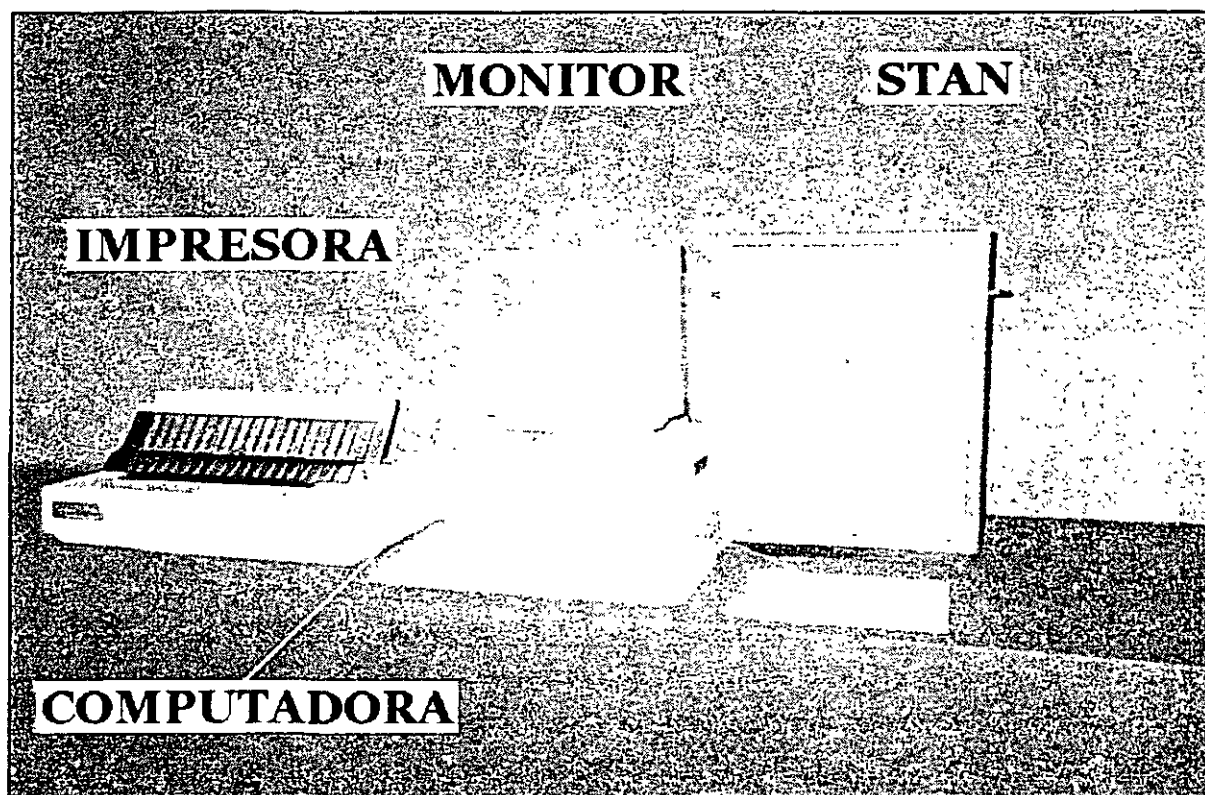
Sistema Transceptor Antena (STAN). Es el equipo de enlace entre la computadora y los puntos remotos.

Computadora. Marca Hewlett Packard, con disco duro de 3.5 Gb., en donde se encuentra el programa para la interrogación, almacenamiento y despliegue de datos.

Monitor. Sirve para presentación visual de datos y búsqueda de información específica del programa de monitoreo.

Impresora. Se utiliza en la impresión de los resultados de las estaciones y así poderlos distribuir a los usuarios en forma tabular, gráficas o croquis de localización de las estaciones.

Antena. Es de tipo omnidireccional de 12 metros de altura, la cual recibe las señales de radio de las distintas estaciones de medición de calidad del agua en tiempo real.



Sistema Transceptor de Antena (STAN).

Estaciones de monitoreo en operación

El número de las estaciones de medición en tiempo real ha ido aumentando conforme se ha visto la necesidad de traer mayor cantidad de agua de fuentes externas debido a la exigencia de este recurso por parte de los usuarios.

La operación de las estaciones de medición en los últimos años ha reflejado niveles altos de confiabilidad para todos los parámetros registrados, sin embargo dichas estaciones no están exentas de fallas en su funcionamiento, esto debido a causas ajenas en su operación, como pueden ser descargas eléctricas, pérdida de la señal transmitida, falla en los equipos de bombeo etc., por lo que es necesario identificar estas para saber cuando un dato reportado es producto de una falla y no por la calidad misma del agua.

Actualmente y basándose en diversos factores tales como el crecimiento de la población y en consecuencia la demanda de agua a zonas más extensas, se ha visto la necesidad de asegurar que este recurso llegue a su destino en condiciones óptimas de calidad.

CAPÍTULO 3

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

El mantenimiento preventivo consiste en realizar recorridos para efectuar revisiones en los sistemas hidráulico, eléctrico y electrónico de las estaciones, y con los resultados obtenidos se elabora un programa de mantenimiento preventivo, para poder así determinar el tiempo necesario para el reemplazo de algunos componentes del sistema.

El mantenimiento correctivo consiste en reparar algunos de los componentes que integran al sistema de medición en forma no programada, ocasionado por alguna falla externa a la estación.

Independientemente de las consultas particulares que se realicen en cada estación, se genera un reporte diario, el cual incluye el promedio de los datos del día, uno semanal con el promedio de los promedios diarios, igualmente un dato mensual con el resultado de los promedios semanales y finalmente el promedio anual.

De esta manera se podrán identificar, además de las variaciones bruscas en cualquier parámetro, cambios en la calidad estacional y tendencia de la calidad del agua en el transcurso del tiempo.

3.1 Mantenimiento preventivo

La necesidad de trabajo en forma ininterrumpida y confiable obliga a ejercer una atención constante sobre el grupo de mantenimiento para que, en caso de que surjan problemas imprevistos, sean lo menos frecuentes o trascendentes.

Con un buen programa de mantenimiento preventivo se gana tiempo para detectar las causas de fallas típicas y puntos débiles de las instalaciones: además de que se tienen ventajas importantes

El programa de mantenimiento preventivo se puede resumir en tres partes: Inspección, reparación y cambio de partes.

La determinación de lo que debe inspeccionarse y con qué frecuencia debe hacerse es uno de los puntos más importantes y del que depende, en gran parte, el éxito o fracaso de un programa de mantenimiento preventivo. qué se debe inspeccionar.

razones obvias como el sabor, olor y apariencia, se vuelve imbebible después de incidentes de ese tipo.

Los problemas relacionados con los componentes químicos surgen fundamentalmente por la posibilidad de que esas sustancias causen efectos negativos después de periodos prolongados de exposición tienen particular importancia los venenos acumulativos y los carcinógenos.

Parámetros de calidad del agua medidos en las estaciones

Actualmente, las estaciones de medición de la calidad del agua en tiempo real determinan cinco parámetros, a excepción de la estación "Dos Ríos" que incluye oxígeno disuelto. Estos parámetros son: cloro libre residual, conductividad, pH, temperatura y turbidez.

En los siguientes apartados se da la definición de cada uno de estos parámetros y una breve explicación de la influencia que tienen en la calidad del agua potable.

Cloro libre residual

El cloro puede estar presente en las aguas (bajo la forma de ácido hipocloroso o ion hipoclorito, o ambos), como cloro libre disponible, o de cloro combinado disponible (en cloraminas u otros cloroderivados), pudiendo estar presentes, simultáneamente, tanto el cloro libre como el combinado.

La desinfección del agua en los sistemas de abastecimiento constituye la barrera más importante contra las bacterias y virus patógenos; el cloro, en una forma u otra, es el principal agente desinfectante utilizado en la mayoría de países.

La preeminencia del cloro como desinfectante se explica indudablemente por su fácil disponibilidad, su bajo costo y su contabilidad, así como por la facilidad con que se le puede usar y medir en los abastecimientos de agua. Con respecto a su determinación mediante análisis, es importante entender la manera como se comportan el cloro, o las sustancias que liberan cloro, cuando se agregan al agua, dependiendo esto de las otras sustancias allí presentes.

- a) Cuando el agua contiene ciertas sustancias reductoras, como sales ferrosas o sulfuro de hidrógeno, estas reducirán parte del cloro agregado convirtiéndolo en iones de cloruro.
- b) Cuando el agua también contiene otras sustancias capaces de reaccionar con el cloro, tales como amoníaco y sus derivados, materia orgánica, bacterias, etc., el nivel de cloro libre disminuirá, pudiendo producirse algunos compuestos orgánicos clorados.
- c) Si la cantidad de cloro agregado es suficientemente grande para garantizar que no se reduzca o combine totalmente, una porción permanecerá libre en el agua; esta porción de cloro recibe el nombre de *cloro libre residual* o *cloro libre*.

Cuando el cloro reacciona químicamente como en a) o en b), pierde su poder oxidante y, en consecuencia, sus propiedades desinfectantes. Sin embargo, los compuestos

formados por una combinación de cloro con derivados de amoníaco retendrán aún algo de sus propiedades desinfectantes. Al cloro presente de esta forma en el agua se le denomina *cloro combinado residual* o *cloro combinado*.

Cuando existe un exceso de otros tipos de compuestos reactivos respecto al cloro agregado originalmente, el nivel de cloro libre descenderá a cero.

Al cloro libre más el cloro combinado se les denomina *cloro total residual*. Desde el punto de vista de la desinfección, la forma que más interesa es el cloro libre, pues su poder bactericida es mayor que el del cloro combinado; en consecuencia, los análisis rutinarios siempre buscan determinar por lo menos el nivel de cloro libre.

Conductividad

La conductividad, o conductancia específica, es una medida de la capacidad de un agua para transmitir la corriente eléctrica y esta propiedad está relacionada con la concentración total de sustancias ionizadas en un agua y con la temperatura a la que se hace la medición. Afectan la conductancia específica la naturaleza de las distintas sustancias disueltas, sus concentraciones reales y relativas y la concentración iónica de la muestra.

Las mediciones de conductividad proporcionan una idea de las porciones alicuotas que se deben tomar para las determinaciones químicas comunes. También ofrecen un medio para comprobar los resultados de un análisis químico.

Con frecuencia se puede estimar la cantidad de materia disuelta en una muestra multiplicando la conductancia específica por un factor empírico. Este factor puede variar de 0.55 a 0.9, dependiendo de los componentes solubles de un agua particular y de la temperatura de la medición. Se pueden aplicar factores relativamente altos para aguas salinas o para aguas de calderas, mientras que se aplican los factores más bajos en los casos en que se tienen presentes hidróxidos o acidez libre. Aunque la evaporación de la muestra produzca un cambio del bicarbonato a carbonato, a menudo se puede lograr un factor empírico, para la calidad relativamente constante del agua de un abastecimiento, dividiendo el residuo disuelto por la conductancia específica. El residuo filtrable se puede determinar por evaporación. Puede ser posible obtener una aproximación del contenido, en me/l, bien sea de aniones o cationes, multiplicando los micromhos por 0.01.

La conductancia específica se define como la recíproca de la resistencia, que se mide entre dos electrodos separados 1 cm y con una área de 1 cm cuadrado. Usando la celda de conductividad y balanceando con un puente de Wheatstone, se miden a la misma temperatura las resistencias eléctricas de la muestra y de una solución de cloruro de potasio, de conductancia específica conocida. Como el cambio en conductancia de la muestra y de la solución de KCl es el mismo con alteraciones en la temperatura (en el ámbito de 20"-30"C), se puede calcular la conductancia específica de la muestra (a 25°C) aplicando el valor conocido de la conductancia específica (a 25°C) de la solución de KCl.

pH

El pH es el logaritmo de la recíproca de la concentración del ion hidrógeno, o más precisamente, de la actividad del ion hidrógeno, en moles por litro. El pH interviene en el cálculo de carbonato, bicarbonato y bióxido de carbono, lo mismo que en el cálculo del

índice de corrosión o estabilidad, y en el control de los procesos de tratamiento de agua. La escala práctica del pH comprende del 0, muy ácido, al 14, muy alcalino, con el valor medio de pH 7 que corresponde a la neutralidad exacta a 25°C. Mientras que los términos "alcalinidad" y "acidez" indican la reserva total o capacidad amortiguadora de una muestra, el valor del pH representa la actividad instantánea del ion hidrógeno.

El pH de una muestra acuosa generalmente se mide electrométicamente con un electrodo de vidrio. La temperatura ejerce efectos significativos en la medición del pH.

El pH de un sistema acuoso es una medida del equilibrio ácido-base alcanzado por diversos compuestos disueltos y, en la mayor parte de aguas naturales, está controlado por el sistema de equilibrio bióxido de carbono (anhidrido carbónico)-bicarbonato-carbonato. Este sistema involucra varios equilibrios de diversos componentes, todos ellos se afectan por la temperatura. En el agua pura, se produce una disminución en el pH de aproximadamente 0,45 conforme sube la temperatura a 25°C. En el agua que tiene una capacidad amortiguadora impartida por los iones de bicarbonato, de carbonato y de hidróxido, este efecto de la temperatura se modifica.

El pH de la mayoría de fuentes de agua natural fluctúa entre 6,5-8,5. La concentración del ion hidrógeno puede alterarse en forma significativa durante el tratamiento del agua. La cloración tiende a disminuir el pH, mientras que cuando se suaviza el agua utilizando el método de cal y soda en exceso, se eleva el nivel del pH.

Los problemas de corrosión en las tuberías y en las plantas de tratamiento de agua pueden ser una carga económica grande. Además del problema de corrosión, cuando existen casos de deposición de carbonato de calcio, se produce una pérdida de la capacidad de distribución con el consiguiente incremento de los costos de bombeo.

Los metales que se emplean en los sistemas de distribución, como el hierro fundido, el acero y el cobre, debido a su inestabilidad termodinámica, tienden a corroerse en contacto con el agua. También puede ocurrir el deterioro de las tuberías de concreto, de asbesto-cemento y de hierro fundido revestidas de cemento, siendo muy común su empleo en los sistemas de distribución. Las aguas naturales contienen gases, materia coloidal y una variedad de material electrolítico y no electrolítico, todos ellos, junto con el pH, determinan la extensión de la corrosión en un sistema y definen la "agresividad" del agua. La presencia de aniones que forman compuestos solubles con un metal aumentan la "corrosividad" del agua con respecto a dicho metal, mientras que los aniones que forman compuestos insolubles pueden aumentar la pasividad del metal.

La deposición del carbonato de calcio puede controlar la corrosión. Los factores que afectan esta operación son la temperatura, el pH, el total de sólidos en disolución, la dureza, el bióxido de carbono y la alcalinidad. Bajo condiciones prácticas es extremadamente difícil y puede ser imposible controlar el equilibrio carbonato de calcio/bicarbonato. Por consiguiente, se ha establecido una serie de relaciones semiempíricas y empíricas, utilizando parámetros de fácil medición. La relación que más se usa es la expuesta por Langelier

La efectividad de la protección frente a la corrosión, alterando el pH y la alcalinidad, depende de un equilibrio muy cuidadoso del sistema carbonato/bicarbonato. El agua que está exactamente en equilibrio, es decir, que se acaba de estabilizar con respecto al carbonato de calcio, será normalmente corrosiva tanto al hierro como al acero debido a la

falla de depositar el carbonato de calcio. Por otro lado, el agua sobresaturada formará mucha costra si no ha sido convenientemente tratada. Esta costra, según sea su porosidad y su poder de adhesión al metal, puede inhibir o no la corrosión.

Por lo general, las aguas que son excesivamente duras no originan problemas graves de corrosión, pero son propensas a formar incrustaciones excesivas. El agua dura que ha sido ablandada mediante el tratamiento de cal y cenizas de soda tendrá un pH del orden de 10,9 y manifestará tendencias a la formación de costras. La estabilización puede lograrse con la recarbonatación, adición de bióxido de carbono a un pH de 9,7-10, o añadiendo 0,25-0,5 mg de polifosfato de sodio por litro. Se ha recomendado la recarbonatación a un pH de 8,6, para estabilizar el agua a fin de que no se deposite en exceso el carbonato de calcio en el sistema de distribución.

El limo biológico en la superficie interior de las tuberías de distribución puede evitar la remoción de los productos de oxidación de las paredes de las tuberías, así como la penetración de oxígeno a las mismas paredes, inhibiendo así la corrosión. Por otra parte, los crecimientos biológicos excesivos que generan bióxido de carbono podrían crear sectores localizados de bajo pH en la superficie de las cañerías. Esto podría ocasionar una corrosión localizada, aunque la masa de agua pudiera poseer índices favorables de estabilidad y agresividad. El crecimiento de las bacterias de hierro depende en gran medida del pH, produciéndose en algún punto de la escala 5,5-8,2, con un pH óptimo de aproximadamente 6,5. El agua rojiza, que suscita quejas entre los consumidores, con frecuencia se debe a un crecimiento súbito de bacterias del hierro, que producen hidróxido férrico como producto metabólico final. Bajo condiciones favorables, las bacterias del hierro pueden desarrollarse tan rápidamente que, en solo algunas semanas, pueden provocar obstrucciones graves en las cañerías de distribución.

El pH se relaciona, de diferentes maneras, con casi cualquier otro parámetro de la calidad del agua, desde que los equilibrios químicos acuosos comprenden, invariablemente, los iones hidrógeno (y oxhidrilo).

La formación del sulfuro de hidrógeno gaseoso, que produce el olor a "huevos podridos" en las aguas propensas a la contaminación con azufre, se ve favorecida termodinámicamente a valores de pH menores de 7,0, aproximadamente. En el método de cloración, el olor acre y desagradable del tricloruro de nitrógeno tiende a formarse en concentraciones mayores, a valores de pH menores que 7,0. Se ha afirmado que el agua potable adquiere un sabor amargo cuando los niveles de pH son altos.

La intensidad del color en una muestra de agua determinada aumenta cuando se eleva el pH. Este efecto, conocido como "efecto indicador", ha llevado a sugerir que todas las mediciones de color para controlar la calidad del agua se realicen con un pH uniforme de 8,3.

La eficiencia de los métodos de coagulación y floculación depende mucho del pH, por lo que es práctica estándar en el tratamiento de agua ajustar el pH de manera que se logre una óptima formación de flóculos. En algunos casos, la eficiencia en la filtración también es sensible al pH.

En general, la mayor parte de microorganismos toleran la gama de pH que, por lo común, se encuentra en las fuentes de agua. La integridad microbiológica del agua depende del nivel de pH, que influye en la efectividad de la desinfección con cloro. La acción germicida

del cloro en el agua es menor cuando los valores del pH son altos; esto se atribuye a la reducción en la concentración del ácido hipocloroso cuando el pH aumenta. Dentro de la gama de pH que se encuentra en el agua potable, la efectividad tanto del ozono como del bióxido de cloro como otros posibles desinfectantes permanece invariable.

La corrosión en el sistema de abastecimiento de agua es una fuente importante de contaminación metálica en el agua potable. Dos de los metales que pueden producir mayores problemas son el plomo y el cadmio. En el agua pura, el plomo es inmune a la corrosión a cualquier nivel de pH por encima de 6. En presencia de carbonatos y bicarbonatos, el plomo es pasivo, existe un pH aproximado de 4 y un pH de 12, pero está sujeto a la corrosión por encima de un pH de 12. En el agua pura, el cadmio es pasivo entre un pH aproximado de 9 y un pH de 13,5, mientras que, de acuerdo a datos experimentales, la corrosión sólo es significativa por debajo de un pH de 6.

Temperatura

En general, la velocidad de las reacciones químicas disminuye al disminuir la temperatura. Las concentraciones relativas de los reactivos y productos que están en equilibrio químico pueden también variar con la temperatura. Por lo tanto, la temperatura puede afectar todos los aspectos del tratamiento y suministro de agua potable.

El agua de bebida fría es preferible al agua tibia. La intensidad del sabor es mayor cuando el agua está a temperatura ambiente bajo techo y esta intensidad se ve reducida significativamente cuando el agua se enfría o se calienta. Al aumentar la temperatura aumentará también la presión de vapor de los compuestos volátiles en trazas presentes en el agua potable y puede conducir a un incremento del olor.

La turbiedad y el color están en relación indirecta con la temperatura, puesto que la eficiencia de la coagulación depende en gran medida de la temperatura. El pH óptimo para la coagulación disminuye al aumentar la temperatura. En consecuencia, a fin de lograr el uso más económico de un coagulante, las pruebas de jarra se efectuarán a la temperatura del agua tratada y no a la temperatura del ambiente interior.

A medida que disminuye la temperatura, aumenta la viscosidad del agua y disminuyen las velocidades de sedimentación y de filtración. La eficiencia de la remoción del color y la turbiedad mediante la coagulación, sedimentación y filtración será más deficiente durante las temperaturas invernales que en las estivales. La deficiencia en la remoción de turbiedad por filtración cuando las temperaturas son más bajas se debe a una reducción en la fuerza cohesiva de los flóculos o en el tamaño promedio de las partículas. La temperatura afecta también la filtración a través de carbono activado; el índice de adsorción del carbono activado aumenta cuando baja la temperatura.

Las características microbiológicas del agua potable están relacionadas con la temperatura debido a su efecto en los métodos de tratamiento de agua, especialmente la desinfección, y su efecto en el crecimiento y la supervivencia de los microorganismos.

En general, la desinfección se facilita cuando aumenta la temperatura. Trabajando con *Escherichia coli*, Butterfield y sus colaboradores observaron que se quintuplicaba la efectividad bactericida del cloro entre 20 y 25°C, en comparación con la lograda entre 2 y 5°C. En un estudio llevado a cabo por el Ejército de los E.U.A., Ames y Smith encontraron que la efectividad aumentaba en 9 veces entre 5°C y 40°C (6). Chanibers informó que la

influencia de la temperatura en la efectividad de la desinfección con cloro era insignificante a valores de pH entre 7,0 y 8,5, pero que cuando los valores de pH eran más altos y la gama de temperatura fluctuaba entre 4°C y 22°C, se observó un incremento de la efectividad de 4 a 8 veces. Resultados similares se han obtenido con virus. Se ha informado que la inactivación de la *Mycobacterium fortuitum* con ozono, aumenta con la temperatura.

La coagulación y sedimentación del agua reducen el número de microorganismos en suspensión y, como se señaló anteriormente, la temperatura afecta esos métodos.

Con un pH dado, una mayor temperatura lleva a una mayor disociación del ácido hipocloroso. La magnitud de este efecto sobre la eficiencia germicida del agua clorada es, sin embargo, de una importancia secundaria en comparación al efecto mayor, y opuesto, del incremento en la acción germicida a temperaturas más altas.

La información publicada es algo equívoca acerca del efecto de la temperatura en la supervivencia de bacterias en el agua. Se han observado variaciones estacionales en los recuentos de bacterias conformes en las fuentes de agua natural. No obstante, la temperatura sería nada más uno de una serie de factores que llevan a esta variación. A bajas temperaturas, los virus pueden sobrevivir mucho más tiempo que las bacterias, habiéndose informado de períodos de supervivencia de hasta seis meses para poliovirus en el agua de grifo de baja temperatura. Ahora bien, en un estudio epidemiológico de hepatitis viral A, llevado a cabo en 13 ciudades de los E.U.A., no hubo correlación entre el índice de infección y la temperatura del agua natural.

El período de supervivencia en el agua de quistes y huevos de lombrices parasitarias se reduce a temperaturas más elevadas. Por ejemplo, los huevos de *Schistosoma* mueren en nueve días a una temperatura de 29-32°C, en tres semanas a 15-24°C y en tres meses a 7°C.

El agua tibia favorece el crecimiento de organismos molestos, lo que podría llevar al desarrollo de sabores y olores desagradables.

El índice de formación de trihalometanos en el agua potable clorada aumenta con la temperatura y, tal vez, es el factor individual más importante que influye sobre la variación estacional que tienen las concentraciones de trihalometanos.

El efecto de la temperatura en la corrosión de los sistemas de tratamiento de agua demostró que la corrosión aumentaba en función de la temperatura. La regulación del pH con hidróxido de sodio redujo a la mitad este incremento a base de la misma gama de temperatura. Sin embargo, a temperaturas por debajo de 10°C, el agua con hidróxido de sodio mostró un mayor índice de corrosión que el agua no tratada. El índice de corrosión es también una función de la concentración de oxígeno disuelto en el agua. La variación del oxígeno disuelto con la temperatura es pequeña en comparación con el cambio, mucho mayor y opuesto, en los índices de corrosión antes citados. No obstante, el contenido de oxígeno disuelto desempeña una función sin importancia en cuanto a la dependencia que la temperatura tiene respecto a la corrosión.

La solubilidad del carbonato de calcio disminuye con la temperatura. Sin embargo, a bajas alcalinidades (50 mg/litro como carbonato de calcio), la disminución en el pH con un incremento de temperatura en realidad aumenta la solubilidad del carbonato de calcio.

Este efecto sobre el índice de saturación tiende a reducir las incrustaciones de carbonato y, al mismo tiempo, aumenta la agresividad del agua, lo que conduce a mayor corrosión en las instalaciones de agua caliente.

Turbidez

La turbiedad en el agua se debe a la presencia de materias en suspensión, tales como arcilla, sedimentos, partículas orgánicas coloidales, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es una expresión de ciertas propiedades de la muestra de agua para esparcir la luz y para absorberla; es un parámetro cuya importancia depende en gran medida de la técnica de medición. La intensidad total y la distribución angular de la luz esparcida desde el agua turbia representan los efectos totales de las interacciones intrapartículas e interpartículas; que dependen, de un modo complejo, del número, tamaño, forma e índice refractor de las partículas foráneas y de la longitud de onda de la luz incidente. A pesar de ser estos factores complejos, es posible formular ciertas generalizaciones.

Pueden emplearse cinco métodos para la medición de la turbiedad del agua, pero solo dos de ellos, el de nefelometría y el de turbidimetría, forman la base de los presentes métodos estándar.

Históricamente, las mediciones de turbiedad del agua potable y de las aguas residuales se han basado en el turbidímetro de vela Jackson. La turbiedad de vela Jackson es una cantidad empírica basada en la medición, en una vasija graduada especial, que tiene la profundidad justa de la muestra que es suficiente para extinguir la imagen de una vela común encendida que se observa verticalmente a través de la muestra. La unidad de turbiedad Jackson (UTJ) se define en términos de dicha profundidad; una profundidad de 21,5 cm corresponde a 100 UTJ. El turbidímetro de vela Jackson nada más es aplicable a turbiedades mayores que 25 UTJ y, como tal, tiene una aplicación limitada para la vigilancia del agua potable. Los instrumentos mejorados, como el turbidímetro Patterson, que utilizan fuentes de luz eléctrica y ópticas de espejo, pueden medir valores más bajos. Como una alternativa a la UTJ, es posible calibrar los turbidímetros de acuerdo con la concentración de sólidos en suspensión (mg/litro) que da origen a una cierta turbiedad (una definición gravimétrica). Las tierras diatomáceas se utilizan comúnmente para formar las suspensiones estándar. Este tipo de definición (algunas veces denominada escala de tierra de Fuiler) es arbitrario y es específica para el tipo y tamaño de las partículas de la arcilla particular utilizada.

El método nefelométrico es el método que se emplea actualmente para medir la turbiedad. Los turbidímetros nefelométricos miden la intensidad de la luz que se esparce a 90° del haz de la luz incidente. Las diferencias en el diseño físico de los turbidímetros ocasionarán diferencias en las medidas de los valores de turbiedad.

En un intento para reducir al mínimo estas diferencias, se definen, de manera específica, las características geométricas del equipo de fuente de luz y del detector, y el método de calibración. Puede decirse que la industria del agua ha adoptado, en casi todo el mundo, las suspensiones del polímero formazín como pautas de referencia para la turbiedad. Una suspensión de formazín, formada por la interacción, bajo condiciones específicas, de sulfato de hidrazina (50 mg/litro) con hexametilamina-tetramina (500 mg/litro), tiene una turbiedad definida de 40 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN). También se conocen como unidades de turbiedad de formazín (UTF). Cuando se mide con un

turbidímetro de vela, esta suspensión estándar tiene una turbiedad de aproximadamente 40 UTJ.

Definida según los métodos anteriores, la turbiedad representa una medición no específica de la concentración de sólidos en suspensión. Recientemente han salido al mercado y están disponibles los contadores de partículas electrónicos que son capaces de contar y registrar con precisión el número de partículas suspendidas como una función del tamaño. Generalmente existe una relación entre turbiedad (en la escala 0,2-1 UTN) y el recuento de partículas; no existe una buena concordancia, punto por punto, entre los dos métodos.

Las partículas que producen la turbiedad en el agua varían en tamaño desde dimensiones coloidales (aproximadamente 10 nm) hasta diámetros del orden de 0,1 mm. Pueden dividirse en tres clases generales: arcillas; partículas orgánicas, resultado de la descomposición de restos de plantas y animales, y partículas fibrosas, por ejemplo, los minerales asbestos. En general, las partículas de arcilla tienen un límite superior de tamaño de aproximadamente 0,002 mm de diámetro.

Las partículas del suelo que se desprenden por erosión de la superficie terrestre constituyen la mayor parte de materia en suspensión en la gran mayoría de las aguas naturales. Las fracciones más gruesas de arena y sedimentos son revestidas total o parcialmente con materia orgánica. Las partículas de arcilla de filosilicato al igual que la materia no arcillosa, como los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, el cuarzo, el silice amorfo, los carbonatos y el feldespato constituyen la fracción llamada arcillas. Las arcillas y las partículas orgánicas también suelen encontrarse juntas como un complejo "orgánico-arcilloso". Las sustancias húmicas tienen una capacidad de intercambio iónico mucho más alta que las arcillas inorgánicas y, en muchos casos, predomina el efecto de los componentes húmicos.

La turbiedad orgánica consecuencia de la acumulación de microorganismos superiores puede ocurrir en cantidades tan grandes que las aguas se tornan turbias y de fea apariencia. Ejemplos de la turbiedad debida a los microorganismos son los brotes estivales de algas verdiazules en el agua superficial, los restos de algas y el detritus proveniente de las bacterias de hierro en los sistemas de distribución (el agua rojiza es una manifestación de esto).

La turbiedad del agua natural puede variar desde menos de 1 UTN hasta más de 1000 UTN. Es posible lograr la remoción de la turbiedad mediante simple filtración o, de manera más efectiva, por medio de una combinación de coagulación, sedimentación y filtración.

La filtración a través de lechos de arena u otros filtros de medio único, puede producir en forma consistente un agua con una turbiedad de 1 UTN o menor. La vigilancia continua de la turbiedad a lo largo de todas las etapas de tratamiento es una ayuda valiosa para lograr dicho rendimiento.

La turbiedad del agua tiene relación con, o afecta a, muchos indicadores de la calidad del agua potable. La materia particulada puede ser también una fuente de nutrientes y servir de protección para algunos microorganismos

Existe evidencia de que una gran parte del color en el agua tiene origen en las partículas coloidales; un 50% de dicho color se debe a una "fracción coloidal" de sustancias

húmicas. En consecuencia, el color verdadero se define como el color del agua de la cual se ha removido la turbiedad.

Desde hace tiempo se reconoce, tanto en el agua natural como en la filtrada y el sabor y olor, la relación que tiene con la turbiedad y, además, la materia particulada en suspensión en un abastecimiento de agua potable hace que el agua no sea atractiva para el consumidor.

La presencia de turbiedad puede tener un efecto significativo en la calidad microbiológica del agua potable. La detección de bacterias y virus en el agua potable puede complicarse debido a la turbiedad. En el agua, el crecimiento microbiano es más extenso en las superficies de las partículas y en el interior de los flóculos sueltos que ocurre en forma natural, y los flóculos que se forman durante el tratamiento de coagulación. Este crecimiento se facilita debido a que los nutrientes son absorbidos sobre las superficies y, de ese modo, las bacterias adheridas son capaces de crecer más eficazmente en comparación con las que se hallan en suspensión libre. De un modo similar, se ha demostrado que los sedimentos de los ríos absorben los virus con facilidad. En el método de tratamiento de agua de coagulación, las bacterias y los virus quedan atrapados en los flóculos que se forman y se eliminan junto con la turbiedad. El "escape" o pasaje de los flóculos a través de los lechos de arena de los filtros también aumenta la penetración de virus en los mismos lechos, aunque la turbiedad del agua ya tratada permanezca por debajo de 0,5 UTJ.

La materia particulada, sea orgánica, inorgánica o debida a microorganismos superiores, puede proteger a las bacterias y virus de la acción de los desinfectantes. Sanderson y Keily informaron sobre la presencia de organismos coliformes con turbiedades que variaban entre 3,8 y 84 UTN, incluso después del tratamiento con cloro que producía cloro libre residual entre 0,1 y 0,5 mg/litro y un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos. Neefe y sus colaboradores demostraron que la floración de agua potable contaminada deliberadamente con materia fecal era, en sí misma, protección insuficiente contra la hepatitis viral A. Únicamente mediante la coagulación y filtración previas a la floración podría lograrse un agua inocua y segura para beber. En las pruebas de laboratorio, quedó demostrado que la presencia en el agua de diversas arcillas y ácido húmico protegía a la "*Klebsiella aerogenes*" (inválida) de la desinfección con luz ultravioleta.

El consumo de un agua muy turbia y clorada puede representar un grave peligro para la salud.

La capacidad adsorptiva de algunas partículas en suspensión puede conducir al atrapamiento de compuestos inorgánicos y orgánicos perniciosos que se encuentran en el agua y, de este modo, la turbiedad puede ser la causa de una relación indirecta con aspectos de salud de la calidad del agua. Es muy importante, en este sentido, el componente orgánico o húmico de la turbiedad.

La fuerza de algunos complejos metal-humato en el factor de turbiedad puede complicar la medición analítica de los metales en trazas en las aguas naturales, dando como resultado una subestimación del metal.

Las moléculas orgánicas también son absorbidas por la materia orgánica natural. Los herbicidas pueden ser absorbidos por las partículas de arcilla-ácido húmico; la adsorción será influenciada, en gran parte, por los cationes de metal presentes en la materia

húmica. En ese sentido, la presencia de turbiedad también puede interferir con la detección de biocidas en las muestras de agua

Mientras que la turbiedad se utilice como una medida de la eficiencia de la remoción de materia particulada a lo largo del método de purificación del agua, la turbiedad baja en el producto final es indicación de la efectividad de los métodos de coagulación, sedimentación y filtración.

Una turbiedad que exceda el valor guía de 5 UTN es generalmente objetaba para los consumidores. Cuando hay una mayor turbiedad en el agua del grifo del consumidor que en el agua que ingresa en el sistema de distribución es posible que esté indicando contaminación, corrosión u otros problemas de distribución posteriores al tratamiento. Por consiguiente, como una turbiedad excesiva puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular el crecimiento de bacterias en el agua y, de por sí, ejercer una significativa demanda de cloro, es de importancia vital que en la producción de un agua potable segura, usando cloro como desinfectante, se mantenga la turbiedad baja, de preferencia por debajo de 1 UTN.

Oxígeno Disuelto

El efecto más importante del oxígeno disuelto en el agua se ejerce en las reacciones de oxidación-reducción, en las que participan el hierro, el manganeso, el cobre y compuestos que contienen nitrógeno y azufre. En ciertos sistemas de distribución, puede haber una tendencia a que el nivel de oxígeno disuelto descienda con el tiempo de su permanencia en el sistema. Si bien dichos cambios normalmente son indicativos de acciones corrosivas, también es posible que la causa sea la respiración microbiana de material orgánico dentro de las tuberías, especialmente sedimentos y depósitos. Así, el oxígeno disuelto puede disminuir sin un incremento mayor en la concentración de hierro en el agua. A la inversa, el agua que contiene niveles altos de hierro como resultado de la corrosión puede mostrar poca disminución del contenido de oxígeno disuelto.

Para la corrosión del hierro, se necesita proporcionalmente poco oxígeno, de tal manera que puede producirse una gran cantidad de corrosión del hierro con un cambio apenas perceptible en el oxígeno disuelto.

Cuando se ha agotado el oxígeno disponible en el agua, siguen los procesos anaeróbicos de corrosión que comprenden la actividad de las bacterias reductoras de sulfato que puedan estar presentes, reduciendo así el sulfato a sulfuro.

Con frecuencia, el descenso del nivel de oxígeno disuelto por debajo de aproximadamente 80% de saturación da lugar a una mayor incidencia de quejas por parte de los consumidores, especialmente con relación al sabor, el olor y al color del agua.

La disminución del oxígeno en el agua potable está generalmente relacionada con otros problemas. Bajo condiciones anaeróbicas, se produce la reducción microbiana de nitrato a nitrito y también de sulfato a sulfuro, surgiendo frecuentemente problemas de olor,

Las aguas anaeróbicas puede que no sean excepcionalmente corrosivas pero los productos de la corrosión suelen adherirse menos a las paredes de las tuberías y, por eso, es más probable que ocasionen quejas entre los consumidores debido al color. Bajo condiciones anaeróbicas, la concentración de hierro ferroso en solución puede aumentar

a través de todo el sistema de distribución. El aumento de la concentración de oxígeno en el agua, como por ejemplo, después del contacto con el aire en los tanques de almacenamiento o en las torres de agua, hará que el hierro férrico insoluble se deposite y se produzcan problemas de color en el agua que está distante a la fuente que los origina.

Existen múltiples desventajas al distribuir agua con bajo contenido de oxígeno disuelto. Se recomienda que el agua en un sistema de distribución contenga siempre el oxígeno disuelto adecuado. Sin embargo, es difícil recomendar un valor guía, puesto que otros componentes en el agua influyen en un nivel aceptable.

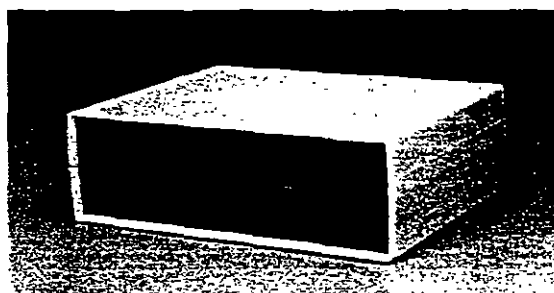
Equipo Medidor de Cloro Residual

Modelo CL - L01

Características:

El equipo de medidor de Cloro Residual Modelo CL - L01 ha sido diseñado para el registro inmediato de cloro residual libre en aquellos sitios en donde se requiera controlar esta variable. El equipo cuenta con un amplio rango de aplicación, ya que puede ser utilizado en agua potable (pozos, tanques de almacenamiento), así como en plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento, etc., ó en cualquier sitio donde se requiera tener un control de la calidad del agua.

El equipo medidor de Cloro Residual Modelo CL - L01 puede realizar mediciones continuas permanentes con un mínimo de mantenimiento y funcionamiento confiable. Cuenta con salida de corriente de 4 a 20 mA para transmitir su información vía radio, lo cual permite contar el registro de este parámetro en tiempo real y con esto poder realizar los ajustes necesarios para el control de procesos o modificación operativa en el abastecimiento del agua. Cuenta además con una pantalla de cristal líquido de 3 ½ dígitos, para indicar el dato en campo y si se requiere tomar decisiones de manera inmediata.



Medidor de Cloro Residual
Modelo CL-L01

Especificaciones Técnicas:

Alimentación	120 VCA 60 Hz
Pantalla	3 ½ dígitos LCD
Rango	0 a 10 ppm.
Linealidad	+/- 0.5 %
Repetibilidad	+/- 0.5 %
Salida analógica	4 - 20 mA
Rango de Temp.	0 - 50 °C
Resolución	0.01
Tiemp. Max. Resp.	2 minutos

Dimensiones:

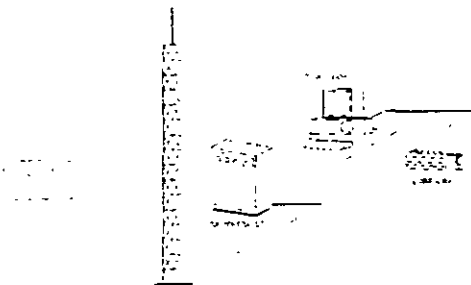
Alto	8.2 cm
Ancho	25.0 cm
Largo	19.0 cm

Peso:

1.5 Kg.



Secuencia lógica de comunicación:



El equipo medidor de Cloro Residual Libre Modelo CL - L01 puede ser adaptado fácilmente a un sistema de radiocomunicación, con lo cual se hace posible la transmisión-recepción de mensajes enviados y recibidos en radiofrecuencia en la banda UHF.

Instalación:

La instalación del equipo es relativamente fácil, únicamente se necesita fijar el monitor a una pared o gabinete, mientras que el sensor debe estar en contacto con el flujo de agua. Para iniciar su operación, el sensor debe ser llenado con la solución de referencia, además de colocar la membrana. Cuenta con un conector tipo vnc, y un cable de 5 m. mismo que puede ser aumentado hasta 50 m., sin que esto afecte la resolución y sensibilidad del equipo.

El equipo cuenta con un cable de alimentación para voltaje de 120 volts de corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz, así como dos cables de salida de corriente de 4 a 20 mA, los cuales se conectan en la parte posterior del aparato con la ayuda de 2 bornes (rojo-positivo y negro-negativo). Esto garantiza el adecuado funcionamiento del equipo, ya que no se requiere de diagramas de instalación.

Operación:

- El equipo opera con un sensor polarográfico, hecho con electrodos de plata (ánodo) y platino (cátodo); los cuales con la ayuda de una membrana (medio de dispersión) y la solución de referencia, generan una corriente la cual es proporcional a la concentración de cloro.
- Para iniciar su operación se debe sumergir el sensor 30 seg. en la muestra de agua a medir.
- Es necesario esperar de 2 a 3 minutos para que el equipo se estabilice antes de tomar la lectura.
- El equipo cuenta con 2 led's en la carátula; el de la izquierda (rojo) indica que el equipo está encendido, y el de la derecha es de luz intermitente e indica que el equipo se encuentra calibrado y operando adecuadamente.
- El equipo viene calibrado de fábrica, lo cual permite obtener mediciones confiables con un alto grado de repetibilidad.



Calibración:

El equipo medidor de Cloro Residual Modelo CL - L01 viene calibrado de fábrica, y solo se requiere confirmar dicha calibración cada 3 meses.

El procedimiento de calibración es el siguiente:

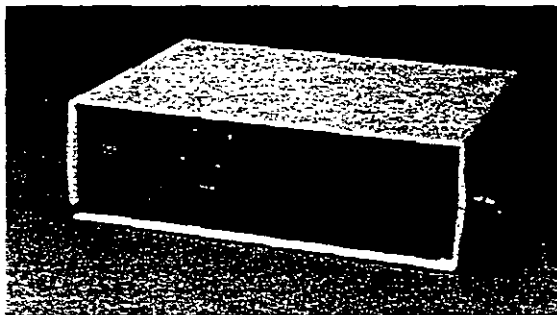
AJUSTE DE RANGO BAJO

Para ajustar el rango bajo ó "cero", encendido el equipo se deberá sumergir el sensor en agua destilada, y esperar a que la lectura en la carátula se estabilice. El equipo deberá registrar la lectura de 0.00 ppm., de no ser así, será necesario ajustar el control marcado con una "B" hasta que el valor registrado sea de 0.00 ppm. Dicho control se encuentra en el costado derecho del equipo.

AJUSTE DE RANGO ALTO

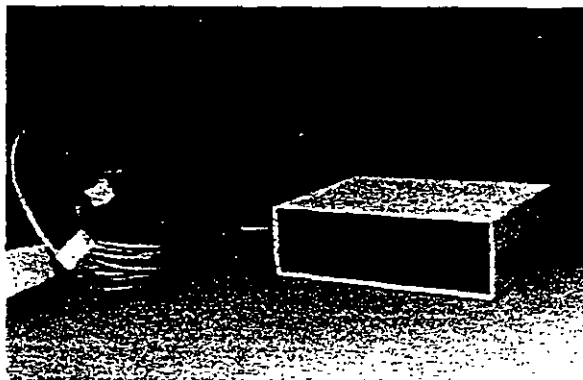
Para ajustar un rango alto, se sumerge el sensor del equipo en una solución con una concentración de cloro residual libre conocido, preferentemente mayor de 5.0 ppm. Posteriormente si no da la lectura, se deberá ajustar dicho valor con la ayuda del control marcado con la letra "A", hasta que aparezca dicho valor en la pantalla.

OBSERVACION: Se deberá de repetir ambas operaciones de ajuste hasta que ya no sea necesario mover los controles (A y B) utilizando para este caso soluciones o estándares con concentraciones conocidas



Vista posterior del equipo
Se observan conectores de salida de corriente de 4 a 20 mA

NOTA: Es conveniente verificar la salida de corriente cada 3 meses, lo cual es posible conectando un amperímetro por la parte posterior del equipo. En el caso de que no corresponda la relación del voltaje de salida con la lectura que aparece en la pantalla, será necesario el ajuste y calibración completo, por lo que es conveniente recurrir al servicio de mantenimiento del fabricante.



Calibración del equipo verificando la salida de corriente de 4 a 20 mA con un amperímetro



Equipo Medidor de Conductividad Eléctrica

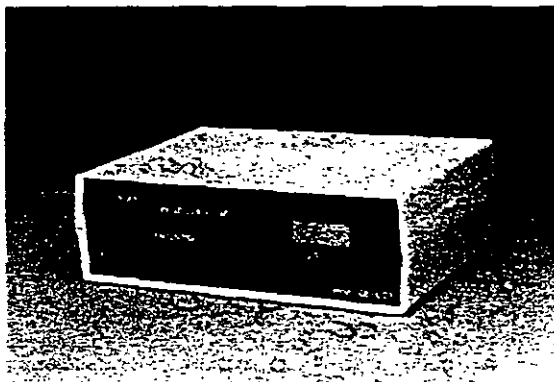
Modelo CE - L03

Características:

El equipo medidor de Conductividad Eléctrica Modelo CE - L03 ha sido diseñado para el registro inmediato de este parámetro de control. El equipo cuenta con un amplio rango de aplicación, ya que puede ser utilizado en agua potable (pozos, tanques de almacenamiento), así como en plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento, ríos, presas etc., ó en cualquier sitio donde se requiera tener un control de la calidad del agua.

El equipo de Conductividad Eléctrica Modelo CE - L03 realiza mediciones continuas permanentes con un mínimo de mantenimiento y funcionamiento confiable. Cuenta con salida de corriente de 4 a 20 mA para transmitir su información vía radio, lo cual permite contar con el registro de este parámetro en tiempo real y con esto poder realizar los ajustes necesarios para el control de procesos o modificación operativa en el abastecimiento del agua.

Cuenta además con una pantalla de cristal líquido de 3 ½ dígitos, para indicar el dato en campo si se requiere tomar decisiones de manera inmediata.



Medidor de Conductividad Eléctrica
Modelo CE-L03

Especificaciones Técnicas:

Alimentación	120 VCA 60 Hz
Pantalla	3 ½ dígitos LCD
Rango	0 a 1000 μ Siemens
Linealidad	+/- 0.5 %
Repetibilidad	+/- 0.5 %
Salida análoga	4 - 20 mA
Rango de Temp.	5 - 30 °C

Dimensiones:

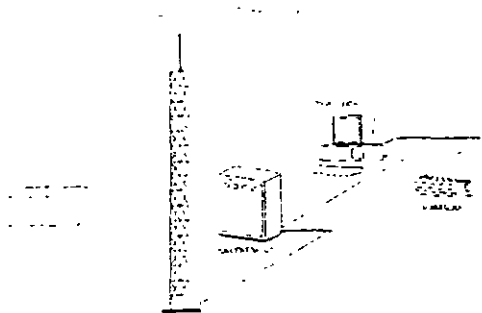
Alto	8.2 cm
Ancho	25.0 cm
Largo	19.0 cm

Peso:

1.5 Kg.



Secuencia lógica de comunicación:



El equipo medidor de Conductividad Eléctrica Modelo CE - L03 puede ser adaptado fácilmente a un sistema de radiocomunicación, con lo cual se hace posible la transmisión-recepción de mensajes enviados y recibidos en radiofrecuencia en la banda UHF.

Instalación:

La instalación del equipo es relativamente fácil, únicamente se necesita fijar el monitor a una pared o gabinete, mientras que el sensor debe estar en contacto con el flujo de agua como ríos, canales, tanques, así como en la infraestructura hidráulica del tren de procesos en un sistema de potabilización o tratamiento. Cuenta con un conector tipo vnc, y un cable de 1m. mismo que puede ser aumentado hasta 50 m., sin que esto afecte la resolución y sensibilidad del equipo.

El equipo cuenta con un cable de alimentación para voltaje de 120 volts de corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz, así como dos cables de salida de corriente de 4 a 20 mA, los cuales se conectan en la parte posterior del aparato con la ayuda de 2 bornes (rojo-positivo y negro-negativo). Esto garantiza el adecuado funcionamiento del equipo, ya que no se requiere de diagramas de instalación.

Operación:

- Para iniciar su operación se debe sumergir previamente el sensor en la muestra de agua a medir, oprimiendo después de 30 seg. el botón de encendido.
- Es necesario esperar de 2 a 3 minutos antes de tomar la lectura, ya que es necesario permitir que el equipo se estabilice; por la acción del sensor y el compensador de temperatura.
- El equipo cuenta con 2 led's en la carátula; el de la izquierda (rojo) indica que el equipo está encendido, y el de la derecha es de luz intermitente e indica que el equipo se encuentra calibrado y operando adecuadamente.
- El equipo viene calibrado de fábrica, lo cual permite obtener mediciones confiables con un alto grado de repetibilidad. Sin embargo a continuación se indica la manera en que se puede calibrar, lo cual se aconseja se realice cada 3 meses.



Calibración:

El equipo de Conductividad Eléctrica Modelo CE – L03 viene calibrado de fábrica, y solo se requiere confirmar dicha calibración cada 3 meses.

El procedimiento de calibración es el siguiente:

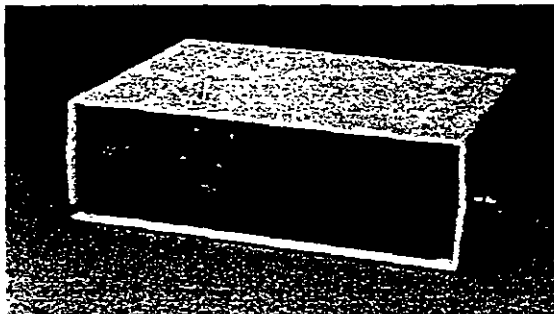
AJUSTE DE RANGO BAJO

Para ajustar el rango bajo ó "cero", encendido el equipo se deberá tener el sensor al aire, y esperar a que la lectura en la carátula se estabilice. El equipo deberá registrar la lectura de 0.00 μ Siemens/cm, de no ser así, será necesario ajustar el control marcado con una "B" hasta que el valor registrado sea de 0.00. Dicho control se encuentra en el costado derecho del equipo.

AJUSTE DE RANGO ALTO

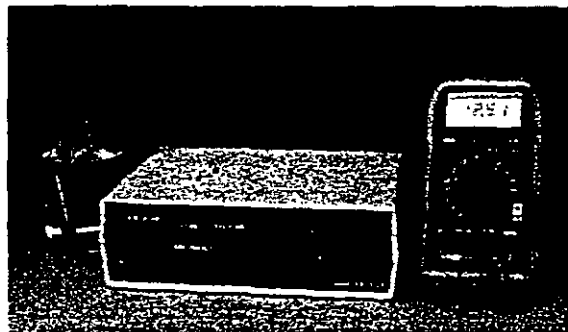
Para ajustar un rango alto, será necesario sumergir el sensor del equipo en una solución con un valor de conductividad conocido. Posteriormente si no da la lectura, se deberá ajustar dicho valor con la ayuda del control marcado con la letra "A", hasta que aparezca este en la pantalla.

OBSERVACION: Se deberá de repetir ambas operaciones de ajuste hasta que ya no sea necesario mover los controles (A y B) utilizando para este caso soluciones o estándares con concentraciones conocidas en unidades de μ Siemens/cm.



Vista posterior del equipo
Se observan conectores de salida
de corriente de 4 a 20 mA

NOTA: Es conveniente verificar la salida de corriente cada 3 meses, lo cual es posible conectando un amperímetro por la parte posterior del equipo. En el caso de que no corresponda la relación del voltaje de salida con la lectura que aparece en la pantalla, será necesario el ajuste y calibración completo, por lo que es conveniente recurrir al servicio de mantenimiento del fabricante.



Calibración del equipo verificando la
salida de
corriente de 4 a 20 mA con un
amperímetro



Equipo Medidor de Temperatura

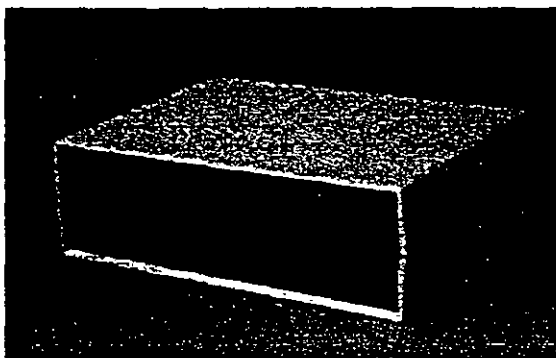
Modelo T - L01

Características:

El equipo medidor de Temperatura Modelo T - L01 ha sido diseñado para el registro inmediato de este parámetro de control. El equipo cuenta con un amplio rango de aplicación, ya que puede ser utilizado en agua potable (pozos, tanques de almacenamiento), así como en plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento, ríos, presas etc., ó en cualquier sitio donde se requiera tener un control de la calidad del agua.

El equipo de Temperatura Modelo T - L01 realiza mediciones continuas permanentes con un mínimo de mantenimiento y funcionamiento confiable. Cuenta con salida de corriente de 4 a 20 mA para transmitir su información vía radio, lo cual permite contar con el registro de este parámetro en tiempo real y con esto poder realizar los ajustes necesarios para el control de procesos o modificación operativa en el abastecimiento del agua.

Cuenta además con una pantalla de cristal líquido de 3 ½ dígitos, para indicar el dato en campo si se requiere tomar decisiones de manera inmediata.



Medidor de Temperatura
Modelo T-L01

Especificaciones Técnicas:

Alimentación	120 VCA 60 Hz
Pantalla	3 ½ dígitos LCD
Rango	0 a 50 °C
Linealidad	+/- 0.5 %
Repetibilidad	+/- 0.5 %
Salida análoga	4 - 20 mA

Dimensiones:

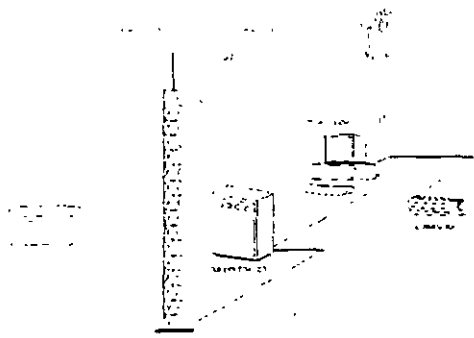
Alto	8.2 cm
Ancho	25.0 cm
Largo	19.0 cm

Peso:

1.5 Kg.



Secuencia lógica de comunicación:



El equipo medidor de Temperatura Modelo T-L01 puede ser adaptado fácilmente a un sistema de radiocomunicación, con lo cual se hace posible la transmisión-recepción de mensajes enviados y recibidos en radiofrecuencia en la banda UHF.

Instalación:

La instalación del equipo es relativamente fácil, únicamente se necesita fijar el monitor a una pared o gabinete, mientras que el sensor debe estar en contacto con el flujo de agua; como ríos, canales, tanques así como en la infraestructura hidráulica del tren de procesos en un sistema de potabilización o tratamiento. Cuenta con un conector tipo vnc, y un cable de 2 m. mismo que puede ser aumentado hasta 50 m., sin que esto afecte la resolución y sensibilidad del equipo.

El equipo cuenta con un cable de alimentación para voltaje de 120 volts de corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz, así como dos cables de salida de corriente de 4 a 20 mA, los cuales se conectan en la parte posterior del aparato con la ayuda de 2 bornes (rojo-positivo y negro-negativo). Esto garantiza el adecuado funcionamiento del equipo, ya que no se requiere de diagramas de instalación.

Operación:

- Para iniciar su operación se debe sumergir previamente el sensor en la muestra de agua a medir, oprimiendo después de 30 seg. el botón de encendido.
- Es necesario esperar de 2 a 3 minutos antes de tomar la lectura, ya que es necesario permitir que el equipo se estabilice; por la acción de respuesta del sensor.
- El equipo cuenta con 2 led's en la carátula; el de la izquierda (rojo) indica que el equipo está encendido, y el de la derecha es de luz intermitente e indica que el equipo se encuentra calibrado y operando adecuadamente.
- El equipo viene calibrado de fábrica, lo cual permite obtener mediciones confiables con un alto grado de repetibilidad. Sin embargo a continuación se indica la manera en que se puede calibrar, lo cual se aconseja se realice cada 3 meses.



Calibración:

El equipo medidor de Temperatura Modelo T – L01 viene calibrado de fábrica, y solo se requiere confirmar dicha calibración cada 3 meses.

El procedimiento de calibración es el siguiente:

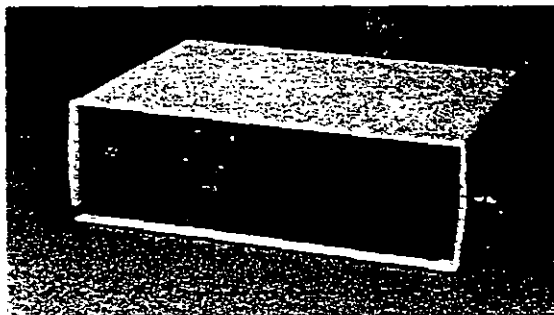
AJUSTE DE RANGO BAJO

Para ajustar el rango bajo, encendido el equipo se deberá sumergir el sensor en agua a una temperatura baja, preferentemente menor de 5 °C, y esperar a que la lectura en la carátula se estabilice. El equipo deberá registrar la lectura de la temperatura, de no ser así, será necesario ajustar con el control marcado con una "B" hasta que el valor registrado sea el correcto. Dicho control se encuentra en el costado derecho del equipo.

AJUSTE DE RANGO ALTO

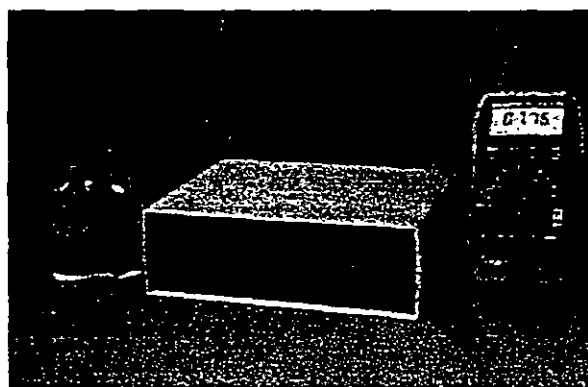
Para ajustar un rango alto, será necesario sumergir el sensor del equipo en una muestra de agua con un valor de temperatura conocido, mayor a 30 °C. Posteriormente, si no da la lectura, se deberá ajustar dicho valor con la ayuda del control marcado con la letra "A", hasta que aparezca este en la pantalla.

OBSERVACION: Se deberá de repetir ambas operaciones de ajuste hasta que ya no sea necesario mover los controles (A y B) utilizando para este caso soluciones con temperaturas conocidas.



Vista posterior del equipo
Se observan conectores de salida de corriente de 4 a 20 mA

NOTA: Es conveniente verificar la salida de corriente cada 3 meses, lo cual es posible conectando un amperímetro por la parte posterior del equipo. En el caso de que no corresponda la relación del voltaje de salida con la lectura que aparece en la pantalla, será necesario el ajuste y calibración completo, por lo que es conveniente recurrir al servicio de mantenimiento del fabricante.



Calibración del equipo verificando la salida de corriente de 4 a 20 mA con un amperímetro



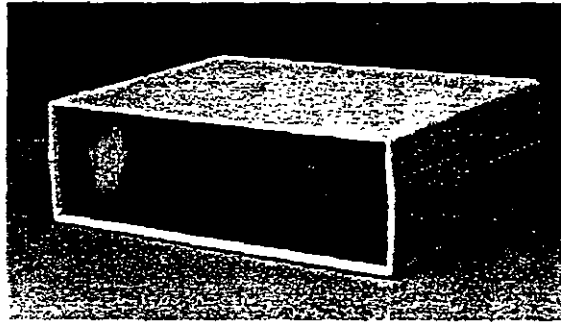
Equipo Medidor de pH

Modelo P - L02

Características:

El equipo medidor de pH Modelo P - L02 ha sido diseñado para el registro inmediato de este parámetro de control. El equipo cuenta con un amplio rango de aplicación, ya que puede ser utilizado en agua potable (pozos, tanques de almacenamiento), así como en plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento, ríos, presas etc., ó en cualquier sitio donde se requiera tener un control de la calidad del agua.

El equipo de pH Modelo P - L02 realiza mediciones continuas permanentes con un mínimo de mantenimiento y funcionamiento confiable. Cuenta con salida de corriente de 4 a 20 mA para transmitir su información vía radio, lo cual permite contar con el registro de este parámetro en tiempo real y con esto poder realizar los ajustes necesarios para el control de procesos o modificación operativa en el abastecimiento del agua. Cuenta además con una pantalla de cristal líquido de 3 ½ dígitos, para indicar el dato en campo y si se requiere tomar decisiones de manera inmediata.



Medidor de pH
Modelo P-L02

Especificaciones Técnicas:

Alimentación	120 VCA 60 Hz
Pantalla	3 ½ dígitos LCD
Rango	0 a 10 UpH
Linealidad	+/- 0.5 %
Repetibilidad	+/- 0.5 %
Salida análoga	4 - 20 mA
Rango de Temp.	5 - 24 °C
Resolución	0.01
Tiemp. Max. Resp.	2 minutos

Dimensiones:

Alto	8.2 cm
Ancho	25.0 cm
Largo	19.0 cm

Peso:

1.5 Kg.



Calibración:

El equipo medidor de pH Modelo P - L02 viene calibrado de fábrica, y solo se requiere confirmar dicha calibración cada 3 meses.

El procedimiento de calibración es el siguiente:

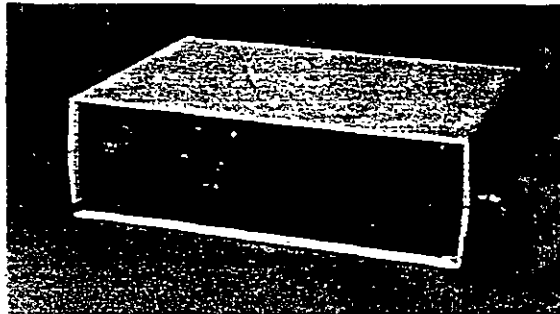
AJUSTE DE RANGO BAJO

Para ajustar el rango bajo, encendido el equipo se deberá sumergir el sensor en la solución buffer de 4.0 UpH, y esperar a que la lectura en la carátula se estabilice. El equipo deberá registrar dicha lectura, de no ser así, será necesario ajustar el control marcado con una "B" hasta que el valor registrado sea de 4.0. Dicho control se encuentra en el costado derecho del equipo.

AJUSTE DE RANGO ALTO

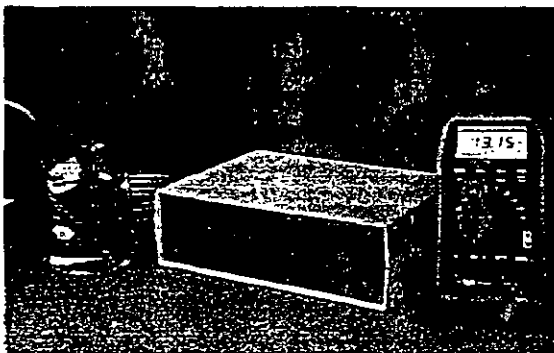
Para ajustar un rango alto, se sumerge el sensor del equipo en la solución buffer de 10 UpH. Posteriormente si no da la lectura, se deberá ajustar dicho valor con la ayuda del control marcado con la letra "A", hasta que aparezca este en la pantalla.

OBSERVACION: Se deberá de repetir ambas operaciones de ajuste hasta que ya no sea necesario mover los controles (A y B) utilizando para este caso soluciones buffer con concentraciones conocidas dadas en UpH.



Vista posterior del equipo
Se observan conectores de salida
de corriente de 4 a 20 mA

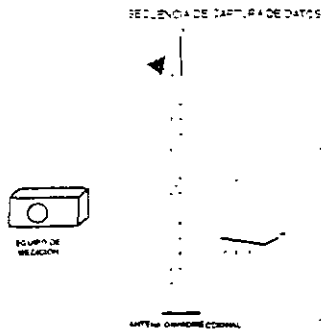
NOTA: Es conveniente verificar la salida de corriente cada 3 meses, lo cual es posible conectando un amperímetro por la parte posterior del equipo. En el caso de que no corresponda la relación del voltaje de salida con la lectura que aparece en la pantalla, será necesario el ajuste y calibración completo, por lo que es conveniente recurrir al servicio de mantenimiento del fabricante.



Calibración del equipo verificando la salida de
corriente de 4 a 20 mA con un amperímetro



Secuencia lógica de comunicación:



El equipo medidor de pH Modelo P – L02 puede ser adaptado fácilmente a un sistema de radiocomunicación, con lo cual se hace posible la transmisión-recepción de mensajes enviados y recibidos en radiofrecuencia en la banda UHF.

Instalación:

La instalación del equipo es relativamente fácil, únicamente se necesita fijar el monitor a una pared o gabinete, mientras que el sensor debe estar en contacto con el flujo de agua, como ríos, canales, tanques así como en la infraestructura hidráulica del tren de procesos en un sistema de potabilización o tratamiento. Cuenta con un conector tipo vnc, y un cable de 2m. mismo que puede ser aumentado hasta 50 m., sin que esto afecte la resolución y sensibilidad del equipo.

El equipo cuenta con un cable de alimentación para voltaje de 120 volts de corriente alterna a una frecuencia de 60 Hz, así como dos cables de salida de corriente de 4 a 20 mA, los cuales se conectan en la parte posterior del aparato con la ayuda de 2 bornes (rojo-positivo y negro-negativo). Esto garantiza el adecuado funcionamiento del equipo, ya que no se requiere de diagramas de instalación.

Operación:

- Para iniciar su operación se debe sumergir previamente el sensor en la muestra de agua a medir, oprimiendo después de 30 seg. el botón de encendido.
- Es necesario esperar de 2 a 3 minutos antes de tomar la lectura, ya que es necesario permitir que el equipo se estabilice; por la acción del sensor y el compensador de temperatura.
- El equipo cuenta con 2 led's en la carátula; el de la izquierda (rojo) indica que el equipo está encendido; y el de la derecha es de luz intermitente e indica que el equipo se encuentra calibrado y operando adecuadamente.
- El equipo viene calibrado de fábrica, lo cual permite obtener mediciones confiables con un alto grado de repetibilidad. Sin embargo a continuación se indica la manera en que se puede calibrar, lo cual se aconseja se realice cada 3 meses.

