

Toma de muestras de agua y suelo según protocolos y técnicas de análisis

**Breve descripción:**

Este componente formativo aborda aspectos generales y claves de la caracterización del estado ambiental de una zona de estudio, en sus factores ambientales (agua, suelo, olores, ruido), como insumo del diagnóstico ambiental adecuado. Con su estudio, el aprendiz podrá afianzarse en procesos de toma de muestras, encaminadas a la obtención de información sobre las condiciones de calidad de un medio.

**Julio 2023**

Tabla de contenido

[Introducción 1](#_Toc139621014)

[1. Toma de muestras 3](#_Toc139621015)

[1.1. Conceptos básicos de unidades de medida 4](#_Toc139621017)

[1.2. Características básicas de rotulado y envasado 8](#_Toc139621020)

[1.3. Capacitación del personal y seguridad y salud en el trabajo 15](#_Toc139621024)

[1.4. Plan de muestreo y técnicas de muestreo 19](#_Toc139621028)

[1.5. Métodos de aforo para determinación de caudales 28](#_Toc139621032)

[1.6. Toma de muestras de suelo 34](#_Toc139621037)

[1.7. Parámetros “in situ” para agua y suelo 37](#_Toc139621038)

[2. Transporte y recepción de muestras 39](#_Toc139621039)

[2.1. Acondicionamiento, transporte y recepción de muestras de agua 39](#_Toc139621040)

[2.2. Transporte y recepción de muestras de suelo 43](#_Toc139621043)

[2.3. Cadena de custodia 45](#_Toc139621045)

[Síntesis 53](#_Toc139621050)

[Material complementario 54](#_Toc139621051)

[Glosario 55](#_Toc139621052)

[Referencias bibliográficas 57](#_Toc139621053)

[Créditos 58](#_Toc139621054)

Introducción

Aquí comienza el estudio del componente formativo “Toma de muestras de agua y suelo según protocolos y técnicas de análisis”. Se le invita a visualizar con atención el video que se muestra a continuación, como primer paso en este recorrido. ¡**Adelante**!

1. Toma de muestras de agua y suelo según protocolos y técnicas de análisis



[Enlace de reproducción del video](https://youtu.be/zA4bYCvMHJs)

|  |
| --- |
| **Síntesis del video:** Toma de muestras de agua y suelo según protocolos y técnicas de análisis |
| Los grados de significación y fiabilidad de la información a obtener en la muestra, son de gran prioridad para evitar alteraciones en los resultados, sea por mala toma de la muestra o mala preservación de la misma. Ahí radica la importancia de adecuar el muestreo, según las peculiares características ambientales de cada sitio.  La selección del procedimiento de muestreo es crucial y de él depende en gran medida que las decisiones tomadas sobre un medio, bien sea agua, suelo o aire potencialmente alterado en su calidad, sean eficaces para abordar y solucionar su problemática.  Del mismo modo, el transporte, tratamiento y conservación de las muestras, desvirtúa o garantiza su calidad, su integridad y aptitud.  Este componente formativo le permitirá afianzarse en conceptos, acciones y habilidades para toma de muestras y transporte y recepción de las mismas, aplicando pasos, protocolos y normativa asociados a tal proceso.  Aprópiese de la información clave que le favorecerá en su desempeño en desarrollos de prevención y control ambiental. Estudie, cuidadosamente, todos los temas, diseñados especialmente para usted.  ¡**Éxitos**! |

# Toma de muestras

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio (cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, suelos, emisiones, etc.) para la cual se analizarán las variables fisicoquímicas y microbiológicas de interés, para esto se requiere que el estudiante identifique la importancia de elaborar el plan de muestreo y protocolos de muestreo específicos según factor ambiental evaluado.

En algunos casos, el objetivo del muestreo es demostrar que se cumplen las normas especificadas por la legislación ambiental como actividades de prevención y control ambiental y otros casos como medida de corrección y vigilancia cuando se ha ocasionado un impacto ambiental significativo como la contaminación ambiental en un ecosistema.

La búsqueda principal del proceso de muestreo es lograr información relacionada con la concentración de las sustancias contaminantes o constitutivas de los elementos analizados (agua, suelo o aire). Con ello, establecer probables medidas de protección de la salud humana y de los diversos ecosistemas.

### Toma de muestras de agua y suelo: pasos y normativa

Aunque probablemente no sea para siempre, en la actualidad es altamente probable que las personas disfruten, o hayan disfrutado, de un entorno natural apto, con algún río, lago, mar, aguas cristalinas, con la posibilidad de respirar sin exponer la vida, la salud o la integridad.

De otra parte y, tal vez, con menor frecuencia, los seres humanos habitan, ocupan o transitan lugares de aguas terrosas con imposibilidad de ver a través de ellas, y donde los olores son no solo insoportables, sino que generan afectación a la seguridad y al bienestar biológico, por los altos y medios niveles de contaminación.

En relación con los pasos y normativa para los procesos de muestreo, tenga presente:

* **Importancia**. La importancia del muestreo y del transporte y recepción de muestras radica en que la información sobre sustancias que alteran la calidad del medio ha de ser significativa y fiable, de manera que la toma de decisiones sobre el sitio, potencialmente alterado o contaminado, sea adecuada a su particular problemática.
* **La normativa**. Desde lo relacionado con la normativa, en Colombia, para los procesos de toma de muestras, se adopta como referencia la Norma Técnica Colombiana del ICONTEC: técnicas de muestreo, toma de muestras, preservación y manejo para el componente agua, suelo, aire.

## Conceptos básicos de unidades de medida

1. Sistemas de unidades



[Enlace de reproducción del video](https://youtu.be/au50DCVNjDc)

|  |
| --- |
| **Síntesis del video:** Sistemas de unidades |
| Este video aborda las generalidades de los sistemas de unidades de medida y detalla aspectos clave de las magnitudes usadas, como: longitud, masa, tiempo, fuerza, temperatura, luminosidad, electricidad y sustancia. Así mismo, explica los prefijos y símbolos más usados en el campo del estudio de muestras, sus factores y equivalencias.  La información contenida en este video se desarrolla, con detalle, en el contenido del presente numeral del componente formativo. |

Un sistema de unidades especifica las unidades de las cantidades fundamentales de longitud, masa, tiempo y fuerza. El sistema internacional de unidades es la referencia estándar para unidades de medida a nivel mundial; este cuenta con siete unidades bases para las magnitudes fundamentales como se muestra en la siguiente tabla:

1. Unidades bases para magnitudes

| Magnitud | Unidad | Símbolo |
| --- | --- | --- |
| Longitud | Metro | m |
| Masa | Kilogramo | kg |
| Tiempo | Segundo | s |
| Corriente eléctrica | Ampere | A |
| Temperatura - Termodinámica | Kelvin | K |
| Intensidad luminosa | Candela | Cd |
| Cantidad de sustancia | Mol | Mol |

Los prefijos del sistema internacional de unidades, son representados por símbolos que se anteponen a la unidad, y representan un factor por el que debe ser multiplicada la cantidad.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los prefijos más usados:

1. Prefijos más usados en campo de estudio de muestras

| Prefijo | Símbolo | Factor | Equivalente |
| --- | --- | --- | --- |
| Giga | G | 109 | 1 000 000 000 |
| Mega | M | 106 | 1 000 000 |
| Kilo | K | 103 | 1 000 |
| Mili | M | 10-3 | 0.001 |
| Micro | µ | 10-6 | 0.000 001 |
| Nano | N | 10-9 | 0.000 000 001 |

Los prefijos se emplean para facilitar la expresión de cantidades.

* **Ejemplo 1**: 11500m = 11,5\*103m = 11,5 km
* **Ejemplo 2**: 0,00528g = 5,28\*10-3g = 5,28 mg

### Uso de otras unidades

Existen otras unidades que se usan con bastante frecuencia y que, aun sin hacer parte del Sistema Internacional de Unidades, es posible emplearlas en conjunto. Entre estas se encuentran:

* El minuto (m): 1m = 60s
* La hora (h): 1h = 3600s
* El día (d): 1d = 24h = 86400s
* El litro (L,l): 1L = 1dm3 = 10-3m3
* La tonelada (t): 1t = 103kg

### Unidades consistentes

El desarrollo de los protocolos y procedimientos en este y en diferentes campos de estudio, involucra el uso de ecuaciones, cuyos elementos y resultados deben ser expresados empleando las unidades correctas. Por lo que, si las unidades en la ecuación no son consistentes, las respuestas serán erróneas.

Por lo anterior, para realizar procedimientos de cancelación de unidades, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Despejar de la ecuación el término que se desea.
2. Definir las unidades que se requieren para el resultado.
3. Sustituir en la ecuación los valores con sus respectivas unidades.
4. Cancelar las unidades de los términos que parezcan en el numerador y el denominador.
5. Utilizar los factores de conversión para eliminar las unidades no deseadas, y obtener las que se definieron previamente en el paso dos.
6. Realizar el cálculo.

Amplie su conocimiento sobre las unidades de medida, analizando en detalle el siguiente ejemplo:

1. **Situación**: para conocer el tiempo que tardará en llenarse un tanque de 1000 L, al usar una manguera por la que fluye un caudal de 0.4L/s.
2. **Ecuación empleada**: se usa la ecuación que aquí se muestra, donde Q es caudal, v es volumen y t es tiempo. Q = V / t
3. **Despeje de tiempo**: enseguida se deberá despejar tiempo en la ecuación que aquí se muestra. t = V / Q
4. **Unidades de resultado**: se proponen las unidades del resultado; para este caso pueden ser minutos, ya que el ejercicio no especifica las unidades finales. Se sustituye t en la ecuación. t=V/Q= 1000L/0.4L/s
5. **Simplificación**: simplificando la fracción se obtiene t = (1000L/1) / (0.4l/s) = (1000 L\*s) / (0.4s)
6. **Cancelación de unidades**: se cancelan las unidades y aplicamos los factores de conversión. t=(1000 L\*s) / 0.4L
7. **Factores de conversión**: se aplican los factores de conversión (y cancelación de unidades). t = (1000s/0.4) \* (1 min/60s)
8. **Resultado**: se realiza el cálculo para obtener el resultado. t=(1000s/0.4) \* (1min/60s) = 41.67min

## Características básicas de rotulado y envasado

La información sobre las operaciones de muestreo es una parte fundamental para asegurar la calidad del programa de muestreo y base fundamental en la cadena de custodia de las muestras, ya que esto genera confianza en los resultados de los análisis aplicados a las muestras. Por tal razón la información consignada en los rótulos de los recipientes y en los registros de toma de muestras debe ser legible, veraz y trazable.

Los rótulos de las muestras pueden:

* **Ser adhesivos**: Tener forma de etiquetas adhesivas, de marca (rótulo) o ambas.
* **Ser removibles**: Ser removibles para hacer parte del proceso de registros posteriores.
* **Ser desvirtuados**: Enfrentarse a la posibilidad de remoción inapropiada o pérdida.
* **Ser económicos y prácticos**: Estar hechos, normalmente, en papel a prueba de agua con tinta indeleble y son pegados al frasco o recipiente de muestra.
* **Usarse funcionalmente**: Estar escritos directamente en el recipiente con tinta indeleble, sin embargo, no es lo más aconsejado.
* **Usarse con oportunidad**: Deben ser diligenciados justo antes o inmediatamente después de la toma de muestras.
* **Ajustarse al recipiente**: Deben fijarse en el recipiente de tal forma que se asegure que no se borrará o perderá la información.
* **Ofrecer claridad**: Deben ser totalmente legibles (no realizar tachones).

La información mínima que debe contener un rótulo es: código del proyecto, consideraciones de seguridad y código del cronograma, nombre de identificación de la muestra, identificación de la ubicación del muestreo, punto de muestreo, intervalo de tiempo (Fecha y hora), tipo de muestreo, empresa o persona que realiza la toma, parámetros medidos in situ.

Para muestras microbiológicas se debe complementar la información con la preservación realizada (se debe consignar en el momento del alistamiento de los recipientes en el laboratorio, ya que la adición del preservante se hace antes del proceso de esterilización de los frascos).

### Envasado del muestreo

Según los análisis que vayan a realizarse se definirá el tipo de envase a utilizar. El mismo estará en función de la cantidad de muestra a tomar y de la necesidad de dejar (en análisis microbiológicos) o no (en la mayoría de los análisis) una cámara de aire o un espacio para mezclas o para el agregado de algún reactivo que permita la conservación de la muestra. Este aspecto debe ser tenido en cuenta tanto al planificar el muestreo como al realizar la toma de la muestra.

### Envases para muestreo de agua

Las muestras de agua pueden ser tomadas para análisis fisicoquímico o también para análisis microbiológico. En cada caso, hay unos criterios de envasado que deben seguirse:

1. Envases para muestreo de agua

| Para análisis fisicoquímico | Para análisis microbiológico |
| --- | --- |
| 1. Se utilizarán envases de plástico o vidrio, con buen cierre, nuevos. Si se pensara en reutilizar un envase, deben desestimarse envases de gaseosas u otras bebidas, o que hayan contenido agua contaminada, soluciones concentradas, etc., únicamente podrían reutilizarse envases de agua mineral. | A. Se utilizarán envases con capacidad de 250-300ml, de plástico o vidrio, esterilizados, con tapa hermética y en lo posible de boca ancha (frascos). |
| 2. En ambos casos debe asegurarse que el envase se encuentre LIMPIO, pero debe prestarse especial atención a no lavarlo con detergentes, hipoclorito de sodio (lavandina) u otros reactivos: el envase sólo puede ser enjuagado con agua. De todas maneras, se trate de un envase nuevo o reutilizado, previo a la toma de la muestra, deberá enjuagarse por lo menos tres veces con el agua a muestrear. | B. También pueden utilizarse bolsas especiales de polietileno estériles (fabricadas a tal fin), considerando que este tipo de envase es muy cómodo para la recolección y cerrado. |
| 3. La cantidad de muestra necesaria para un análisis físico-químico es de aproximadamente 1000ml. Si fuera necesario muestrear para algún análisis que requiriera del agregado de un reactivo específico para la conservación de la muestra, deberá preverse la toma en envases adicionales de menor capacidad. | C. Es muy importante tener presente al seleccionar los envases, que este tipo de muestras debe mantenerse refrigerada hasta su llegada al laboratorio y procesamiento. |

### Envases para muestreo de suelo

Una vez son tomadas las muestras de suelo, éstas son rotuladas y almacenadas en recipientes plásticos y de vidrio. Para toma de muestras de suelo no contaminadas se pueden usar recipientes de polietileno (como cubetas, botellas de boca ancha, talegas fuertes) porque son inertes baratos y cómodos.

Para toma de muestras de suelo con sospecha que están contaminados es esencial asegurarse de que el material del recipiente de la muestra sea tal que la muestra permanezca siendo representativa. Para este tipo no se recomienda recipientes de plástico en caso de que exista contaminación orgánica como pesticidas, o talegas de polietileno no son adecuadas para suelos contaminados.

El recipiente se debe sellar en forma tal que no haya perdida de componentes volátiles tales como humedad o solventes. Los recipientes con muestras se deben llenar y sellar de forma que haya un mínimo espacio con aire.

Del mismo modo que con las muestras de agua, las muestras de suelo tendrán un análisis fisicoquímico o microbiológico. En cada caso, hay unos criterios de envasado que deben seguirse:

* **Para análisis físico-químico**. Se utilizarán envases de plástico de polietileno rígido o flexible (bolsas plásticas) o vidrio, con buen cierre, nuevos de acuerdo al tipo de análisis. debe asegurarse que el envase se encuentre LIMPIO, pero debe prestarse especial atención a no lavarlo con detergentes, hipoclorito de sodio (lavandina) u otros reactivos: el envase sólo puede ser enjuagado con agua.
* **Para análisis microbiológico**. Se utilizarán envases de plástico o vidrio, esterilizados, con tapa hermética y en lo posible de boca ancha (frascos). También pueden utilizarse bolsas especiales de polietileno estériles (fabricadas a tal fin), considerando que este tipo de envase es muy cómodo para la recolección y cerrado. Es muy importante tener presente al seleccionar los envases, que este tipo de muestras debe mantenerse refrigerada hasta su llegada al laboratorio y procesamiento.

En la tabla que se muestra a continuación, identifique los recipientes, parámetros y tiempos de conservación apropiados para las muestras de suelo:

1. Parámetros, recipientes y tiempo de conservación de muestras de suelo

| Parámetro | Recipiente | Tiempo de Conservación |
| --- | --- | --- |
| PH | P, G | 14 días |
| Conductividad | P, G | 14 días |
| Relación de adsorción de sodio | P, G | 14 días |
| Antimonio | P, G | 6 meses |
| Arsénico | P, G | 6 meses |
| Bario | P, G | 6 meses |
| Berilio | P, G | 6 meses |
| Boro (soluble en agua caliente) | P, G | 6 meses |
| Cadmio | P, G | 6 meses |
| Cromo (+6) | P, G | 48 horas |
| Cromo (total) | P, G | 48 horas |
| Cobalto | P, G | 6 meses |
| Cobre | P, G | 6 meses |
| Cianuro (libre) | P, G | 6 meses |
| Cianuro (total) | P, G | 6 meses |
| Fluoruro (total) | P, G | 6 meses |
| Plomo | P, G | 6 meses |
| Mercurio | P, G | 28 días |
| Molibdeno | P, G | 6 meses |
| Níquel | P, G | 6 meses |
| Selenio | P, G | 6 meses |
| Plata | P, G | 6 meses |
| Azufre (elemental) | P, G | 6 meses |
| Talio | P, G | 6 meses |
| Estaño | P, G | 6 meses |
| Vanadio | P, G | 6 meses |
| Zinc | P, G | 6 meses |
| Benceno | G, T | 7 días |
| Clorobenceno | G, T | 7 días |
| 1,2-diclorobenceno | G, T | 7 días |
| 1,3-diclorobenceno | G, T | 7 días |
| 1,4-diclorobenceno | G, T | 7 días |
| Benceno Etilado | G, T | 7 días |
| Estireno | G, T | 7 días |
| Tolueno | G, T | 7 días |
| Xileno | G, T | 7 días |
| Fenoles no Clorinados | G, T | 7 días |
| Clorofenoles | G, T | 7 días |
| Benzo(a)antraceno | G, T | 7 días |
| Benzo(a)pireno | G, T | 7 días |
| Benzo(b)fluoranteno | G, T | 7 días |
| Benzo(k)fluoranteno | G, T | 7 días |
| Dibenz(a,b)antraceno | G, T | 7 días |
| Indeno(1,2,3-c,d)pireno | G, T | 7 días |
| Naftaleno | G, T | 7 días |
| Fenantreno | G, T | 7 días |
| Pireno | G, T | 7 días |
| Alifáticos Clorinados | G, T | 7 días |
| Clorobencenos (tri, tetra y penta) | G, T | 7 días |
| Hexaclorobenceno | G, T | 7 días |
| Hexaclorocicloexano | G, T | 7 días |
| PCBs | G, T | 7 días |
| PCDDs y PCDFs | G, T | 7 días |
| Alifáticos No Clorinados | G, T | 7 días |
| Ésteres del Ácido Ftálico | G, T | 7 días |
| Quinoleína | G, T | 7 días |
| Tiofeno | G, T | 7 días |

## Capacitación del personal y seguridad y salud en el trabajo

Uno de los ejes estratégicos para realizar un proceso de toma y tratamiento de muestras acorde a la normatividad es el recurso humano que realizará esa función, el cual debe contar con las habilidades y competencias necesarias; estas mismas son definidas dentro de un instrumento de planeación denominado plan de capacitación.

### Formación y evaluación

La capacitación del personal de toma de muestras es tan importante que cuenta con un marco normativo que lo exige, como son: las resoluciones 1073 de 2003 y 1570 de 2004 del MAVDT, en donde se estipula que este personal debe ser formado, evaluado y certificado, como mínimo, en las Normas de Competencia Laboral código 280201034 “Realizar los procedimientos de muestreo del agua de acuerdo con los protocolos de la entidad”; código 280201001 “Asegurar las condiciones de salud y seguridad en el puesto de trabajo” y código 280201002 “Generar información para apoyar la toma de decisiones empresariales”.

La capacitación del personal de toma de muestras en suelos también requiere capacitación en el tema de muestreo en suelos, aunque no existe, todavía, una norma de competencia laboral que obligue.

Para cualquiera de los dos personales de toma de muestra sea en agua o suelo, es importante que toda organización defina un plan de capacitación, en temas como:

* Elementos personales de protección para la toma y procesamiento de muestras.
* Equipos e instrumentos de laboratorio.
* Riesgos y amenazas en campo y en laboratorio.
* Tipos, técnicas y métodos de muestreo.
* Normatividad aplicable, entre otros.

Estar capacitados y permanentemente formados, no solamente va a significar una mejora en la calidad y expectativas laborales, sino que se van a minimizar los errores involucrados en el proceso de toma, preservación y transporte de muestras.

### Sobre la seguridad y salud en el trabajo de muestreo

De acuerdo a la Sociedad americana de química (2003), en su publicación seguridad en los laboratorios químicos académicos, prevenir accidentes de cualquier tipo en un laboratorio, es responsabilidad de todos los que usan este espacio de trabajo, por lo cual es necesario tener siempre una actitud cooperativa activa.

Los accidentes que se pueden dar cuando se trabaja con insumos químicos bien sea dentro de un laboratorio o en pruebas de campo, suelen ser asociadas a:

* Actividades de indiferencia.
* No utilizar el sentido común.
* No seguir instrucciones y cometer errores.

Cuando se menciona tomar un “Rol activo” se está haciendo referencia a seguir, siempre, recomendaciones como:

* Seguir las reglas de seguridad.
* No jugar bromas mientras realiza actividades de toma de muestras o de laboratorio.
* Familiarizarse con los equipos de seguridad.
* Siempre indagar antes sobre los peligrosos si va a manejar sustancias químicas.

Para realizar la actividad de toma de muestras se debe garantizar que las personas cuenten con unos implementos de seguridad mínimos, como:

1. **Casco**: en campo es necesario como prevención.
2. **Cofia**: si tiene el cabello largo, manténgalo recogido durante el desarrollo de la práctica. Use la cofia si el líder del proceso lo considera necesario.
3. **Protección de ojos**: es obligatorio que todo el personal que permanezca en el laboratorio use permanentemente las gafas de seguridad, aun cuando no estén realizando prácticas. Las personas que utilizan gafas de manera permanente deben disponer de unas gafas de seguridad suplementarias, No utilice lentes de contacto dentro del laboratorio, ya que su uso facilita la acumulación de sustancias tóxicas en los ojos. Los lentes blandos absorben los vapores de sustancias tóxicas, ocasionando la irritación, además de interferir con los procedimientos de lavado de emergencia.
4. **Mascarilla o tapabocas**: cuando la práctica de laboratorio implique la manipulación de compuestos volátiles, tóxicos, nocivos y/o irritantes, es indispensable emplear equipos de protección respiratoria, adaptados y homologados para la sustancia en cuestión. También deben utilizarse en caso de fugas y derrames de las sustancias anteriores, dada la gran concentración ambiental que resulta de los mismos.
5. **Instrumental de campo o vestimenta (Guardapolvo blanco)**: primero se debe aclarar que la ropa utilizada en laboratorio o en campo, debe proteger tanto de salpicaduras como de derrames, preferiblemente un guardapolvo blanco, si es para uno de cuencas de agua contaminadas este debe ser impermeable.
6. **Bata de laboratorio**: si se usa la bata las características más aconsejables son: Material: algodón, dril o gabardina, Color: blanco, Manga: larga con puño resortado, Largo (extensión): mínimo hasta el muslo (3/4), Tipo de cierre: de abotonar a presión.
7. **Zapatos**: en el caso de los laboratorios se debe usar zapatos totalmente cerrados y que no sean de cuero o cuero sintético, no se podrá usar sandalias o cualquier zapato que deje piel al descubierto ni con tacones.
8. **Guantes**: de nitrilo, de neopreno, gruesos y delgados. Cualquier manipulación de sustancias corrosivas, irritantes, de elevada toxicidad o de elevado poder de penetración a través de la piel, debe ser llevada a cabo empleando guantes adecuados y limpios. Finalizada la práctica, lave los guantes con abundante agua y jabón. Haga lo propio con sus manos.

### Peligros químicos

Las sustancias químicas pueden causar daño si no son manipuladas de forma adecuada y según protocolos, lo más importante por resaltar es que estas sustancias tienen diferentes características (tóxicas, inflamables, corrosivas y reactivas) y debe reconocerlas y saber cómo reaccionar en caso de accidentes.

Existen sustancias que cuentan con más de un peligro, por lo cual se considera que el grado de peligrosidad de las sustancias químicas puede variar, por ello siempre trabajar de forma segura es la manera correcta de desarrollar actividades con estos implementos.

## Plan de muestreo y técnicas de muestreo

El plan de muestreo es un instrumento de planeación en el cual se deja todo consolidado sobre el muestreo a realizar. En general se recomienda que el plan de muestreo especifique como mínimo los siguientes ítems:

* El objetivo.
* El sitio de toma de muestra.
* El método y técnica a usar.
* Los parámetros a medir.
* Los instrumentos y equipos requeridos.
* El personal y las competencias que debe manejar.
* Los elementos de seguridad y salud en el trabajo.
* Los formatos requeridos para el registro de información.

Antes de iniciar el muestreo, es elemental tener claramente definido la forma como serán tomadas las muestras para poder realizar un trabajo de campo. Dentro de los tipos de muestras se pueden encontrar: muestras sencillas, compuestas, periódicas, continuas y de serie.

A continuación, profundice en las generalidades y particularidades de los tipos de muestras:

Plan de muestreo tipos de muestras

* **Muestras simples**: este tipo de muestra se toma en un momento y lugar determinado. Es aplicable en los casos que se sabe, la composición del agua no varía significativamente en el tiempo o lugar, como lo son usualmente para caracterización fisicoquímica de aguas naturales. Este tipo de muestra simple se usa en el muestreo de grifos.
* **Muestras compuestas**: aquellas que son usadas, en su mayoría, para vertimientos domésticos e industriales. Debido a la variación horaria de su caudal son muy utilizadas en el monitoreo de ríos, vertimientos o procesos industriales en línea. Su toma se realiza en un mismo punto en intervalos de tiempo previamente definidos y el volumen de cada muestra parcial puede ser constante o variar en función del caudal.
* **Cuando hay variación del caudal**: para los casos en que se requiere variar el volumen en cada toma, se recolectan muestras parciales (alícuotas). Ejemplo: cada 2 o 3 horas, cuyo volumen se obtiene según la siguiente relación: Vp = Qp \* (Vc / N \* Q)

Vp: Volumen de cada muestra parcial.

Vc: Volumen de muestra compuesta.

Qp: Caudal parcial del agua.

Q: Caudal promedio.

N: Número de muestras parciales.

* **Estudios de calidad ambiental marina**: en estos casos es necesario el monitoreo de afluentes con el fin de conocer las descargas y el volumen de contaminantes que llegan al mar, por tal motivo es necesario realizar muestreos compuestos para lograr la correcta caracterización de dichos afluentes (que pueden ser ríos o descargas de aguas residuales). Es importante resaltar que este tipo de muestra genera resultados de concentraciones promedio.
* **Muestras integradas**: este tipo de muestra consiste en la recolección de muestras simples en diferentes puntos de manera simultánea que posteriormente son mezcladas. En caso de presentarse variaciones de caudal en los puntos de muestreo, se debe tener en cuenta para que el volumen aportado sea proporcional al caudal medido durante la toma de la muestra.
* **Muestras en serie**: dentro de las muestras en serie se distinguen dos tipos, de perfil profundo y de área: las primeras son muy aplicables en oceanografía cuando el objetivo es conocer la variación vertical de un parámetro, por ejemplo, definir la posición de la capa termohalina, de la picnoclina, etc. Las segundas, son una serie de muestras de agua tomadas a una profundidad en particular, de una masa de agua en diversas locaciones; muy utilizadas para definir distribuciones espaciales por capas.

El proceso de toma, preservación y transporte de muestras, supone el establecimiento previo de las técnicas de muestreo que se deberán aplicar para obtener resultados satisfactorios.

Dentro de las principales técnicas de muestreo, se pueden mencionar y explicar las siguientes:

1. **Muestreo manual**: el muestreo manual se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones puedan facilitar la toma de muestras. La ventaja de este tipo de muestreo es permitir al encargado de tomar la muestra, observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales, entre otros; sin embargo este sólo es aceptable para los criterios de control y vigilancia, si la muestra es representativa de la calidad del agua del sitio de muestreo particular, motivo por el cual se requiere establecer que la información obtenida de estas muestras puntuales tomadas en un sitio y tiempo dados es única para ese lugar y tiempo seleccionado.
2. **Muestreo automático**: para aquellos lugares de difícil acceso se recomiendan los muestreadores automáticos, ya que cuentan con más precisión en la toma de la muestra, aun cuando su mayor desventaja sea el montaje y calibración del equipo, pues su aplicación implica la instalación de equipos (antenas, paneles solares, etc.) y herramientas (licencias de trasmisión, software) que elevan el costo, convirtiéndose en un factor limitante para la implementación de este tipo de muestreo. Entre los equipos automáticos más representativos para determinar la calidad del agua destinada para consumo humano, se destacan los: muestreadores secuenciales automáticos para proveer muestras compuestas en un período extenso de tiempo, Sistemas de monitoreo en línea (sistema SAMOS para detección de pesticidas, y nuevos sensores), Sistemas biológicos de alarma temprana que alerten si hay contaminación en la muestra y muestreadores pasivos, así llamados porque simulan captación biológica.
3. **Muestreo mixto**: se pueden poner en marcha programas de muestreo que involucren la utilización de los dos tipos de muestreo mencionados anteriormente (muestreo mixto), convirtiendo el monitoreo en un sistema integrado que permite la verificación manual de los resultados obtenidos de forma automática. Dicha verificación es realizada aleatoriamente, de tal manera que se pueda realizar la calibración, ajuste y mantenimiento de los equipos automáticos. Las técnicas del muestreo de agua para análisis microbiológicos básicamente incluyen procedimientos para prevenir su contaminación durante el llenado de los recipientes por microorganismos presentes en el exterior de los grifos, accesorios, en el ambiente o en el operario. Las técnicas de llenado de los recipientes se pueden dividir en dos: muestreo en el grifo o muestreo por inmersión.
4. **Muestreo por inmersión**: el muestreo por inmersión se realiza cuando se requiere tomar muestras de profundidad por ejemplo en el caso de muestreos de tanques de almacenamiento que no cuenten con dispositivos de muestras o en el agua de manantiales o pozos, piscinas. En estos casos la muestra se debe tomar con un recipiente estéril en su interior y exterior. Tan pronto se va a tomar la muestra se debe retirar la envoltura protectora del recipiente y con la ayuda de una vara de muestreo se lleva a cabo la toma de muestra. En el caso de toma de las piscinas, la muestra se debe tomar de -10 a -20 cm de profundidad y el recipiente se introduce horizontalmente para evitar la pérdida de tiosulfato. Para balnearios se hace de manera similar haciendo la toma a -20 a -30. En el caso de pozos o manantiales sin dispositivos de muestreo, la toma se debe hacer con bombas o dispositivos sumergibles estériles.
5. **Muestreo tomado al azar**: se basa en una muestra que se toma totalmente al azar, por medio de un recipiente abierto, el cual se coloca en un solo punto en la superficie (arroyo, embalse, rio, etc.); estas muestras por lo general se toman antes de hacer otro trabajo en el lugar para no afectar la corriente y la posterior recolección; para este ejercicio se utilizan muestreadores colectores que suelen pararse corriente abajo de la botella durante la operación de llenado.

### Procedimiento para el muestreo de agua

El procedimiento para el muestreo de agua integra varios elementos y pasos, entre los que se destacan la identificación del sito de la toma de muestra y la información requerida. La identificación del sitio debe hacerse de manera unívoca. Si se dispone de GPS posicionar satelitalmente la ubicación, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible.

En cuanto a la información requerida, en el momento del muestreo es necesario recabar, como mínimo:

* Identificación unívoca de la muestra
* Identificación del sitio de muestreo (georreferenciación)
* Tipo de fuente y características de la misma (cercanía a pozos negros o industrias, profundidad del nivel estático y total, si fuera pozo o perforación, existencia de pozos abandonados, etc.)
* Destino (consumo humano, animal, riego, etc.)
* Información acerca del Establecimiento donde se ha muestreado (ubicación, propietario, vías de contacto, etc.)
* Condiciones de muestreo (fecha y hora, nombre de quien realizó el muestreo)
* Tipo de análisis a efectuar
* Reactivo empleado para su preservación, en caso de ser utilizado
* Cualquier otra observación que se considere de importancia

### Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen

Las muestras de agua pueden provenir de fuentes superficiales (ríos, arroyos, canales, represas, lagos) o subterráneas (pozos) y este aspecto definirá las condiciones de muestreo.

En función de la fuente que se vaya a muestrear, y para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible del total, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

1. **Agua de red**: se abrirá el grifo o canilla y se dejará que el agua corra por lo menos durante 5 minutos de manera de tener purgada toda la cañería que llega desde el tanque. El ramal donde se encuentre el grifo debe ser el principal, proveniente de la red, y no debe estar conectado en el trayecto con otras cañerías, filtros, ablandadores u otros artefactos que puedan alterar la calidad del agua del ramal principal. También se debe tomar la precaución de retirar del grifo o boca de salida las mangueras u otros accesorios, y de limpiarlo tratando de eliminar sustancias acumuladas en el orificio interno de salida del agua y en el reborde externo, dejando correr agua libremente por espacio de 1 o 2 minutos, para arrastrar cualquier residuo.
2. **Agua de perforaciones**: la muestra se debe tomar de la cañería inmediata al pozo y es conveniente que, antes de proceder a la toma de la muestra, la impulsión se mantenga en marcha durante unos 10-15 minutos, hasta que el agua emerja clara (sin sedimentos ni restos vegetales) y que sea del acuífero. Se debe prestar especial atención a esto si el pozo estuviera en desuso. Si el pozo fuera nuevo se debe bombear el tiempo suficiente hasta que salga limpia, de manera de muestrear el agua del acuífero y en lo posible bombear con caudal de diseño.
3. **Agua superficial proveniente de un curso de agua (en movimiento)**: debe ponerse especial atención en buscar puntos estratégicos de muestreo (puentes, alcantarillas, botes, muelles), ya que se debe muestrear de sitios donde el agua se encuentre en circulación. Nunca muestrear desde donde se encuentra estancada. Si se tratara de muestreos periódicos o de control debe tratar de extraerse la muestra siempre en el mismo lugar cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobre peso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.
4. **Agua superficial proveniente de un espejo de agua, represa o tanque de almacenamiento**: en estos casos, se puede proyectar una jabalina a unos 2 metros de la orilla, para no muestrear del borde, evitando tomar la muestra de la capa superficial o del fondo. Sumergir el frasco en el agua (incorporando un peso) con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm., destapar y girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado. Retirar el frasco después que no se observe ascenso de burbujas.
5. **Pozo somero o fuente similar (cisterna, aljibe, etc.)**: tomar la muestra bajando el frasco dentro del pozo hasta una profundidad de 15 a 30 cm. desde la superficie libre del líquido, evitando en todo momento tocar las paredes del pozo. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobre peso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

### **Acondicionado y preservación de las muestras en el almacenamiento temporal**

El acondicionamiento de las muestras dependerá del objetivo del muestreo. En general, para análisis físico-químico puede ser necesario acondicionarlas con conservadores de frío, ya que algunas especies químicas (nitratos, sulfatos) pueden sufrir transformaciones por acción microbiana. También deben mantenerse al resguardo de la luz, procurando enviarlas lo más rápido posible al laboratorio.

En el caso de análisis microbiológico es indispensable que la muestra se mantenga refrigerada hasta su arribo al laboratorio, ya que tanto las temperaturas mayores a 6ºC como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra dado que los resultados no reflejarán la realidad.

Siempre es conveniente tomar la muestra y transportarla los primeros días de la semana, previendo feriados o días no laborables, ya que, si se requiriera análisis microbiológico, una vez en el Laboratorio son necesarias por lo menos 48 horas, para realizar los cultivos.

En cualquier caso, debe evitarse el congelamiento de la muestra (el lugar correcto para conservar las muestras que no se hayan podido entregar al laboratorio es en la parte inferior de una heladera común).

## Métodos de aforo para determinación de caudales

El aforo de caudal es la cantidad de un fluido que atraviesa una sección en un determinado tiempo. Es conocido como la tasa de flujo. En particular, flujo volumétrico (Q) es el volumen de un fluido que circula en una sección por unidad de tiempo, y sus unidades son el m3/s.

Para la medición del caudal es posible aplicar diferentes métodos que pueden ser seleccionados en función de las características del flujo, tecnología disponible, y exactitud de los datos requerida.

Para la medición del caudal en una corriente se han desarrollado diversos métodos de aforo que se aplican según el tamaño del cauce, la magnitud del caudal, las características hidráulicas del flujo, la necesidad de contar con datos inmediatos o a corto plazo y, en general, las dificultades para realizar el aforo, entre otros. Entre los métodos más usados se encuentran:

* Método Área-Velocidad.
* Método Volumétrico.
* Método con Trazadores (dilución).
* Estructuras Aforadas.

### Métodos área velocidad

Dado que el caudal es función del área de la sección ocupada por el agua y la velocidad media del flujo, este procedimiento se basa en la determinación de estas variables. Este sistema de aforo es el de mayor uso y requiere que el flujo tenga un comportamiento laminar y que las líneas de flujo sean normales a la sección transversal de aforo.

El caudal en una corriente de agua es función del área de la sección de aforos y de la velocidad media del flujo y se obtiene mediante el producto de estas dos variables: Q = Av

Si la geometría del perfil de la sección de aforos no se modifica, la velocidad mantiene su comportamiento horizontal y en profundidad, por el contrario, si la geometría cambia se altera la relación nivel - área, en consecuencia, la velocidad cambia su comportamiento.

El método de área-velocidad se realiza con diferentes métodos de aforo, así:

* Molinete Hidrométrico (vadeo, suspensión, angular, bote cautivo, lancha en movimiento).
* Aforo con Flotadores.
* Aforo ADCP (“Acoustic Doppler Current Profiler”).

En relación con Métodos, Área y Velocidad, tenga en cuenta los siguientes aspectos:

1. **Medición de caudales**: la medición de caudales a través del método área-velocidad, se determina a través de la selección de número de vértices, determinación del ancho, determinación de la profundidad, cálculo del área, medición de la velocidad, cálculo del área y caudal.
2. **Profundidad del flujo**: la profundidad del flujo en la sección transversal se mide en las verticales mediante una varilla o hilo de sondeo. Al tiempo que se mide la profundidad, se efectúan observaciones de la velocidad mediante un molinete en uno o más puntos de la vertical. Las anchuras, profundidades y velocidades medidas permiten calcular el caudal para cada segmento de la sección transversal. La suma de estos caudales parciales será el caudal total.
3. **Molinete hidrométrico**: teniendo en cuenta las diferentes alternativas de medir el caudal, se determina el tipo de aforo con molinete hidrométrico (vadeo, suspensión, angular, bote cautivo, lancha en movimiento) que mejor se ajuste a las condiciones existentes, en el momento de la campaña de monitoreo, específicamente la magnitud de la profundidad, el ancho, la velocidad, la disposición de estructuras de apoyo como puentes o tarabitas y el tipo de régimen de caudales predominante.
4. **Aforo por vadeo**: se utiliza cuando la profundidad es menor de un metro (< 1 m) y la velocidad de la corriente menor de un metro por segundo (< 1 m/s). Estas condiciones permiten que los operarios y los equipos se metan al cauce con seguridad, garantizando de esta manera que la medición se realice con comodidad y sin riesgo.
5. **Aforo por suspensión**: cuando las condiciones del flujo (profundidad y/o velocidad) presentan amenaza para los operarios y equipos, es necesario realizar las mediciones desde un puente o una tarabita. Aquí los equipos van suspendidos desde un malacate o torno a través de un cable coaxial, que adicionalmente sirve para medir la profundidad en las diferentes abscisas de medición.
6. **Aforo en bote cautivo**: aplicable en ríos o canales medianos, donde es posible tender una manila o cable de orilla a orilla, que sirve de apoyo a la embarcación para contrarrestar el empuje de la corriente.
7. **Aforo con flotadores**: se utiliza cuando se requiere medir en forma rápida el caudal en una corriente que presenta una lámina de pocos centímetros de profundidad, cuando se esté en presencia de grandes cantidades de material en suspensión, o cuando deba efectuarse una medición del caudal en un período muy breve, para lo cual se mide la velocidad superficial a lo ancho del cauce utilizando flotadores especialmente diseñados y suministrados para este efecto.
8. **Aforo ADCP (“Acoustic Doppler Current Profiler**”**)**: se utiliza para medir el caudal en ríos grandes o pequeños, sin rocas grandes que permita el desplazamiento horizontal del equipo para medir el caudal.

### Método Volumétrico

Cuando se trate de medir caudales pequeños en condiciones que no permitan el uso del molinete, o no se cuente con este equipo, se utiliza el aforo volumétrico, que consiste sencillamente en recolectar en un recipiente previamente calibrado, un volumen de agua conocido y tomar con precisión el tiempo de recolección, preferiblemente con cronómetro.

Se recomienda utilizarlo en corrientes pequeñas, en las cuales se pueda colectar en un recipiente calibrado el 100% del flujo a medir. La calibración del recipiente y el tiempo de recolección deben ser muy precisos. Se puede recurrir a recipientes de uso común como un balde o caneca que tenga registros de volumen; en otros casos el aforo se realiza en tanques de mayor tamaño que tengan dimensiones precisas, de tal manera que mediante la medición de un diferencial de nivel se determina un incremento de volumen y tomando el tiempo de incremento de volumen se puede calcular directamente el caudal que lleva la corriente o el canal.

### Método con Trazadores (dilución)

La medición del caudal mediante este método está basada en la determinación del grado de dilución en el agua de la corriente de una solución del trazador vertida en ella.

Este método se recomienda utilizar para secciones de aforo donde se encuentren:

* Grandes turbulencias y remolinos
* Régimen torrencial
* Altas pendientes
* Poca profundidad
* Lechos inestables
* Líneas de flujo desordenadas

Sobre los aforos con trazadores, también llamados aforos químicos, tenga presente:

* **Variación de concentración**. Los aforos con trazadores también llamados aforos químicos, permiten conocer el caudal a partir de la variación de concentración de una sustancia inyectada en el cauce que permite estudiar su comportamiento y evolución.
* **Conductividad eléctrica**. El procedimiento consiste en inyectar un trazador en una sección de la corriente y realizar aguas abajo, a una distancia lo suficientemente lejos para que haya dilución total, mediciones de conductividad eléctrica para detectar el paso de la nube y así calcular el caudal.
* **Características necesarias de los trazadores**. Los trazadores deben cumplir con una serie de características como lo son la solubilidad, posibilidad de medición in situ, costo reducido, no contaminante, entre otros.
* **Condiciones de uso de los trazadores**. El trazador empleado para la aplicación del método no debe estar presente en el cuerpo de agua en cantidades apreciables. Algunos de los más empleados en la práctica son el cloruro de sodio y el dicromato de sodio.

### Estructuras Aforadas

Son estructuras que han sido estudiadas y calibradas en diferentes condiciones experimentales. Para cada una de ellas es posible obtener una ecuación de descarga (relación Nivel-Caudal) que permite determinar el caudal instantáneo en función de la altura de la lámina de agua con respecto a un punto de la estructura, que se mide con ayuda de una mira o un instrumento registrador.

A continuación, se presentan las estructuras más utilizadas:

1. Estructuras aforadas de mayor uso

| Vertederos | Canaletas |
| --- | --- |
| Son dispositivos hidráulicos fijos o removibles que consisten en una escotadura a través de la cual se hace circular el flujo que se quiere medir en el canal o corriente natural. La precisión del aforo depende de la velocidad de llegada a la estructura, por lo tanto, es importante remansar el agua ampliando la sección del canal arriba del sitio para obtener velocidades mínimas (< 0,15 m/s). | Son estructuras de gran aplicación en terrenos planos ya que funcionan a flujo libre con pérdidas de carga pequeñas. Las canaletas más utilizadas son: tipo “Balloffet” (tiene paredes paralelas y fondo plano), medidor sin cuello o “Cutthroat” (consiste en una sección de entra, una de salida, una garganta y un fondo aforador) y, finalmente, canaleta Parshall (conformada por una sección convergente de contracción que se localiza en su extremo aguas arriba, una garganta y una sección divergente aguas abajo). |

## Toma de muestras de suelo

El plan de muestreo para toma de muestras de suelo implica contar, entre otros requisitos, con localización y nombre del sitio de muestreo con coordenadas, detalles del punto de muestreo, incluyendo coordenadas y plano, fecha de recolección, tipo y método de muestreo, tiempo de recolección, nombre de la persona que recolectó las muestras, condiciones climáticas, tipo de contaminación del suelo y origen de la contaminación, uso del suelo y características del suelo y topografía.

* El límite superior e inferior del horizonte del cual se tomó la muestra en m o mm.
* El límite superior e inferior de la profundidad del muestreo dentro de un horizonte.
* Si es por muestra sencilla o muestra compuesta.
* Si la muestra se obtuvo en dirección horizontal o vertical en relación con la posición del horizonte.
* Las herramientas usadas.
* Número de muestras.

Y los tipos de muestras de suelo son:

* **Muestras disturbadas**. Muestras obtenidas del terreno sin ningún intento de preservar la estructura del suelo; es decir, las partículas del suelo se recogen “sueltas” y se dejan mover unas en relación con otras.
* **Muestras no disturbadas**. Muestras obtenidas del terreno usando un método diseñado para preservar la estructura del suelo; es decir, se usa equipo de muestreo especial en tal forma que no se deja que las partículas y los vacíos cambien con respecto a la distribución existente en el terreno antes del muestreo.

Existen tres métodos de muestreo:

* **Tipo 1**. Una muestra de material recogido de un solo punto (muestra disturbada o no disturbada).
* **Tipo 2**. Una muestra que es un compuesto de pequeñas muestras de puntos incrementales tomadas cercanas entre sí (Muestra disturbada).
* **Tipo 3**. Una muestra que es un compuesto de pequeñas muestras de puntos incrementales tomadas en un área (Muestra disturbada).

Existen dos técnicas de muestreo: para toma de muestras de suelo perturbadas y para toma de muestras de suelo no perturbadas.

1. Toma de muestras de suelo perturbadas

| Capas | Muestras de suelo perturbadas |
| --- | --- |
| Para capas superiores | Barreno manual.  Azadón o similar.  Marco de corte (para muestreo de materia orgánica como, por ejemplo: mull, moder, turba). |
| Para capas profundas | Herramientas de perforación.  Sondas estáticas y dinámicas.  Herramientas para la toma de muestra en forma de anillos de suelos (para aplicación en calicatas). |

Así mismo, las técnicas de muestreo para toma de muestras de suelo no perturbadas, se detallan así:

1. Toma de muestras de suelo no perturbadas

| Capas | Muestras de suelo no perturbadas |
| --- | --- |
| Para capas superiores | Cilindros de corte de diferente tamaño, marco de corte.  Barrenos manuales especiales (barreno tubo para muestreo).  Tapa protectora, anillo de soporte hidráulico o manual. |
| Para capas profundas | Máquinas de perforación con tubos de muestra. |

**Cantidad y conservación de la muestra**

Para la toma de muestra de suelo, si la muestra es de suelo fino debe tomarse un mínimo de 500g, si es suelo grueso, mayor a 2000gr. La mayoría toma como promedio 1kg. La muestra por lo general se coloca en condiciones de enfriamiento (por debajo de 5°C) en particular durante el transporte al laboratorio.

Amplie sus conocimientos y conceptos sobre Tomas de muestras de suelo, estudiando a profundidad en contenido del documento pdf anexo, denominado **TomaDeMuestrasDeSuelo**.

## Parámetros “in situ” para agua y suelo

Las aguas contaminadas presentan compuestos diversos en función de su procedencia: pesticidas, tensoactivos, fenoles, aceites y grasas, metales pesados, etc.

Los parámetros de control se pueden agrupar de la siguiente manera:

1. Toma de muestras de suelo no perturbadas

| Parámetros físicos | Parámetros químicos | Parámetros biológicos |
| --- | --- | --- |
| Características organolépticas: color, olor, sabor.  Elementos flotantes  Temperatura  Sólidos  Conductividad  Radioactividad | pH  Materia Orgánica (Carbono orgánico total COT)  Nitrógeno y compuestos derivados (amoniaco, nitratos, nitritos, etc.)  Fósforo y compuestos derivados (fosfatos)  Aceites y grasas  Hidrocarburos  Detergentes  Cloro y cloruros  Fluoruros  Sulfatos y sulfuros  Fenoles  Cianuros  Haloformos  Metales  Pesticidas  Gases disueltos  Oxígeno  Nitrógeno  Dióxido de carbono  Metano  Ácido sulfhídrico | Coliformes totales y fecales  Estreptococos fecales  Salmonellas  Enterovirus  Parámetros f |

Profundice en los aspectos generales y claves de los parámetros “in situ” para agua, estudiando el pdf Anexo denominado **ParametrosDeControlAgua**.

Profundice en los aspectos generales y claves de los parámetros “in situ” para suelo, estudiando el pdf Anexo denominado **ParametrosDeControlSuelo**.

# Transporte y recepción de muestras

El proceso de muestreo y análisis de muestra tiene, dentro de muchas implicaciones el de conservar, transportar y recibir las muestras. En dicho procedimiento, siempre que sea necesario movilizarla a la zona de laboratorio o de almacenamiento se recomienda actuar bajo los criterios y protocolos establecidos y las normas.

Siempre es conveniente transportarlas en los tiempos establecidos, previendo los posibles contratiempos y vicisitudes, es decir, mitigando al máximo las posibilidades de afectar o desvirtuar la calidad e integridad de las mismas.

## Acondicionamiento, transporte y recepción de muestras de agua

El acondicionamiento de las muestras dependerá del objetivo del muestreo. En general, para análisis físico-químico puede ser necesario acondicionarlas con conservadores de frío, ya que algunas especies químicas (nitratos, sulfatos) pueden sufrir transformaciones por acción microbiana. También deben mantenerse al resguardo de la luz, procurando enviarlas lo más rápido posible al laboratorio.

En el caso de análisis microbiológico es indispensable que la muestra se mantenga refrigerada hasta su arribo al laboratorio, ya que tanto las temperaturas mayores a 6ºC como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra dado que los resultados no reflejarán la realidad.

Independientemente de la cantidad de muestras y del medio de transporte que se utilice para llevarlas al laboratorio, deben seguirse las recomendaciones para su remisión al laboratorio que las va a analizar.

Para la recepción y transporte de muestras no refrigeradas, téngase en cuenta aspectos como:

* Entregar lo más pronto posible las muestras con sus actas al laboratorio, recordando que para muestras de agua potable no deben transcurrir más de seis (6) horas entre el momento de la recolección y su llegada al laboratorio.
* El acta de toma de muestra de datos no debe estar con los recipientes sino en la parte exterior del embalaje, para evitar que se deteriore. Los recipientes que contengan las muestras se deben proteger y sellar de tal forma que no se deterioren, ni su contenido sufra ninguna pérdida durante el transporte.
* El empaque debe proteger los recipientes de una posible contaminación externa y en sí mismo no debe ser fuente de contaminación.
* Para el caso de muestras enviadas por correo, se deberá asegurar la conservación e integridad de éstas, hasta su llegada al laboratorio.

En el caso de recepción y transporte de muestras refrigeradas, las siguientes son los recaudos que se deben considerar:

Recepción y transporte de muestras refrigeradas

1. **Refrigeración**: durante el transporte se recomienda refrigeración a 4° C y protección de la luz, especialmente si se sospecha que el agua está contaminada con organismos patógenos. Es necesario que al refrigerarse las muestras se tomen las precauciones y medidas necesarias para prevenir cualquier contaminación proveniente del hielo derretido.
2. **Tiempos**: si se supera el tiempo de preservación recomendado antes del análisis, las muestras se deben analizar y se debe reportar el tiempo entre el muestreo y el análisis, después de consultar con el profesional encargado de la interpretación de los resultados analíticos.
3. **Almacenamiento**: todas las muestras de un mismo sitio de muestreo deberán ser almacenadas en una misma nevera portátil, para evitar posibles confusiones con muestras de otros sitios; sin embargo, si fueron tomados blancos estos deben ir empacados de igual manera que las otras muestras para que el laboratorio no los pueda identificar.
4. **Recipientes**: los recipientes deberán ser colocados en posición vertical, con suficientes bolsas de hielo intercaladas de tal manera que se alcance una temperatura cercana a los 4° C. Se debe verificar que las botellas no se caigan, ni se abran, ni se les desprenda el rótulo. Después de embaladas se tapa y se sella la nevera.
5. **Rotulado**: es aconsejable colocarle un rótulo con la firma de quien hizo el muestreo, la fecha y la hora, adherido de tal manera que se rompa una vez la nevera sea abierta (sello de seguridad).
6. **Responsables e implicados**: las neveras deberán ser entregadas por alguna de las personas que hicieron parte de la comisión de muestreo al laboratorio, entregando igualmente los formatos de campo. Las muestras deberán ser radicadas y colocadas, tan pronto como sea posible, dentro del cuarto frío donde las muestras se conservarán para su posterior análisis.

### Entrega de la muestra y recepción en laboratorio

El laboratorio donde se practican los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras para la vigilancia generalmente cuenta con instalaciones y equipos propios de la Autoridad Sanitaria y son operados por especialistas en técnicas de análisis de agua.

Los laboratorios donde se practican los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras para el control, cuentan con instalaciones, equipos y personal propios de la Persona Prestadora o son laboratorios particulares autorizados por el Ministerio de la Protección Social, según Resolución expedida por el Ministerio de la Protección Social, porque cumplen con los requisitos mínimos previstos en el artículo 27 del Decreto 1575 de 2007.

### Personal de laboratorio

El personal de estos laboratorios encargados de la recepción de las muestras, así como los encargados de la recolección y transporte de las muestras deben seguir todas las recomendaciones estipuladas, especialmente en aquellos laboratorios donde, por la complejidad y tamaño de los sistemas de distribución, se procesan muestras recogidas por varios equipos de recolección, o procedentes de varios clientes, como es el caso de los laboratorios particulares.

Las muestras deben registrarse en cuanto lleguen al laboratorio. El procedimiento de entrada y registro de la muestra es importante para los propósitos de la cadena de custodia.

La siguiente información debe requerirse en el procedimiento de entrada y registro:

1. Número de código de la muestra.
2. Nombre de la Persona Prestadora, para el caso de los laboratorios de vigilancia o los laboratorios particulares que atienden varios clientes.
3. Nombre del (o los) tomadores de muestras.
4. Número del método de muestreo.
5. Localización de almacenamiento de la muestra.

## Transporte y recepción de muestras de suelo

Las muestras deben protegerse de la desecación, la excesiva humedad, la exposición a rayos solares y calor excesivo. De acuerdo a lo anterior, el suelo para análisis deberá conservarse durante el transportarse en nevera de icopor, asegurando su calidad.

* En el fondo de la cava de icopor, introducir gel refrigerante o hielo en bolsas plásticas.
* Colocar encima de las bolsas de hielo una rejilla metálica o plástica, que las separe de las muestras.
* Evitar utilizar materiales como madera o cartón para realizar el aislamiento de la muestra con el gel o el hielo, debido a que se estos materiales se humedecen, ocasionando crecimiento de microorganismos contaminantes.
* Introducir las muestras, colocándolas encima de la rejilla, malla metálica o plástica.
* Mantener la temperatura de conservación en un rango de 4°C a 8°C.
* Sellar la nevera de icopor con cinta adhesiva cuando el envío se realiza inmediatamente, de lo contrario refrigerar y rotular.

Profundice en los aspectos clave del proceso de conservación y transporte de muestras de suelos, explorando el contenido del pdf anexo denominado **ConservaciónYTransporteMuestrasSuelos**.

### Entrega a laboratorio - recepción de muestras

Las muestras deben registrarse en cuanto lleguen al laboratorio. El procedimiento de entrada y registro de la muestra es importante para los propósitos de la cadena de custodia.

La siguiente información debe requerirse en el procedimiento de entrada y registro:

* Número de código de la muestra
* Nombre de la Persona Prestadora, para el caso de los laboratorios de vigilancia o los laboratorios particulares que atienden varios clientes
* Nombre del (o los) tomadores de muestras
* Número del método de muestreo
* Localización de almacenamiento de la muestra

Preste atención a otros aspectos clave que, sobre transporte y recepción de muestras de suelo, se mencionan a continuación:

* **Inspección en la recepción:** el recepcionista del laboratorio debe inspeccionar el etiquetado de las muestras y compararlo con la información del registro de campo o acta de toma de muestra de suelo. Si hay conformidad en esta inspección, el recepcionista del laboratorio firma este documento de vigilancia o control incluyendo la fecha y hora de llegada.
* **Cuando no hay conformidad**: si no hay conformidad, el recolector anota en la parte del formato, correspondiente a las observaciones, las inconformidades encontradas en la inspección de las muestras y firma el acta incluyendo la fecha y hora de llegada.
* **Asignación de código**: para cualquiera que sea el caso anteriormente descrito (hay o no conformidad), le asigna un número o código para su entrada, la registra en el libro del laboratorio y guarda las muestras en el cuarto frío bajo llave hasta que sea asignada a un analista.
* **Cuidado y vigilancia**: una vez la muestra está en el laboratorio, el encargado del cuarto frío y los analistas son responsables de su cuidado y vigilancia.
* **Agilidad en el proceso**: las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto posible. Es importante coordinar el envío de las muestras al laboratorio en horas convenientes, con el propósito de realizar los análisis en el horario normal de trabajo y en el mismo día, si es posible.
* **Preservación de las muestras**: a su llegada al laboratorio, si es imposible analizar las muestras de inmediato, estás se deben preservar en condiciones tales que eviten cualquier contaminación procedente del exterior del recipiente, su deterioro y que impidan cualquier cambio de su contenido.
* **Recomendación importante**: para este propósito se recomienda usar gabinetes refrigerados o fríos y lugares oscuros. Se deben manejar las muestras refrigeradas después de su llegada al laboratorio.

## Cadena de custodia

En la última fase de la recolección de muestras, se requiere supervisión y control constante; su importancia radica en organizar las actividades de transporte, preservación, almacenamiento y recepción de las muestras de tal forma que estas no sean alteradas, modificadas o que generen un riesgo que se materialice en resultados no verídicos al procesar las muestras.

La cadena de custodia es el procedimiento que se da cuando una muestra está bajo custodia (posesión o control físico) de alguien, de modo que se debe evitar la manipulación indebida o alteración de sus características desde la toma de la muestra hasta que se desecha.

A manera general se podría definir que la cadena de custodia involucra acciones y actividades como:

* La toma de la muestra
* El uso del recipiente para la misma
* El almacenamiento temporal
* El transporte al laboratorio
* Almacenamiento en el laboratorio
* El desarrollo de los análisis
* El desecho de la muestra

Garantizar el soporte de los datos y conclusiones a los que se llegue con el estudio o ensayo de muestreo, de forma adecuada, en una situación legal o reglamentaria. Busca mantener registros que certifiquen que los procedimientos fueron desarrollados según condiciones técnicas y que los resultados son verídicos y fiables.

### Fase de toma de muestras

Para la toma y recolección de muestras en campo, se recomienda que se asigne a una sola persona la custodia de la muestra; esto con el fin de que la misma sea manipulada por la menor cantidad de individuos posible. A esta persona se le reconocerá como el muestreador de campo, él o ella se responsabilizará de la toma hasta la transferencia adecuada al lugar de análisis.

En lo que respecta a la documentación de custodia en campo, se deben diseñar los formatos que se requieran para la actividad de campo de recolección de muestras, pueden ser diseñados por muestra o para múltiples muestras.

Dentro de la documentación necesaria y pertinente, se encuentra:

* **Rotulado**. El rotulado de identificación de las muestras que especifique el punto exacto donde se tomó la misma, junto con la fecha y la hora.
* **Registro de campo**. El registro de campo, que debe contener espacios para la siguiente información: nombre e identificación de la muestra, ubicación del muestreo, fecha e intervalo de tiempo, firmas del personal que realizó la actividad, preservación (cantidad y tipo), número de recipientes, número de réplicas (si aplica), notas de campo, análisis deseado, tipo de muestra.
* **Sellado de la muestra**. El sellado de la muestra, si se requiere se pueden emplear sellos de custodia de la muestra de papel adhesivo a prueba de agua, con el fin que para manipular la muestra se requiera romperlos, así se garantizará la no manipulación de la misma antes de su entrega a laboratorios.

Las muestras deben ser entregadas lo más pronto posible al laboratorio. El registro de campo o acta de toma de muestras debe mantenerse intacto durante todo el procedimiento.

La fase de almacenamiento y transporte, es fundamental en un proceso de análisis de muestras, ya que, si no se realiza según las medidas técnicas reglamentarias, la muestra podría sufrir alteraciones y no reflejar resultados verídicos.

Para las muestras no refrigeradas, se deben considerar, aspectos como los que se enuncian enseguida:

1. **Prontitud**: entregar lo más pronto posible las muestras con sus actas al laboratorio, como ejemplo: las muestras de agua potable no deben transcurrir más de seis (6) horas entre el momento de la recolección y su llegada al laboratorio.
2. **Acta de toma**: el acta de toma de muestra de datos no debe estar con los recipientes sino en la parte exterior del embalaje, para evitar que se deteriore.
3. **Recipientes**: los recipientes que contengan las muestras se deben proteger y sellar de tal forma que no se deterioren, ni su contenido sufra ninguna pérdida durante el transporte. El empaque debe proteger los recipientes de una posible contaminación externa y en sí mismo no debe ser fuente de contaminación.
4. **Conservación e integridad**: para el caso de muestras enviadas por correo, se deberá asegurar la conservación e integridad de éstas, hasta su llegada al laboratorio. Utilizar neveras de icopor que son destinadas exclusivamente para este almacenamiento y transporte. Las muestras no deben transcurrir más de 24 horas entre la recolección y la llegada al laboratorio.
5. Contenedores de enfriamiento: empacar los frascos o recipientes con las muestras en neveras de icopor portátiles refrigeradas con bolsas con hielo o “ice packs”. Durante el transporte se recomienda refrigerar a 4° C y proteger la muestra de la luz (Siempre tapada), contabilizar tiempos de traslado para eliminar la posibilidad de contaminar la muestra con hielo derretido.
6. **Sostenimiento de la temperatura**: en el caso de análisis microbiológico es indispensable que la muestra se mantenga refrigerada hasta su arribo al laboratorio, ya que tanto las temperaturas mayores a 6ºC como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra dado que los resultados no reflejarán la realidad.
7. **Mantener los conjuntos**: se recomienda que todas las muestras de un mismo sitio de muestreo se empaquen en un mismo recipiente de almacenamiento (nevera). Transportar y almacenar los recipientes siempre en posición vertical, verificando que no pierdan el rótulo, ni se puedan caer.
8. **Marcado y rotulado**: se aconseja ponerle rótulo a la nevera con firma de quien hizo el muestreo con fecha y hora. Se deben entregar al laboratorio preferiblemente por algún encargado de la fase de muestreo. Las muestras deberán ser radicadas y colocadas en el cuarto frío donde se podrán conservar para su posterior análisis.

### Muestras con preservantes

Algunas muestras, dependiendo de su objetivo de análisis, van a requerir preservación con productos químicos. Estos se adicionan con el objeto de detener o retardar las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en las muestras hasta el momento de efectuar su análisis; entre los preservadores químicos más utilizados están: el ácido clorhídrico (HCl), el sulfúrico (H2SO4), nítrico (HNO3) y el tiosulfato de sodio (Na2S2O3).

Sobre las muestras con preservantes químicos, tenga presente:

* Para las muestras de suelo es raro que se usen preservantes casi no se usa
* Es esencial que los preservantes utilizados no alteren la muestra para los ensayos requeridos
* Se recomienda revisar la literatura y norma referente al uso de algunos compuestos químicos que podrían generar reacciones como por ejemplo el uso de Hidróxido de sodio (NaOH) ya que puede generar calentamiento local
* Para algunas determinaciones, en especial las de elementos traza, es esencial efectuar un ensayo en blanco

### Reactivos

En este apartado se enlistan algunos de los reactivos que se usan para preservar las muestras, sin embargo, es importante que cada una de esas sustancias también sean rotuladas con la vida media (fecha de caducidad), la cual no debe ser excedida, y se debe marcar la muestra a la cual se le adiciono el preservante.

Tales reactivos son:

* **Sólidos**: Hidróxido de sodio NaOH, Dicromato de potasio K2Cr2O7, tiosulfato de sodio (Na2S2O3) entre otros.
* **Soluciones**: Solución de acetato de cinc (p =1,7 g/ml) C4H6O4Zn, Ácido clorhídrico (p= 1.16 g/ml) HCL, Ácido sulfúrico (8 mol/l) H2SO4 entre otros. (p.9)

### Fase de entrega de muestras al laboratorio

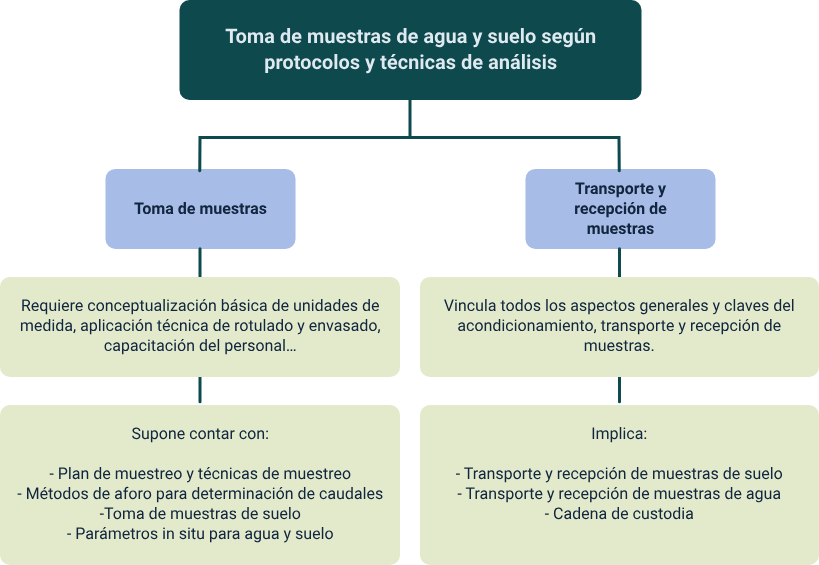
El último paso es la entrega de las muestras al laboratorio, debe tener en cuenta que usualmente los registros de cadena de custodia se mantienen en papel físico, por el tema de firmas, sin embargo, existen maneras de llevar este registro por medio de medios ofimáticos o tecnológicos con firmas virtuales.

En esta última fase, se puede realizar la entrega de las muestras al laboratorio o bien procesar el ingreso de las mismas para que las mismas personas que tomaron el muestreo realicen los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, sin embargo, en ambos casos se debe garantizar la cadena de custodia realizando las siguientes acciones:

* **Registro**: las muestras deben registrarse en cuanto lleguen al laboratorio. El procedimiento de entrada y registro de la muestra es importante para los propósitos de la cadena de custodia. La siguiente información debe requerirse: número de código de la muestra, nombre de la persona que recibe, nombre de los tomadores de la muestra, número del método de muestreo, y localización de almacenamiento.
* **Inspección**: se debe inspeccionar el etiquetado y rotulado y compararlo con el registro de campo, si es conforme (concuerdan y es acorde a los procedimientos técnicos), el que recibe firmará la recepción incluyendo fecha y hora.
* **Registro de observaciones**: cuando exista no conformidad, el que recolectó la muestra deberá anotar en la parte de atrás del registro las observaciones las inconformidades encontradas (Con fecha y hora).
* **Registro de evento**: para los dos casos mencionados se debe registrar la llegada en los registros de laboratorio y se guardan las muestras en el cuarto frío, se define si se procesas o no las no conformes, pero una vez se inicie el análisis de laboratorio la cadena de custodia para el cuidado y vigilancia del analista.
* **Tiempos pertinentes**: es importante tener claro que el tiempo aconsejado como máximo para transporte y entrega a laboratorio es de seis (6) horas, si no se puede cumplir se debe proceder a realizar acciones de preservación para asegurar su entrega.

Síntesis

Ha finalizado el estudio de las temáticas de este componente formativo. En este punto, haga un análisis juicioso del esquema que se muestra a continuación. Se le recomienda, además, repasar los temas que considere necesarios. ¡**Adelante**!



Material complementario

| Tema | Referencia | Tipo de material | Enlace del recurso |
| --- | --- | --- | --- |
| Conceptos básicos de unidades de medida | Daniel Carreón (2020). UNIDADES DE MEDIDA Super fácil - Para principiantes | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=4e-dsOgOIrA> |
| Transporte y recepción de muestras | Pensamiento ambiental (2016). Transporte y manejo de residuos peligrosos de la norma {nfpa} - pensamiento ambiental (epa) | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=Jkmq6PRsqgI> |
| Parámetros “in situ” para agua y suelo | Litoral en acción (2019). Toma de muestras para análisis de agua | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=DInTpLJycJ0> |
| Toma de muestras de suelo | Civitutor UAQ (2018). Procedimiento Para Exploración y Muestreo de Suelos: Muestras alteradas e Inalteradas de Suelos | Video | <https://www.youtube.com/watch?v=zWplFBsC1tI> |

Glosario

**Aforo de caudal**: cantidad de un fluido que atraviesa una sección en un determinado de tiempo es conocido como la tasa de flujo. En particular flujo volumétrico (Q) es el volumen de un fluido que circula en una sección por unidad de tiempo, y sus unidades son el m3/s.

**Análisis físico y químico del agua**: son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

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

**Cuerpos o cursos de agua**: aquellos cauces o almacenamientos de agua como: arroyos, quebradas, ríos, lagos, lagunas, pantanos, humedales y acuíferos que conforman el sistema hidrográfico de una cuenca geográfica.

**Embalse**: los embalses constituyen lagos o lagunas artificiales creados por el hombre para almacenar agua, usualmente con el propósito de generación de electricidad, aunque también para prestar otros servicios como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua y para riego.

**Monitoreo**: proceso de muestreo del sistema de suministro de agua para consumo humano, que cubre espacio, tiempo y frecuencia en los puntos concertados.

**Muestra**: toma puntual de agua en los puntos de muestreo concertados, que refleja la composición física, química y microbiológica representativa del momento.

**Perfil del suelo**: exposición vertical de horizontes de un suelo individual que son el resultado de la edafogénesis durante el período de formación del suelo.

**Pozo**: agujero o perforación excavado o taladrado en la tierra para extraer agua subterránea.

**Representatividad**: lapso de 10 minutos, dentro de los cuales se toma la muestra y contramuestra de agua en el dispositivo instalado en el sitio de monitoreo, concertado entre vigilancia y control.

Referencias bibliográficas

Departamento de orientación del territorio vivienda y medio ambiente gobierno vasco (1998). Guía Metodológica Investigación de la contaminación del suelo – Toma de muestras. <https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/investigacion_cont_suelo/es_doc/adjuntos/01.pdf>

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos. Aguas sedimentos y organismos. <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>

Instituto Nacional de Vías (2012). Conservación y transporte de muestras de suelos (E-103). <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-103-13.pdf>

Resolución 2115 de 2007 [Ministerio de Protección Social y Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Junio 22 de 2007

Servicio nacional de aprendizaje (2013). Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos. <https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/2785/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf;jsessionid=4336C2265C7E26D38CEEC631C900D3D9?sequence=1>

Créditos

| Nombre | Cargo | Regional y Centro de Formación |
| --- | --- | --- |
| Claudia Patricia Aristizábal | Líder del Ecosistema | Dirección General |
| Rafael Neftalí Lizcano Reyes | Responsable de Línea de Producción | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Diana Carolina Triana Guarnizo | Instructor | Centro de Gestión Industrial |
| Juan Carlos Cárdenas Sánchez | Instructor | Centro de Gestión Industrial |
| Fabián Leonardo Correa Díaz | Diseñador Instruccional | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Ana Catalina Córdoba Sus | Diseñador Instruccional | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Juan Daniel Polanco | Diseñador de Contenidos Digitales | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Francisco José Lizcano Reyes | Desarrollador “Fullstack” | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Camilo Andrés Bolaño Rey | Locución | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Wilson Andrés Arenales Cáceres | Storyboard e Ilustración | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Carmen Alicia Martínez Torres | Animador y Productor Multimedia | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Emilsen Alfonso Bautista | Actividad Didáctica | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Zuleidy María Ruíz Torres | Validador de Recursos Educativos Digitales | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Luis Gabriel Urueta Álvarez | Validador de Recursos Educativos Digitales | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |
| Daniel Ricardo Mutis | Evaluador para Contenidos Inclusivos y Accesibles | Centro Industrial del Diseño y la Manufactura - Regional Santander |