**PERFIL OCUPACIONAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE**

# GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2

Estándar de Competencia 2 (EC2): Potabilizar agua de fuentes subterráneas cumpliendo con la normativa vigente.

2022

OTASS
ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

# GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2

Estándar de Competencia 2 (EC2): Potabilizar agua de fuentes subterráneas cumpliendo con la normativa vigente.

## PERFIL OCUPACIONAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE

**GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2**
**ESTÁNDAR DE COMPETENCIA 2 (EC2):**
POTABILIZAR AGUA DE FUENTES SUBTERRÁNEAS CUMPLIENDO CON LA NORMATIVA VIGENTE

**Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS)**
Director ejecutivo: Héctor Barreda Domínguez.
Calle Germán Schreiber 210, oficina 101,
San Isidro, Lima, Perú.
Teléfono: (+51) (1) 5002090.
otass@otass.gob.pe
www.otass.gob.pe

**Con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza - SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto PROAGUA II**
Responsable: Ingmar Obermann - Director de Área Ciudades Sostenibles

**Contenido**
Ing. Raúl Otero Arrunátegui

**Coordinación, revisión y edición de contenido**
Julio Venero Farfán, Pedro Chiroque Cruz y Porfirio Corimanya Barrio de Mendoza

**Corrección de estilo**
Marita Obregón Rossi

**Fotografías**
©GIZ / Ing. Raúl Otero Arrunátegui.

**Revisión técnica**
Tito Abad Suárez y Vladimir Laura Delgado

**Diseño y diagramación**
Periférica
www.periferica.com.pe

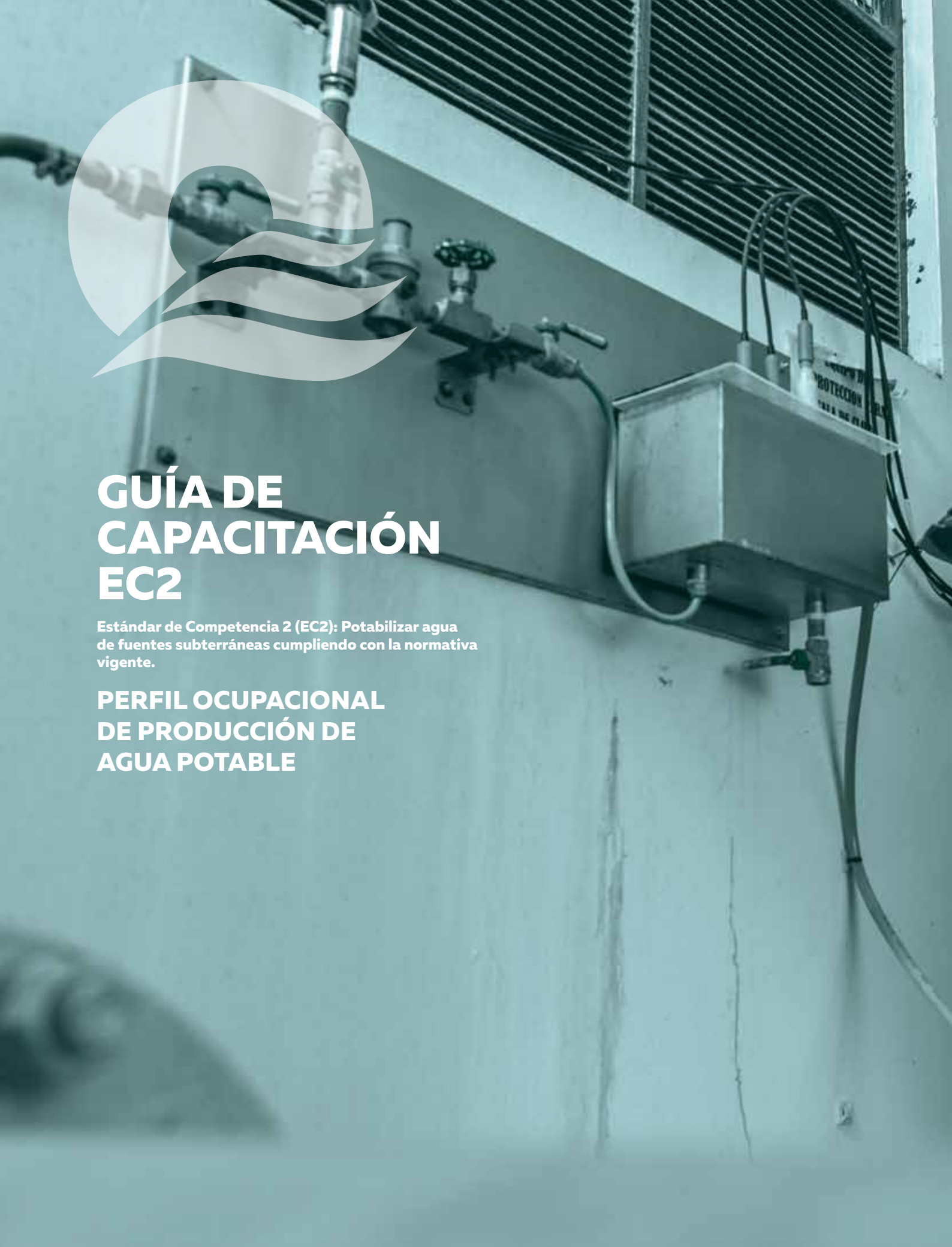
**Primera edición**
Noviembre 2022.

**Tiraje**
250 ejemplares.

**HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ N.° 2022-10997**

**Impresión**
Vértice Consultores Gráficos SAC
Av. Boulevard 1040, ate

Se terminó de imprimir en noviembre del 2022 en Lima, Perú.



# GUÍA DE CAPACITACIÓN EC2

**Estándar de Competencia 2 (EC2): Potabilizar agua de fuentes subterráneas cumpliendo con la normativa vigente.**

## PERFIL OCUPACIONAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE

# PRÓLOGO

La Política Nacional de Saneamiento tiene como objetivo principal "alcanzar el acceso universal, sostenible y de calidad a los servicios de saneamiento". Para lograrlo, las empresas de servicios de saneamiento necesitan contar con personal calificado y competente para atender las exigencias y necesidades concretas que requiere su trabajo. El Estado aprobó que una de las principales funciones del Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) fuera "fortalecer las capacidades de las empresas prestadoras públicas de accionariado municipal".

Con este propósito, el OTASS prioriza fortalecer cada una de las competencias y capacidades del personal de las EPS mediante la Certificación de Competencias y la capacitación de cierre de brechas encontradas como resultado de las evaluaciones de Certificaciones de Competencias durante el periodo 2018-2019.

En ese marco, con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo y la Cooperación Suiza – SECO, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto PROAGUA II, se han elaborado las siguientes guías de capacitación para contribuir al cierre de brechas del personal técnico operativo de las EPS con los perfiles ocupacionales de Producción y Distribución de Agua Potable, así como de Recolección y Tratamiento de Aguas Residuales.

A continuación, la guía de capacitación del perfil ocupacional de Producción de Agua Potable está compuesta de dos estándares de competencia, el primero contempla: "Potabilizar agua de fuentes superficiales de acuerdo con los procedimientos de la empresa y cumpliendo la normatividad vigente", y el segundo: "Potabilizar agua de fuentes subterráneas, cumpliendo con la normativa vigente".

**Héctor Barreda Domínguez**
Director ejecutivo del OTASS

# INTRODUCCIÓN

La presente guía ha sido elaborada con la finalidad de proporcionar a los operadores de las EPS los conocimientos básicos concernientes a la operación de pozos profundos para abastecimiento público, los cuales les permitirán desarrollar habilidades y destrezas para el desempeño eficiente de sus funciones.

La operación del equipamiento de las instalaciones de potabilización subterránea es de mucha importancia y responsabilidad ante la comunidad dado que la salud de la población y su desarrollo social y económico dependen en gran parte de tener un suministro seguro y confiable de agua potable; además, los equipos de bombeo de las instalaciones de abastecimiento subterráneo presentan cierto grado de especialización y requieren de un correcto y continuo monitoreo de control para garantizar su eficiencia. Si el operador no está en el lugar que le corresponde o no tiene los conocimientos necesarios para resolver las eventualidades o fallas más comunes, esto puede desencadenar en la pérdida del equipamiento y la consiguiente paralización de la fuente de abastecimiento de agua potable.

La guía está dividida en tres módulos:

- Operación de equipos electromecánicos para la potabilización de agua subterránea.
- Cloración del agua subterránea.
- Seguridad y salud en el trabajo en la realización de actividades de potabilización de agua subterránea.

## Finalidad

Orientar al operador en los temas relevantes del Estándar de Competencia 2 (EC2): Potabilizar agua de fuentes subterráneas.

## Objetivo general

Contribuir al desarrollo de las capacidades del operador en el manejo correcto de los contenidos teóricos, que permitan abordar los temas durante el proceso de certificación para el Estándar de Competencia 2 (EC2): Potabilizar agua de fuentes subterráneas.

## Objetivos específicos

- Proporcionar al personal responsable de las maniobras en las estaciones de bombeo con fuentes subterráneas el conocimiento para la operación de las instalaciones de bombeo, a fin de lograr que los procesos sean ejecutados de manera eficiente y segura.

- Estar preparado para actuar de manera organizada y eficiente ante cualquier situación que se presente durante el desarrollo de sus actividades.

## Alcance

La presente guía está dirigida al personal técnico operativo responsable de la operación de estaciones de bombeo con fuentes subterráneas.

# MÓDULO 1

# OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS

# CONTENIDO


1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO 15

2. CONTENIDO DEL MÓDULO 15

3. OPERACIÓN DE INSTALACIONES PARA LA EXTRACCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA 15
- 3.1. POZO PROFUNDO 15
- 3.2. CONO DE ABATIMIENTO 16
- 3.3. CAUDAL 17
- 3.3.1. CAPACIDAD ESPECÍFICA 17
- 3.4. EQUIPOS DE BOMBEO DE POZOS PROFUNDOS 17
- 3.4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES 17
- 3.4.2. LA BOMBA 17
- 3.4.2.1. TIPOS DE BOMBAS 17
- 3.4.2.2. DIFERENCIAS 17
- 3.4.2.3. BOMBA DE POZO PROFUNDO 18
- 3.4.2.4. PARTES PRINCIPALES DE LA BOMBA 18
- 3.4.3. EL MOTOR 21
- 3.4.3.1. MOTORES DE SUPERFICIE 21
- 3.4.3.2. MOTORES SUMERGIBLES 22
- 3.4.4. SISTEMA ELÉCTRICO 23
- 3.4.4.1. ARRANCADOR 24
- 3.4.5. TABLERO DE CONTROL 24
- 3.4.6. TRANSFORMADORES 24

4. OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS 24
- 4.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD 24
- 4.1.2. LA LEY DE OHM 25
- 4.1.3. APLICACIONES DE LA LEY DE OHM 27
- 4.1.4. CONDICIONES EXTREMAS EN LA LEY DE OHM 27
- 4.1.5. LEY DE OHM Y LA POTENCIA 27
- 4.1.6. VOLTAJE 28
- 4.1.6.1. EL VOLTÍMETRO 28
- 4.1.6.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL VOLTÍMETRO 28
- 4.1.6.3. TIPOS DE VOLTÍMETROS 29
- 4.1.7. CORRIENTE 30
- 4.1.7.1. AMPERÍMETROS ANALÓGICOS 30
- 4.1.7.2. AMPERÍMETROS TÉRMICOS 30
- 4.1.7.3. AMPERÍMETROS ELECTROMECÁNICOS 31
- 4.1.7.4. AMPERÍMETROS DIGITALES 31

4.1.8. RESISTENCIA 31
4.1.9. POTENCIA 32
4.1.10. FRECUENCIA 32
4.1.10.1. FRECUENCÍMETRO 32

5. MEDICIÓN Y CONTROL DE CAUDALES, PRESIÓN Y TEMPERATURA 33
5.1. CAUDAL 33
5.1.1. CONTADORES ELECTROMAGNÉTICOS 33
5.1.2. CONTADORES POR ULTRASONIDOS 33
5.2. PRESIÓN 34
5.2.1. PRESIÓN ABSOLUTA 34
5.2.2. PRESIÓN ATMOSFÉRICA 34
5.2.3. PRESIÓN RELATIVA 35
5.2.4. LOS MEDIDORES DE PRESIÓN 35

6. MEDIDAS A TOMAR DURANTE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS EN POZOS PROFUNDOS 35
6.1. PRINCIPALES MEDICIONES Y REGISTROS QUE DEBE TENER EN CUENTA EL OPERADOR DE POZO 35
6.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS MÍNIMAS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN LA OPERACIÓN DE POZO PROFUNDO 36
6.3. PASOS A SEGUIR PARA PONER EN FUNCIONAMIENTO EL POZO 36

7. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS 37
7.1. LA BOMBA NO ARRANCA 37
7.2. LA BOMBA ARRANCA PERO NO DESCARGA 37
7.3. PRUEBAS QUE SE DEBEN APLICAR PARA FACILITAR EL DIAGNÓSTICO 37

8. OPERACIÓN DE VÁLVULAS: VÁLVULAS MANUALES, TIPO COMPUERTA Y MARIPOSA, VÁLVULAS INTELIGENTES, USO Y OPERACIÓN 38
8.1. VÁLVULA BOLA 38
8.2. VÁLVULA DE COMPUERTA 39
8.3. VÁLVULA GLOBO 39
8.4. VÁLVULA MARIPOSA 40
8.5. VÁLVULA DE ALTITUD 41

9. RESUMEN DE IDEAS 41

10. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 43

11. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 49

FIGURAS


Figura 1: Disposición típica de pozo de agua profundo. 16
Figura 2: Electrobomba sumergible y bomba de eje vertical respectivamente. 18
Figura 3: Componentes de una bomba sumergible. 19
Figura 4: 02 tipos de columnas e impulsores. 20
Figura 5: Cabezal de descarga. 21
Figura 6: Componentes de motor eléctrico vertical/horizontal. 22
Figura 7: Disposición típica de un pozo con electrobomba sumergible. 23
Figura 8: Nomenclatura de Potencia, Voltaje, Corriente y Resistencia. 25
Figura 9: Ley de Ohm. 25
Figura 10: Ley de OHM en función de la Corriente (I). 26
Figura 11: Ley de OHM en función de la Voltaje (V). 26
Figura 12: Ley de OHM en función de la Resistencia (R). 26
Figura 13: Representación de circuito abierto y cerrado. 27
Figura 14: Representación de variables de la ley de Ohm y la Potencia. 28
Figura 15: Voltímetro analógico. 29
Figura 16: Voltímetro digital. 29
Figura 17: Amperímetro análogo. 30
Figura 18: Amperímetro electromagnético. 31
Figura 19: Amperímetro digital. 31
Figura 20: Frecuencímetro análogo. 32
Figura 21: Frecuencímetro digital. 32
Figura 22: Principio de medición con caudal magnético. 33
Figura 23: Principio y disposición de los medidores por ultrasonidos. 34
Figura 24: Válvula bola. 39
Figura 25: Componentes de válvula compuerta. 39
Figura 26: Componentes de válvula globo. 40
Figura 27: Componentes de válvula tipo mariposa. 41
Figura 28: Válvula de altitud abierta. 41
Figura 29: Válvula de altitud cerrada. 41

# 1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO

El objetivo de este módulo es proporcionar una comprensión general de las tareas que definen la operación de las instalaciones de tratamiento para la potabilización de agua subterránea.

Al finalizar el módulo, los participantes deberán ser capaces de:

- Leer e interpretar parámetros eléctricos de operación de equipos electromecánicos que intervienen en el tratamiento del agua subterránea.
- Diagnosticar el estado de los equipos electromecánicos que intervienen en la operación del tratamiento de agua subterránea.
- Operar los diferentes tipos de válvulas utilizados en la operación del tratamiento del agua subterránea.

# 2. CONTENIDO DEL MÓDULO

- Operación de instalaciones para la potabilización del agua subterránea.
- Conceptos básicos de electricidad: voltio, amperio, potencia eléctrica, ley de Ohm, voltímetro, amperímetro, kilovatímetro, frecuencímetro.
- Diagnóstico de equipos electromecánicos: cavitación, fuga, sobrecalentamiento, vibración, sobrepresión, vida útil.
- Operación de válvulas: válvulas manuales, tipo compuerta y mariposa, válvulas inteligentes, uso y operación.
- Flujómetros: tipos de medidores, caudal y volumen.

# 3. OPERACIÓN DE INSTALACIONES PARA LA EXTRACCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

## 3.1. Pozo profundo

Es una perforación vertical que se hace en el terreno, tiene forma cilíndrica y su diámetro es mucho menor que su profundidad. Una vez hecha la perforación se instala un tubo vertical dentro de ella, el cual tiene unas secciones de tubería llamadas filtros que se instalan en frente de los acuíferos para que el agua penetre y pueda ser bombeada a la superficie del terreno. En la figura 1 se pueden observar los diferentes parámetros hidráulicos de un pozo profundo.

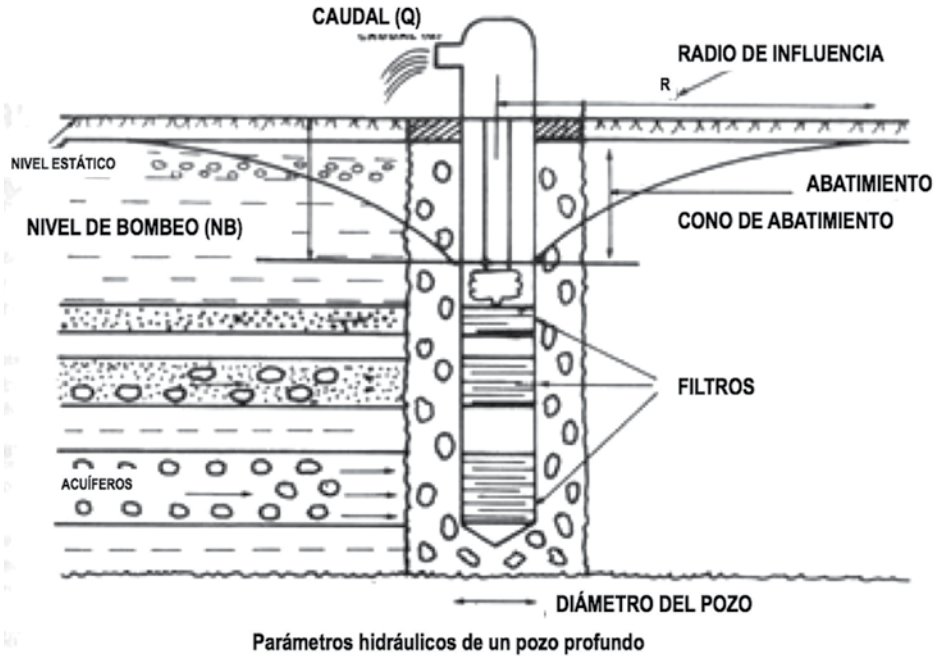



Figura 1: Disposición típica de pozo de agua profundo.

## 3.2. Cono de abatimiento

Cuando un pozo se bombea, el agua fluye hacia él a través de los filtros; esto hace que el nivel del agua baje rápidamente estableciéndose un alto gradiente hidráulico que permite que el agua se mueva hacia este en forma radial.

La superficie piezométrica o la línea que une los niveles del agua cuando se bombea después de un largo tiempo toma la forma de un cono invertido fijando el pozo como centro o eje, comúnmente llamado cono de abatimientos o de descensos.

Cuando un pozo se bombea, se pueden medir los siguientes parámetros:

**Nivel estático (NE):** Es la distancia vertical entre el nivel del terreno y el nivel del agua en el pozo antes de iniciar el bombeo.

**Nivel de bombeo (NB) o nivel dinámico:** Es la distancia vertical entre el nivel del terreno y el nivel del agua después de iniciado el bombeo.

**Abatimiento (s):** Es el descenso del nivel del agua que presenta un pozo cuando se bombea. Es la distancia vertical entre el nivel de bombeo y el nivel estático y se designa como s.

**s = nivel de bombeo -- nivel estático**

El abatimiento se conoce también como nivel dinámico.

## 3.3. Caudal

Es la cantidad de agua que se extrae por unidad de tiempo de un pozo. Se designa como Q. Las unidades más utilizadas en su medición son: litros por segundo (l/s), galones por minuto (GPM) y metros cúbicos por hora ($m^3$/hora).

### 3.3.1. Capacidad específica

Es el volumen o la cantidad de agua que se produce en el bombeo de un pozo, en un acuífero, por cada metro (o unidad de longitud) que desciende el nivel del agua dentro de él. Es el cociente entre el caudal bombeado y el abatimiento producido:

$$\text{Capacidad específica} = \frac{Q}{s} = \frac{\text{lts / seg}}{\text{m}}$$

$$\text{Se mide en} \quad \frac{\text{lts / seg}}{\text{m}} = \text{LPS/m}$$

Este es el parámetro más importante a medir y controlar durante la operación de un pozo ya que indica su verdadero estado de rendimiento. En la medida que el valor de este parámetro sea menor, la eficiencia del pozo se reduce en la misma proporción.

## 3.4. Equipos de bombeo de pozos profundos

### 3.4.1. Características generales

Para extraer el agua de un pozo y llevarla a un tanque de almacenamiento o a un sistema de tratamiento de agua potable se necesita de un equipo de bombeo, el cual está compuesto básicamente por dos partes: bomba y motor.

### 3.4.2. La bomba

La bomba es un dispositivo mecánico que se utiliza para llevar o desplazar el agua de un sitio a otro. No desarrolla ninguna energía propia, solo transfiere la fuerza de una fuente de energía para poner el agua o el líquido en movimiento.

#### 3.4.2.1. Tipos de bombas

En los pozos profundos se utilizan dos tipos de bombas.

- Sumergibles
- Turbinas de eje vertical

#### 3.4.2.2. Diferencias

La sumergible está acoplada directamente al motor y todo el conjunto funciona sumergido en el agua dentro del pozo.

La turbina de eje vertical tiene el motor en la superficie del terreno y la transmisión de energía es por medio de ejes verticales. En la figura se observan los dos tipos de bombas.

**Tipo de bombas**

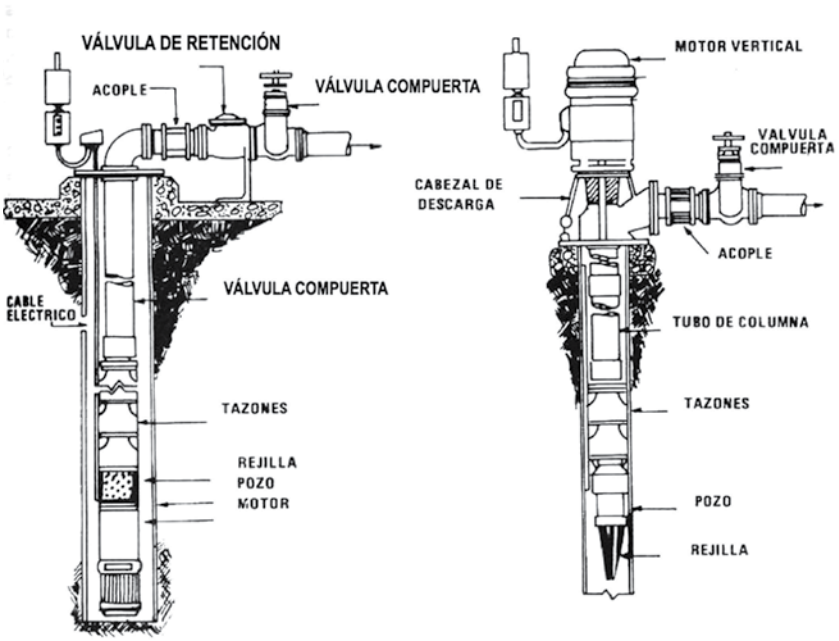



Figura 2: Electrobomba sumergible y bomba de eje vertical respectivamente.

## 3.4.2.3. Bomba de pozo profundo

La bomba de pozo profundo está constituida por un cuerpo de tazones que tiene en su interior unos impulsores acoplados entre sí por medio de un eje. Los impulsores pueden ser cerrados o semiabiertos y son los encargados de elevar el agua cuando giran a una velocidad determinada.

La bomba puede tener uno o varios tazones lo cual depende del caudal a extraer, la altura o carga dinámica total y la velocidad de trabajo.

En sí, un cuerpo de tazones o la bomba propiamente dicha es la que se acopla a un motor eléctrico sumergible o a un motor eléctrico o de combustión interna en la superficie. La diferencia está en los acoples al motor y los accesorios adicionales que tiene la turbina de eje vertical al estar el motor en la superficie del terreno.

## 3.4.2.4. Partes principales de la bomba

### Cuerpo de tazones

Un cuerpo de tazones está compuesto por partes móviles y partes fijas.

- Partes móviles: impulsores y ejes.
- Partes fijas: tazones, bujes, anillos de fricción, cojinetes y sellos.

En la figura 3 se pueden observar los cuerpos de tazones para los dos tipos de bomba, sus partes principales, las partes que son similares y sus diferencias.

En el cuerpo de tazones de una turbina de eje vertical se identifican tres elementos:
- Tazón de succión: Induce el flujo hacia los impulsores.
- Tazones intermedios: Contienen los impulsores.
- Tazón de descarga: Conduce el agua a la tubería de descarga.

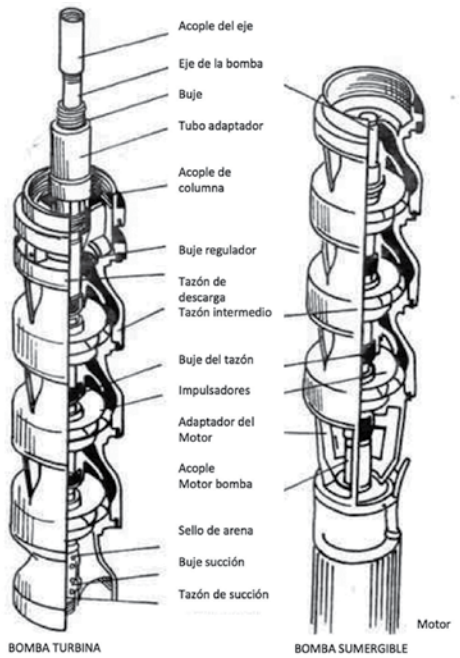
## Impulsores

Los impulsores tienen dos características propias:
- Caudal que es capaz de impulsar.
- Presión que le puede suministrar a este caudal.

El número de tazones intermedios o impulsores tiene incidencia sobre la presión pero no sobre el caudal. El caudal a bombear está determinado por el diámetro del impulsor y la velocidad a la cual va a girar. La presión total disponible está determinada por el número de impulsores.

Los tazones son hechos de hierro fundido, los impulsores de bronce, el eje es de acero inoxidable y los bujes, anillos y cojinetes son de bronce.

La bomba sumergible no tiene tazón de succión ni de descarga, el agua entra por la rejilla de admisión que se instala entre la bomba y el motor, esta rejilla es de acero inoxidable y está diseñada para permitir la entrada del agua que produzca la bomba. Tiene en su parte inferior un acople de acero inoxidable para unirlo al motor sumergible. Por encima del impulsor superior se conecta mediante rosca a la tubería de conducción del agua.




**Cuerpo de tazones**

Figura 3: Componentes de una bomba sumergible.

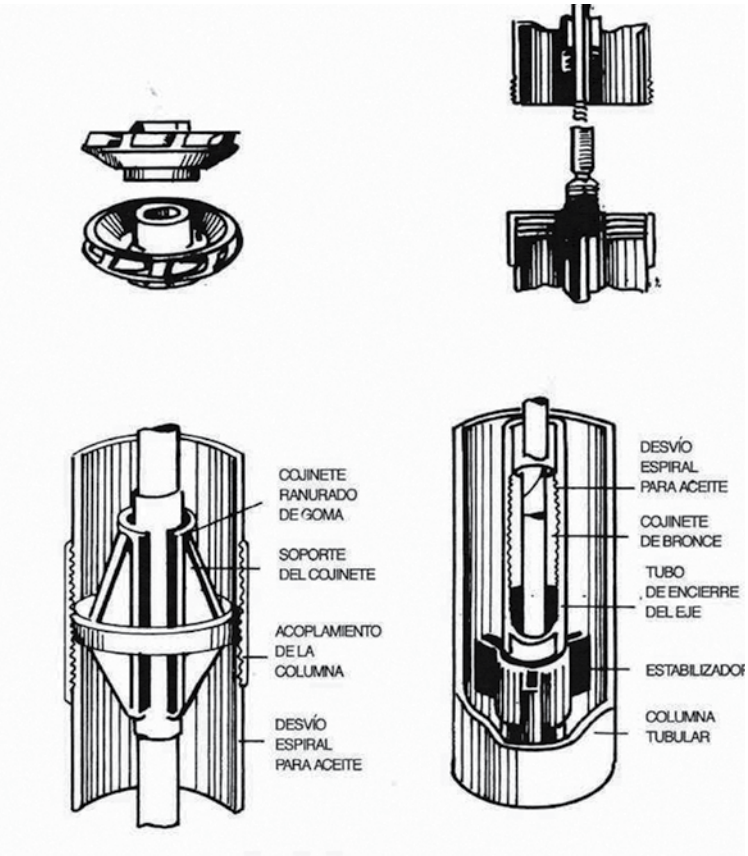
## Tubería de conducción o columna

Generalmente es de un diámetro un poco menor o en ocasiones igual al diámetro del cuerpo de tazones. Esta tubería de conducción es simplemente un tubo de acero que conduce el agua hasta la superficie del terreno. Aloja en su parte interior los ejes verticales, en caso de ser una turbina de eje vertical.

## Ejes

Las bombas turbinas, a diferencia de las sumergibles, tienen unos elementos que son los encargados de transmitir la potencia desde el motor que se encuentra en la superficie hasta el cuerpo de tazones que funciona sumergido en el agua del pozo. Estos elementos son los ejes y son de acero inoxidable.

Como este eje es continuo verticalmente hasta la superficie y se instala por dentro de la tubería de conducción (columnas), va a estar en contacto con el agua que se bombea. Por esta razón y para evitar un desgaste rápido por arrastre de materiales abrasivos, como arena y aguas corrosivas, se les ha diseñado una protección adicional. Existen dos tipos de ejes: ejes lubricados por aceite y ejes lubricados por agua, también llamados columnas lubricadas por aceite y columnas lubricadas por agua, porque los ejes van dentro de las columnas o tubos de conducción del agua. Al conjunto tubo y eje se le llama columna. En la figura 4 se observan los dos tipos de columnas y los impulsores.




**Tipos de columnas de bombas turbina y los impulsores**

Figura 4: 02 tipos de columnas e impulsores.

En las bombas con columnas lubricadas por aceite, los ejes no están en contacto con el agua que se bombea, sino que están protegidos por una funda de acero; su lubricación se hace con aceite que se aplica desde la superficie con un dispositivo llamado **cuentagotas**. El aceite baja por entre la funda y el eje y es expulsado al pozo por el cuerpo de tazones. Por esta razón, a pesar de que garantizan una mayor durabilidad de los ejes, en la actualidad no se está permitido su uso en pozos de abastecimiento público porque el aceite consumido contamina el agua del pozo, este aceite es muy nocivo para la salud humana.

Los pozos de abastecimiento público tienen instaladas bombas turbinas que son lubricadas por agua.

### Cabezal de descarga

Este elemento tiene la función de soportar toda la tubería de conducción o columnas de descarga y el cuerpo de tazones. Es construido en hierro gris fundido y además produce el cambio de dirección del agua bombeada de vertical a horizontal. Es la parte visible de una bomba de pozo profundo sobre la cual se acopla el motor eléctrico vertical o, en su ausencia, un engranaje de transmisión en ángulo recto. Este cabezal se apoya sobre la base de concreto del pozo y es de eje hueco para permitir el paso del eje de la bomba a través de su cuerpo. Este eje se acopla encima del engranaje del motor por medio de una cuña y una tuerca tensora que permite graduar la posición de los impulsores dentro de los tazones. En la figura 5 se observa el cabezal de descarga y sus acoples al motor vertical o al engranaje de transmisión.

Figura 5: Cabezal de descarga.

En las bombas sumergibles, el conjunto motor, bomba y tubería de conducción se sostiene con una abrazadera de acero resistente que se apoya en la base de concreto del pozo, allí se conecta mediante un ángulo de 90° a la tubería de descarga, o de conducción del agua al tanque de almacenamiento o a la planta de tratamiento.

## 3.4.3. El motor

El motor es un equipo que transforma la energía eléctrica o de combustión en energía mecánica. Hace girar la bomba a su misma velocidad.

### 3.4.3.1. Motores de superficie

Los motores más utilizados para accionar estas bombas son:

- Eléctricos verticales
- Eléctricos horizontales
- Diésel. Se utiliza más que todo en pozos agrícolas.

Los motores eléctricos verticales se acoplan directamente al cabezal de descarga, son muy eficientes y silenciosos, razón por la cual son los más recomendables a instalar con este tipo de bombas en pozos de abastecimiento público. Los motores horizontales son también muy eficientes pero son más ruidosos por su unión cardánica y engranaje de piñones, además necesita de un elemento adicional, el engranaje, que tiene un costo alto y requiere de mantenimiento.

En la figura 6 se pueden observar las partes de un motor eléctrico horizontal.

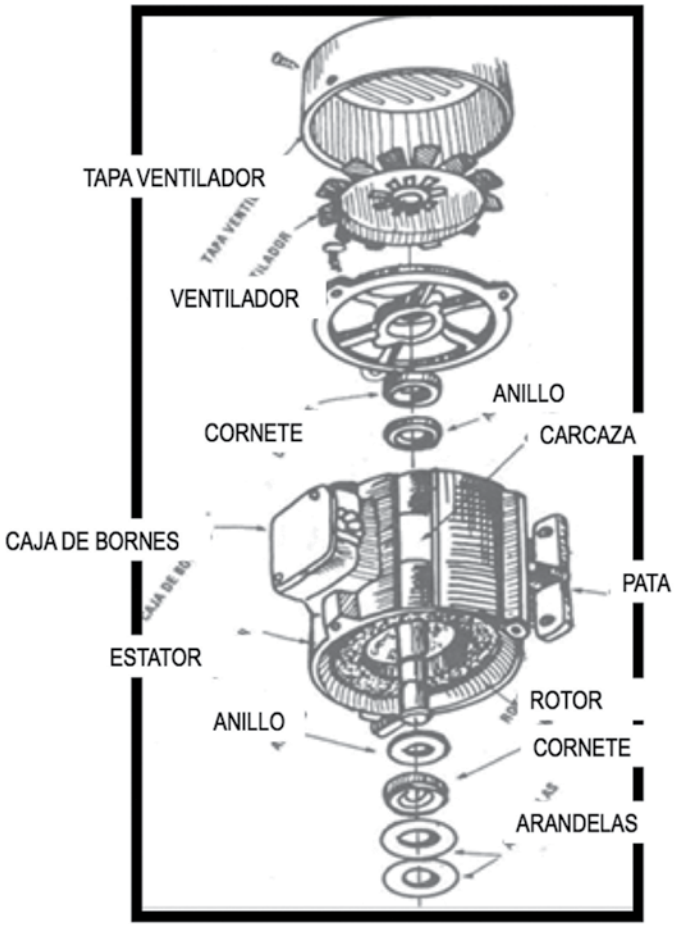



Figura 6: Componentes de motor eléctrico vertical/horizontal.

### 3.4.3.2. Motores sumergibles

El motor sumergible es un medio de potencia seguro y eficiente para la bomba. Sus requisitos para una larga vida son sencillos:

- Un ambiente de operación apropiado
- Una fuente de energía adecuada
- Un flujo apropiado del agua sobre el motor para su enfriamiento

La instalación eléctrica de un motor sumergible tiene características muy particulares, por lo tanto, los controles y protecciones eléctricas que necesita son importantes para su buen funcionamiento. Muchas veces estas características no son tenidas en cuenta al seleccionar e instalar el motor y su arrancador, originando un elevado número de fallas eléctricas que normalmente no se deberían presentar.

### Características de un motor sumergible

- Diseño y construcción mecánica diferente, es largo y de pequeño diámetro.
- El enfriamiento se hace con el agua que se bombea.
- Motor costoso y reparación costosa.

- Las protecciones eléctricas deben mantener en un mínimo las posibilidades de avería.
- Las condiciones de servicio de energía eléctrica generalmente son inestables, con voltajes que bajan hasta el 10% o más del normal perjudicando el motor y el arrancador, exigiendo arrancadores más grandes y control del voltaje.
- El motor, una vez instalado, trabaja permanentemente fuera del alcance visual, auditivo y táctil del operador, lo cual imposibilita la vigilancia directa de su funcionamiento. Solo es posible medir desde la superficie la corriente y el voltaje de trabajo, mas no así la temperatura que es una variable muy importante a tener en cuenta.

En la figura 7 podemos observar una instalación completa de un pozo profundo con bomba sumergible y el sistema eléctrico.

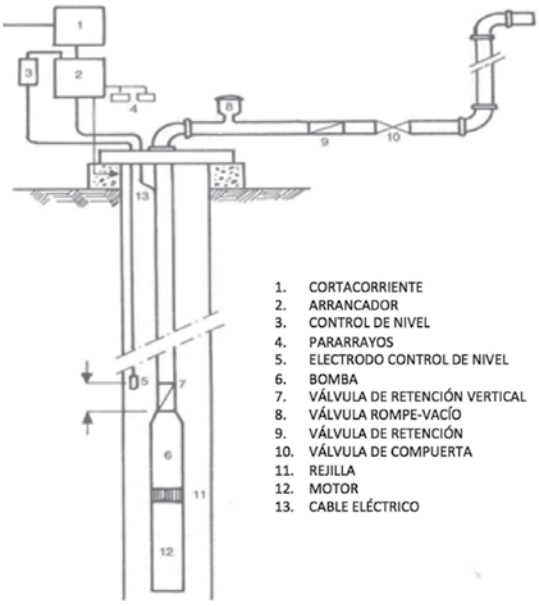
La extracción del motor y la bomba solo con la intención de revisarlo es una tarea larga y de cuidado, se necesita personal especializado, equipo y herramienta costosa, además de tener que suspender el servicio durante varias horas o quizás días.

Contar con una electrobomba de repuesto disponible para este tipo de emergencias es poco probable, el funcionamiento debe ser lo más confiable posible para que las fallas y revisiones se reduzcan al mínimo.

Los elementos que se utilizan para el control eléctrico en un pozo son variados y dependen del tipo de funcionamiento del motor. Sin embargo, hay algunos elementos esenciales con los que sí se deben contar y se verán a continuación.

## 3.4.4. Sistema eléctrico

Los arrancadores electrónicos son equipos electrónicos tiristorizados que, mediante el control de las tres fases del motor asíncrono, regulan la tensión y corriente durante su arranque y parada, realizando un control efectivo para proteger al motor y a la máquina con un sistema muy completo.




**Instalación pozo con bomba sumergible**

Figura 7: Disposición típica de un pozo con electrobomba sumergible.

Para los motores eléctricos de pozos, el sistema está compuesto básicamente por el arrancador que es del tipo estrella triángulo provisto con todas las protecciones necesarias. La única protección adicional e importante es un relé eléctrico contra inversión de giro y marcha en dos fases, que es el problema más común que presentan los motores eléctricos de superficie.

Asimismo, tenemos arrancadores suaves y con variador de velocidad.

#### 3.4.4.1. Arrancador

Es el elemento instalado entre un motor y la acometida eléctrica y cuya función es el arranque o parada del motor; adicionalmente, protege el motor contra sobrecargas internas o externas ajenas al equipo. Normalmente están compuestos por uno o más contactores y un relé térmico.

Los arrancadores pueden ser directos, utilizados para motores monofásicos o trifásicos hasta de 9 HP con tensión de 110 a 440 voltios, o de estrella-triángulo, los cuales arrancan el motor inicialmente en una forma de conexión llamada estrella y, posteriormente, ya en régimen, se conecta en triángulo; al inicio de la operación, el motor produce el 100% de la intensidad nominal y posteriormente la reduce al 58% y se utiliza en motores de 12 HP o mayores.

### 3.4.5. Tablero de control

Cuando se requiere del funcionamiento de una o más bombas, es necesario instalar un elemento de control y mando para el arranque y apagado de cada uno de los motores, mediante un tablero de control.

Entre los elementos de señalización que poseen los tableros, podemos mencionar las lámparas, voltímetros, amperímetros, horómetros, frecuencímetro.

### 3.4.6. Transformadores

Debido a que los motores de los pozos requieren de características especiales de operación, se utilizan los transformadores para modificar la tensión de la corriente. Los transformadores pueden estar ubicados en postes o sobre soportes especiales en el piso.

## 4. OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS

### 4.1. Conceptos básicos de electricidad

La energía eléctrica es una forma de energía resultante de la diferencia de potencial que existe entre dos puntos, al conectarse una carga se producirá una corriente; cuando se hace uso de ella puede transformarse en energía mecánica, luminosa y térmica, entre las más destacables.

Para conocer de manera más detallada la importancia, el funcionamiento y las precauciones que deben tomarse al manipular algún equipo, instalación o sistema eléctrico, es relevante saber y comprender de forma precisa los conceptos básicos de la electricidad.

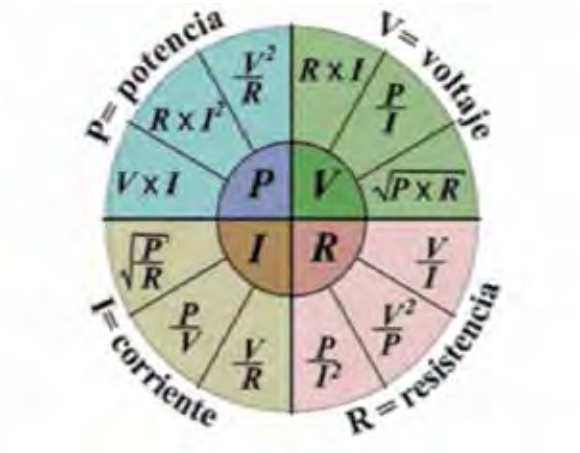



Figura 8: Nomenclatura de Potencia, Voltaje, Corriente y Resistencia.

## 4.1.2. La ley de Ohm

La ley de Ohm explica el comportamiento de la electricidad a través de tres conceptos importantes, como son: la corriente, el voltaje y la resistencia eléctrica. Esta ley fue propuesta por el físico y matemático Georg Simon Ohm, y es básica para entender los fundamentos de la electricidad y electrónica. El símbolo por el que se le conoce es **Ω**.

Figura 9: Ley de Ohm.

Si despejamos la fórmula podemos ser capaces de saber el valor de cualquiera de estos tres elementos antes de tener el circuito armado en nuestras manos y también podremos comprenderla de mejor manera.

$$I = V/R$$

La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica.

Figura 10: Ley de OHM
en función de la Corriente (I).

$$V = I*R$$

Para calcular el voltaje tenemos que multiplicar la corriente por la resistencia.

$$R = V/I$$

Figura 11: Ley de OHM
en función de la Voltaje (V).

Para calcular la resistencia de un circuito tenemos que dividir el voltaje entre la corriente.

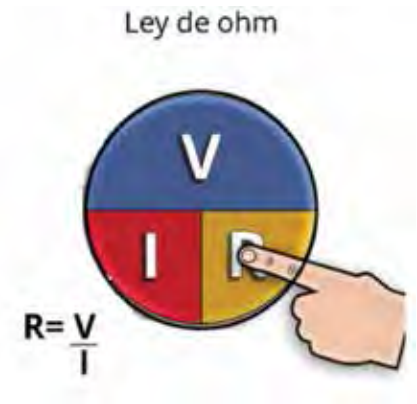



Figura 12: Ley de OHM
en función de la Resistencia (R).

## 4.1.3. Aplicaciones de la ley de Ohm

Las aplicaciones de esta ley son prácticamente ilimitadas ya que se emplea en cualquier circuito que requiera de electricidad para funcionar. El ejemplo más común es un circuito con una resistencia y una fuente de alimentación de voltaje. Aunque en muchas ocasiones tendremos circuitos mucho más complejos, solo es cuestión de simplificarlo hasta encontrar la resistencia total del circuito para que sea más fácil de calcular.

## 4.1.4. Condiciones extremas en la ley de Ohm

Existen dos posibles condiciones fuera de lo común dentro de esta ley, las cuales se consideran con efectos negativos a los circuitos, estas son:

- **Cortocircuito:** Esta probablemente es la más destructiva ya que todos los componentes eléctricos tienen cierto rango de tolerancia a la corriente. Cuando ocurre un corto circuito, la corriente se iguala al voltaje y esto termina por quemar los componentes ya que estos tienen un menor rango de aceptación a la corriente que al voltaje. Un corto circuito también puede ocurrir por un chispazo que puede ser mortal.

- **Circuito abierto:** Esta condición no es tan destructiva ya que la resistencia tiende a infinito y como explica la ley de Ohm: entre mayor resistencia, menor corriente. El circuito no es capaz de conducir corriente eléctrica.

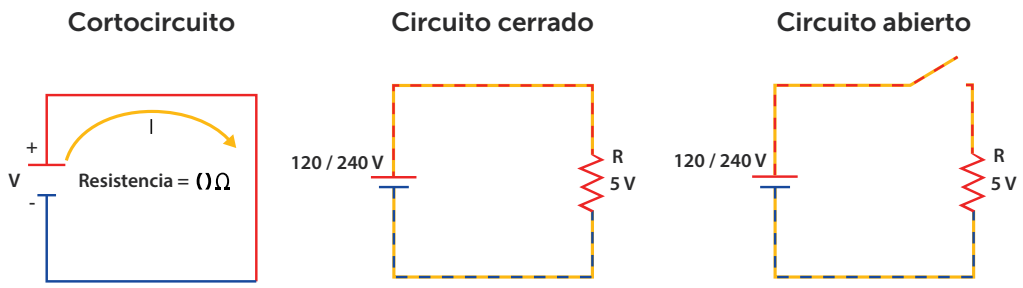



Figura 13: Representación de circuito abierto y cerrado.

## 4.1.5. Ley de Ohm y la potencia

Existe una forma más completa para calcular los circuitos eléctricos en su totalidad, ya que en algunas situaciones se cuenta con partes de la información pero no con los datos completos. A veces solo se tienen los datos de la corriente y la resistencia total pero no se sabe el voltaje, con la ley de Ohm solo basta usar una fórmula para conocer el valor de esta incógnita.

Pero ¿qué pasa si en algún momento quiero saber el voltaje y solo tengo el dato de la corriente y no el de la resistencia? Existe una posibilidad más de saber el voltaje, siempre y cuando se tenga un dato extra que es la potencia.

$$V = P/I$$

Figura 14: Representación de variables de la ley de Ohm y la Potencia.

Como podemos observar en la imagen anterior, con tan solo agregar la unidad de la potencia a la ley de Ohm, esta se hace más eficaz porque aumentan las posibilidades de poder calcular los circuitos eléctricos o electrónicos.

## 4.1.6. Voltaje

También es conocido como tensión, fuerza electromotriz o diferencia de potencial; es correcto llamarlo con alguno de estos términos. Se entiende como el trabajo por unidad de carga eléctrica que ejerce sobre una partícula un campo eléctrico, para lograr moverla entre dos puntos determinados; su unidad de medida es el volt o voltio (V).

### 4.1.6.1. El voltímetro

Es el instrumento usado para mediciones eléctricas que determina la tensión, fuerza electromotriz o voltaje entre dos puntos de un circuito. Los más comunes son los voltímetros digitales y los analógicos.

La tensión o voltaje entre dos puntos es el trabajo por unidad de carga necesario para poner en marcha la corriente eléctrica, que es un flujo ordenado de partículas cargadas eléctricamente.

Usualmente en un conductor hecho de cobre u otro metal, este flujo de partículas consiste en electrones libres que se desplazan a través del material.

La unidad más común para medir el voltaje en un voltímetro es el voltio, abreviado V, pero según el aparato y el uso que se le vaya a dar, las escalas pueden medir en submúltiplos de voltio, como milivoltios (mV) o microvoltios (μV).

### 4.1.6.2. Principio de funcionamiento del voltímetro

Los voltímetros de tipo electromecánico, como un multímetro analógico, se basan en el galvanómetro, un aparato que es sensible a pequeñas corrientes.

Hay distintos tipos de galvanómetro, pero el que más se usa es el de D'Arsonval. En su interior hay un imán permanente dentro de una bobina móvil de espiras rectangulares, la cual gira contra un resorte provisto de aguja indicadora, gracias al momento de torsión que aparece cuando le llega corriente.

A mayor corriente, más rotación tiene la bobina, así como la aguja indicadora, la cual puede medirse sobre la escala del instrumento. La corriente medida es proporcional al voltaje que existe en el elemento a medir.

### 4.1.6.3. Tipos de voltímetro

Los voltímetros más usados son, como mencionamos antes, los modelos analógicos y los digitales:

**• Voltímetros analógicos**

Son electromecánicos y se basan en el galvanómetro, como se describió anteriormente. Vienen provistos de varias escalas graduadas, sobre las cuales la lectura medida se indica con una aguja.

Figura 15: Voltímetro analógico.
Fuente: www.electricosgenerales.com.pe

**• Voltímetros digitales**

Son muy cómodos, ya que la lectura se observa directamente en la pantalla del instrumento. A diferencia de un galvanómetro, en el voltímetro digital hay circuitos electrónicos que analizan y amplifican convenientemente las señales recibidas.

Figura 16: Voltímetro digital. Fuente: gamatec.pe

## 4.1.7. Corriente

La corriente eléctrica es producto del flujo de electrones que es excitado por el voltaje, y que se transfiere a través de un conductor que otorga baja oposición al flujo de electrones. Su unidad de medida es el ampere o amperio (A).

El amperímetro es un instrumento de medición compuesto por un galvanómetro y una serie de resistencias conectadas en paralelo, y lo que mide es la corriente eléctrica que pasa por un circuito. La medición del amperímetro se indica como amperes (A).

El galvanómetro está constituido por una aguja indicadora, un resorte, una bobina y dos imanes permanentes, su funcionamiento se basa en el magnetismo. La aguja se une mediante un resorte en forma de espiral al eje de una bobina rectangular, la cual se encuentra suspendida debido al campo magnético de los imanes. Como la bobina está controlada por los polos magnéticos de los imanes, cuando pasa una corriente sobre esta, genera su propio campo magnético lo que hace que gire dependiendo del sentido y la fuerza de esta intensidad eléctrica.

Podemos encontrar gran variedad de amperímetros, la mayoría se clasifican por su construcción, que puede ser mecánica, térmica, digital, analógica.

### 4.1.7.1. Amperímetros analógicos

Este tipo fue uno de los primeros en ser construidos, su funcionamiento se basa en una aguja indicadora la cual se detiene en el número o fracción del valor medido.

### 4.1.7.2. Amperímetros térmicos

Su funcionamiento se basa en la dilatación de un conductor, puesto que la dilatación es proporcional al calor y, de acuerdo con la ley de Joule, el calor es proporcional al cuadrado de la corriente. Este instrumento es capaz de medir corriente alterna o directa, ya que el calor es el mismo para un sentido o para el otro. La corriente pasa a través de una resistencia, que se calienta a medida que fluye la corriente y pasa por un par termoeléctrico el cual está conectado a un galvanómetro.

Figura 17: Amperímetro análogo.

### 4.1.7.3. Amperímetros electromecánicos

Su funcionamiento se basa en el de la bobina con los imanes, solo que existe gran variedad de esta clase.

- De bobina móvil
- De imán móvil
- Ferromagnético o hierro móvil
- Electrodinámicos

Figura 18: Amperímetro electromagnético.

### 4.1.7.4. Amperímetros digitales

Estos instrumentos se originaron con el avance de la tecnología ya que eliminan los errores de lectura, porque las mediciones se visualizan en una pantalla con números y todas las partes móviles se cambiaron por circuitos electrónicos.

Figura 19: Amperímetro digital.

## 4.1.8. Resistencia

La resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

## 4.1.9. Potencia

La potencia eléctrica es la magnitud que indica la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo. Esto significa que la potencia es la cantidad de energía que se entrega por segundo de una fuente de energía a un consumidor.

## 4.1.10. Frecuencia

La frecuencia es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier evento periódico. El periodo es la duración de tiempo de cada evento repetitivo, por lo que el periodo es el recíproco de la frecuencia.

### 4.1.10.1. Frecuencímetro

Es un instrumento que sirve para medir la frecuencia, cuenta el número de repeticiones de una onda en la misma posición en un intervalo de tiempo mediante el uso de un contador que acumula el número de periodos. Dado que la frecuencia se define como el número de eventos de una clase particular ocurridos en un periodo, su medida es generalmente sencilla.

Según el Sistema Internacional de Unidades el resultado se mide en hertzios (Hz).

La mayoría de los contadores de frecuencia funciona simplemente mediante el uso de un contador que acumula el número de eventos. Después de un periodo predeterminado (por ejemplo, 1 segundo), el valor contado es transferido a un *display* numérico y el contador es puesto a cero, comenzando a acumular el siguiente periodo de muestra.

El periodo de muestreo se denomina base de tiempo y debe ser calibrado con mucha precisión.

Figura 20: Frecuencímetro análogo.

Figura 21: Frecuencímetro digital.

# 5. MEDICIÓN Y CONTROL DE CAUDALES, PRESIÓN Y TEMPERATURA

## 5.1. Caudal

El caudal de agua es el volumen, por ejemplo la cantidad de litros, que pasa por una sección específica de la estación de bombeo en un tiempo determinado, por ejemplo segundos.

### 5.1.1. Contadores electromagnéticos

Son técnicamente medidores de tipo velocidad con la diferencia de que aprovechan las propiedades electromagnéticas de la velocidad del flujo del agua, en vez de usar una turbina propulsada por un chorro. Estos contadores usan el principio físico de la ley de inducción de Faraday para la medida.

El funcionamiento consiste en inducir un campo electromagnético en el conducto, y dos sensores miden la tensión eléctrica resultante que es proporcional a la velocidad del fluido.

Figura 22: Principio de medición con caudal magnético.

### 5.1.2. Contadores por ultrasonidos

Los medidores por ultrasonidos sirven para enviar ondas ultrasónicas a través del fluido y así determinar la velocidad del agua.

Existen dos tecnologías para medir por ultrasonidos:

- Los medidores por efecto Doppler que utilizan este efecto para medir la velocidad del agua que pasa a través del contador.
- Los medidores de tránsito que cuentan el tiempo requerido por la señal de ultrasonido entre dos o más puntos fijados dentro del aparato.

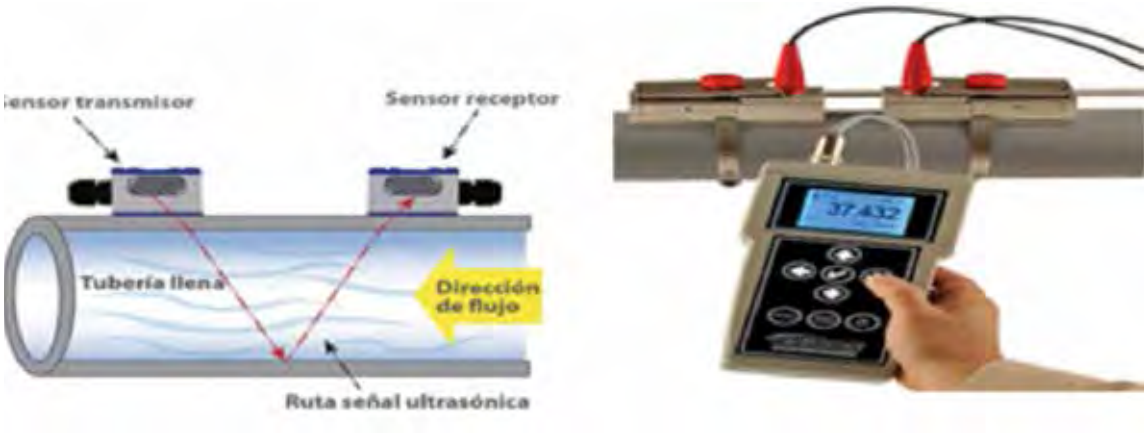



Figura 23: Principio y disposición de los medidores por ultrasonidos.

## 5.2. Presión

La presión se define como la fuerza ejercida sobre una superficie por unidad de área. En ingeniería, el término presión se restringe generalmente a la fuerza ejercida por un fluido por unidad de área de la superficie que lo encierra. De esta manera, la presión (P) de una fuerza (F) distribuida sobre un área (A), se define como:

$$P = F/ A$$

Existen muchas razones por las cuales en un determinado proceso se debe medir la presión, entre estas se tienen:

- La calidad del producto, la cual frecuentemente depende de ciertas presiones que se deben mantener en un proceso.
- Por seguridad, como por ejemplo, en recipientes presurizados donde la presión no debe exceder un valor máximo dado por las especificaciones del diseño.
- En aplicaciones de medición de nivel.
- En aplicaciones de medición de flujo.

### 5.2.1. Presión absoluta

La presión absoluta es la suma de la presión atmosférica y la presión relativa o manométrica; en una tubería ante la ausencia de la presión atmosférica es presión relativa, por esa razón se mide con un manómetro.

### 5.2.2. Presión atmosférica

La superficie terrestre genera este tipo de presión, y esta puede ser medida a través de un barómetro, donde a nivel del mar la presión es próxima a los 760 mm de mercurio absoluto. Siempre que se mide la presión de un gas se debe tener en consideración la presión atmosférica.

### 5.2.3. Presión relativa

Es la diferencia existente entre la presión absoluta y la presión atmosférica. Es aplicada principalmente cuando la presión absoluta es mayor que la atmosférica, en caso contrario, esta presión será negativa y se conoce como presión de vacío.

### 5.2.4. Los medidores de presión

Son instrumentos de precisión fabricados para medir la presión sanguínea, la presión de líquidos y gases en tuberías o tanques de almacenamiento y la presión atmosférica, a grandes rasgos, teniendo para cada uso diversos equipos disponibles de acuerdo con las necesidades.

Dependiendo de las aplicaciones de los medidores de presión, se tienen las unidades disponibles para sus resultados, además de que algunos reciben nombres diferentes según el tipo de presión que van a medir.

Podemos clasificar los medidores de presión en tres tipos distintos:

1. **Columna líquida:** Son sensores que no poseen señales eléctricas y que únicamente tienen una indicación local; por ejemplo, el manómetro de tubo en U, el manómetro de tubo inclinado, el manómetro de toro pendular, el manómetro de campana.

2. **Elementos elásticos:** Se basan en la alteración física de un material elástico cuando es sometido a una presión, no tienen señales eléctricas y son usados para mediciones locales, como el manómetro o tubo de bourdon.

3. **Medidores especiales:** Generan señales eléctricas permitiendo su conexión con transmisores industriales. Así tenemos, el piezoeléctrico, el inductivo, el capacitivo o el resistivo.

# 6. MEDIDAS A TOMAR DURANTE LA OPERACIÓN DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS EN POZOS PROFUNDOS

## 6.1. Principales mediciones y registros que debe tener en cuenta el operador de pozo

Entre las principales mediciones y registros que debe atender el operador de pozo, podemos citar:

- Medir los niveles del agua en el pozo antes de prender la bomba y durante el bombeo, es decir, el nivel estático y los niveles de bombeo.
- Aforar el caudal del pozo o leerlo en el contador.
- Observar cómo sale el agua en el tubo de descarga, si tiene arena, sedimentos, grava, etc., y anotar las anomalías.
- Registrar las medidas del voltaje en la línea leídas en el monitor.
- Registrar las medidas de voltaje y amperaje del motor.
- Medir las revoluciones del motor y la bomba si es una turbina de eje vertical.
- Registrar las lecturas de presión del manómetro.

- Registrar el tiempo de operación diario.
- Medir la temperatura del agua.
- Observar el "orificio" de alimentación del filtro de grava para ir completándolo en la medida que descienda en el pozo.
- Registrar el tiempo entre arranques sucesivos del motor sumergible.

Asimismo, se contemplan labores complementarias que no son de menor importancia que las anteriores, como:

- Mantener limpio el tablero de control, libre de polvo y humedad.
- Apretar cables sueltos o flojos.
- Observar y anotar en la hoja de reporte diario vibraciones, golpes hidráulicos, ruidos y cualquier anomalía que se presente durante el funcionamiento del pozo.
- Controlar fugas de agua en las tuberías de descarga y conducción.
- Lavar y desinfectar el tanque de almacenamiento periódicamente.
- Cumplir con el mantenimiento del sistema de tratamiento, si existe.
- Tomar muestras de agua para análisis de calidad.
- Mantener la caseta del pozo limpia y seca.
- Evitar la entrada de personas extrañas o animales a la caseta de operación.

## 6.2. Equipos y herramientas mínimas para la ejecución de las actividades en la operación de pozo profundo

El operador deberá de contar con equipos y herramientas mínimas para la ejecución de sus actividades en la operación de pozo profundo:

- Sonda eléctrica
- Cinta metálica
- Reloj o cronómetro
- Voltímetro tipo gancho
- Amperímetro tipo gancho
- Termómetro
- Tacómetro para pozo con bomba turbina para medir las revoluciones por minuto del motor de la bomba
- Alicate, destornilladores, llaves de tubo, etc.
- Utensilios de limpieza

## 6.3. Pasos a seguir para poner en funcionamiento el pozo

El operador de pozo profundo debe tener presente estos pasos a seguir para ponerlo en funcionamiento.

### Antes de prenderlo:

- Medir el nivel estático.
- Revisar todas las conexiones y partes eléctricas.
- Asegurarse de que el agua no moje ninguna parte eléctrica.
- La válvula de compuerta debe estar totalmente abierta.
- Medir el voltaje en la línea que puede ser leída en el monitor de voltaje, si lo tiene, este voltaje no debe tener desviaciones mayores del 10% con respecto al voltaje especificado en el motor. En caso de desviaciones mayores NO prenda la bomba, hasta que esté dentro del rango permisible.

- Encienda la bomba pulsando el botón de encendido ubicado en el tablero de control.
- Cuando el motor se enciende, se apaga o está en funcionamiento, asegúrese de que no produzca vibraciones fuertes o golpes hidráulicos, en caso contrario reportar la anomalía en la hoja de reporte.

### Después de prenderlo:

Después de estar funcionando por quince (15) minutos se debe revisar la salida del agua, la entrada de corriente, el voltaje, el nivel de bombeo y las demás medidas y observaciones antes mencionadas.

### Al apagarlo:

Antes de apagar la bomba, se debe cerrar lentamente la válvula de compuerta, realizar el control de datos y, finalmente, accionar el interruptor de parada.

# 7. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS

## 7.1. La bomba no arranca

- El operador debe informar y tener conocimiento de que esto puede deberse a un corto circuito o una sobrecarga.
- Se procede a las pruebas correspondientes que deben estar a cargo de un electricista calificado.
- Entre otras medidas:
  - Verifique las conexiones del cableado recordando que en un sistema trifásico los alambres vivos son de color amarillo, azul y rojo, el neutro es de color negro y la conexión a tierra es de color verde.
  - Pruebe los aislamientos. Si la lectura es menor de 2 mega ohmios, esto indica que el cable de la bomba está afectado por arena u otra sustancia extraña. En este caso, debe verificarse el nivel desde el cual se está elevando el agua para descartar el contacto del acuífero con la bomba por fallas en la rejilla.

## 7.2. La bomba arranca pero no descarga

Varias pueden ser las razones de este comportamiento:

- El motor gira en dirección contraria.
- La bomba está operando contra una cabeza dinámica total que supera su capacidad de diseño.
- La succión de la bomba está bloqueada por un material extraño que puede proceder del pozo (derrumbamiento).
- La bomba está llena de aire (cavitación).
- La válvula de retención está obstruida.
- El voltaje es muy bajo en la red.

## 7.3. Pruebas que se deben aplicar para facilitar el diagnóstico

Antes de aplicar estas pruebas, el operador deberá informar la ocurrencia a su jefe inmediato:

- Verifique el voltaje de la línea en las tres fases mientras la bomba está en operación. Debe incluir la verificación de la frecuencia.
- Si en las pruebas se encontró un comportamiento normal, esto indica que la dirección de giro del motor es correcta. Si no hay aumento en la lectura del manómetro puede tratarse de un bloque en la succión o de operación contra una altura excesiva, en este caso, el operador debe informar.

- Si la bomba funciona bien al principio pero luego disminuye la descarga, el operador debe informar y saber que esto puede deberse, entre otras causas, a las siguientes:

  - Fallas en el motor
  - Fricción excesiva en la bomba o el motor
  - Presencia de arena en la bomba

- Si la bomba descarga intermitentemente y se presenta mezcla de agua con aire en la descarga:

  Este problema es un serio indicio de que el caudal de bombeo es mucho mayor que la producción del pozo. De persistir esta situación no solamente sufriría un severo daño el conjunto electromecánico, sino que el acuífero mismo estaría siendo amenazado por sobreexplotación.

  En este caso, el correctivo inicial está a cargo del operador y consiste en cerrar la válvula lentamente hasta que se estabilice el caudal. Si no se restablece el flujo continuo con esta maniobra, el operador debe informar.

  Este problema debe ser resuelto mediante la disminución del caudal bombeado o programando el mantenimiento del pozo porque las incrustaciones también pueden ser la causa del excesivo descenso de los niveles del agua.

# 8. OPERACIÓN DE VÁLVULAS: VÁLVULAS MANUALES, TIPO COMPUERTA Y MARIPOSA, VÁLVULAS INTELIGENTES, USO Y OPERACIÓN

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movible que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

## 8.1. Válvula bola

La válvula bola o esfera es de baja presión, tiene un diseño sencillo, frecuentemente se usa para regular y controlar el flujo. Es un tipo de válvula versátil en el control de fluidos lo que la hace famosa. Ciertamente, su cierre rápido de ¼ de vuelta, normalmente con una llave, permite que su funcionamiento no sea complicado, es más pequeña que la válvula de compuerta.

Características:
- Alta capacidad
- Corte bidireccional
- Circulación en línea recta
- Fácil mantenimiento
- Cierre hermético con baja torsión (par)

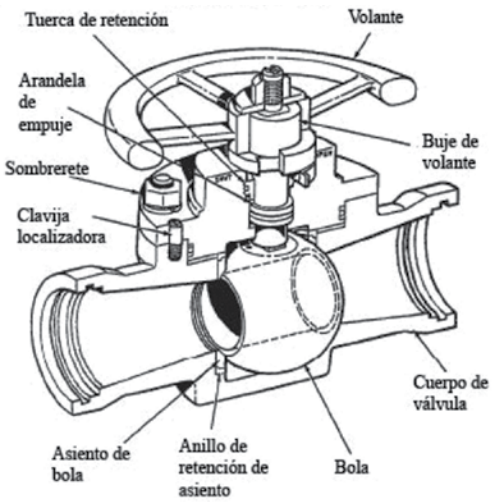



Figura 24: Válvula bola.

## 8.2. Válvula de compuerta

Esta válvula tiene una compuerta o cuchilla accionada por un vástago para abrir, cerrar o regular el flujo del líquido o gas que pasa por el interior de la válvula. Son implementadas en servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

Características:

- Alta capacidad
- Cierre hermético
- Diseño y funcionamiento sencillos

Todas las válvulas se encuentran fabricadas en varios tipos de materiales como en bronce, hierro, hierro dúctil, acero inoxidable, acero al carbón, por nombrar algunas; además, estas válvulas se usan con sus respectivos accesorios y tuberías para su buen funcionamiento.

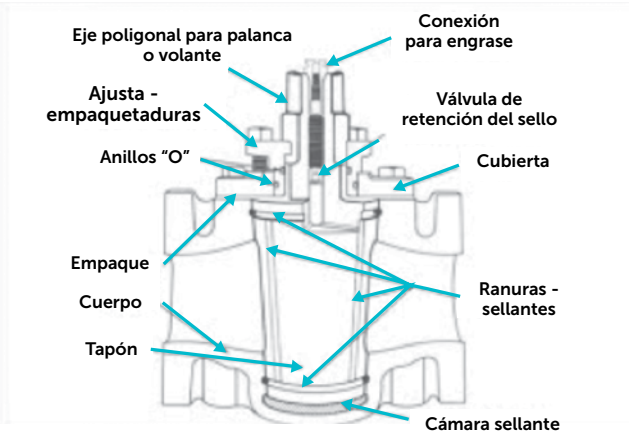



Figura 25: Componentes de válvula compuerta.

## 8.3. Válvula globo

La válvula globo posee un tapón obturador en forma de cono fijo y accionado por un vástago para abrir, cerrar o regular el flujo de líquidos o gases, que pasan por el orificio de paso que se encuentra en el interior

de la válvula. Estas válvulas permiten regular el paso del fluido, el cual puede cambiar de dirección debido al diseño de la válvula, por lo que esta ofrece una gran resistencia a su circulación. Pueden ser fabricadas en casi cualquier material, como en acero al carbón, acero inoxidable, hierro, PVC, CPVC, bronce, acero forjado y con extremos, roscados, bridados, socket Weld (SW), y Butt Weld.

Características:
- Realizan un cierre hermético cuando cuenta con un asiento flexible.
- Fácil mantenimiento.
- Actúan rápidamente.

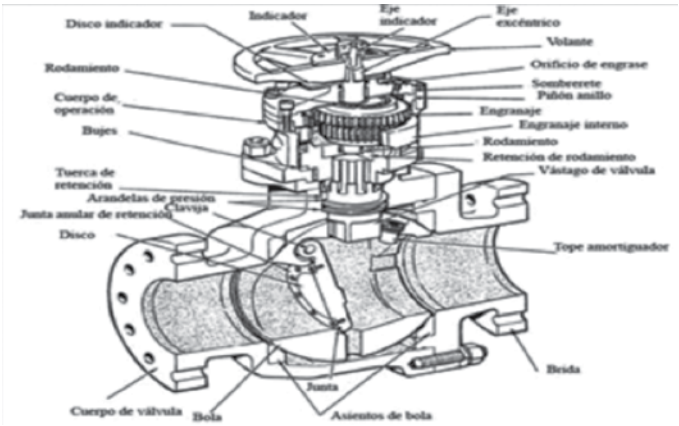



Figura 26: Componentes de válvula globo.

## 8.4. Válvula mariposa

La válvula tipo mariposa cuenta con una lámina movible conocida como mariposa que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más conductos. Esta válvula es de baja presión y su diseño es muy sencillo. Se caracteriza por ser de acción rápida gracias a que solo necesita un cuarto de vuelta para pasar de cerrada a abierta, tiene además una pequeña caída de presión que no altera la dirección del flujo. De estas válvulas también existen los tipos *waffer*, modelo tipo *lug* u orejas y bridadas, que es la más usada por su facilidad de instalación.

Características:
- Ligera de peso y compacta
- Fácil mantenimiento
- Alta capacidad
- Circulación en línea recta

Figura 27: Componentes de válvula tipo mariposa.

## 8.5. Válvula de altitud

Se usan para controlar los niveles altos de agua en los tanques y depósitos de reserva contra incendios sin necesidad de usar flotadores ni otros dispositivos. La válvula permanece completamente abierta hasta que se alcanza el nivel de cierre preestablecido.

La válvula abierta permite el ingreso de agua hasta alcanzar nivel máximo en tanque (figura 28).

La válvula cerrada no permite el ingreso de agua por nivel máximo en tanque (figura 29).

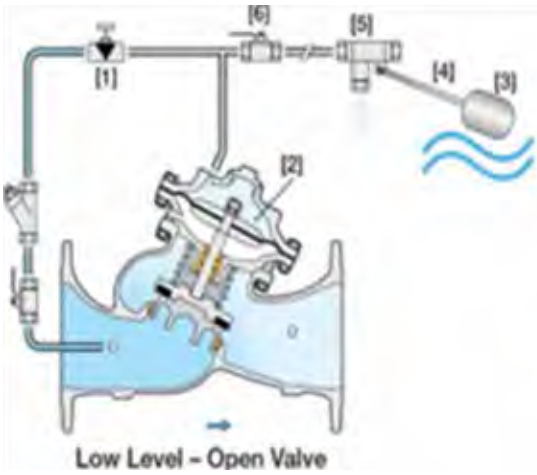



Figura 28:
Válvula de altitud abierta.

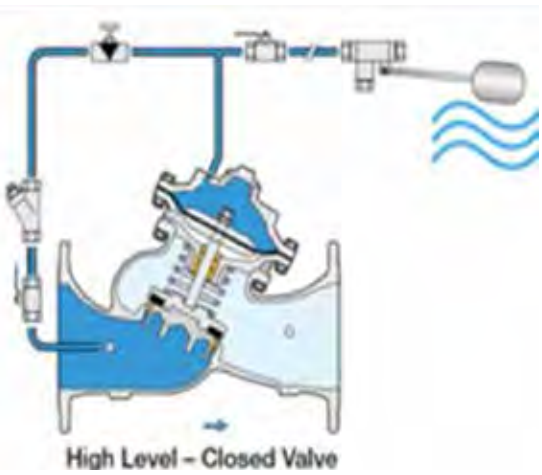



Figura 29:
Válvula de altitud cerrada.

# 9. RESUMEN DE IDEAS

- Un pozo profundo es una obra de captación de aguas subterráneas que se utiliza para el abastecimiento en muchas poblaciones.
- Las bombas más utilizadas para extraer agua de un pozo profundo son las sumergibles y las turbinas de eje vertical. Las sumergibles tienen el motor eléctrico acoplado directamente a la bomba y se instalan sumergidas dentro del pozo y las turbinas tienen el motor en la superficie del terreno acoplado a la bomba mediante ejes verticales.

- El operador de pozos debe disponer de un inventario completo de las instalaciones existentes en el pozo.
- Toda la información técnica del pozo debe permanecer en la caseta de operación en un sitio visible.
- Todas las labores a realizar durante la operación de pozos profundos debe ser bien conocida y aplicada por los operadores.
- Las principales medidas que se deben controlar durante la operación de un pozo son: los niveles del agua (estáticos y de bombeo), el caudal de descarga, el voltaje y amperaje del motor y la velocidad de la bomba.
- Los elementos de medición más importantes son: sonda eléctrica, cinta métrica, reloj o cronómetro, voltímetro, amperímetro y tacómetro.
- El dispositivo de aforo más práctico, económico y preciso es el de orificio circular y piezómetro. Su instalación es sencilla, permite además observar cómo sale el agua en cualquier momento y tomar muestras de agua para análisis de calidad.
- El operador debe permanecer en la caseta del pozo y estar atento a cualquier anomalía que se pueda presentar durante la operación.
- Todas las medidas, lecturas y anomalías registradas durante la operación de los pozos deben ser anotadas en la hoja de reporte de control diario.
- La válvula  sirve para regular la cantidad de flujo que pasa por ella.
- Existen muchos tipos de válvulas en el mundo, pero las válvulas manuales, más típicamente utilizadas en fuentes de origen subterráneas, son las válvulas compuerta y mariposa.

# 10. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

**1. Es la distancia vertical entre el nivel del terreno y el nivel del agua en el pozo antes de iniciar el bombeo:**

a) Nivel de bombeo (NB).
b) Abatimiento (s).
c) Nivel estático (NE).
d) Nivel freático.
e) Ninguna de las anteriores.

**2. Es la distancia vertical entre el nivel del terreno y el nivel del agua después de iniciado el bombeo:**

a) Nivel de bombeo (NB).
b) Abatimiento (s).
c) Nivel estático (NE).
d) Nivel freático.
e) Ninguna de las anteriores.

**3. Es el descenso del nivel del agua que presenta un pozo cuando se bombea. Es la distancia vertical entre el nivel de bombeo y el nivel estático:**

a) Nivel de bombeo (NB).
b) Abatimiento (s).
c) Nivel estático (NE).
d) Nivel freático.
e) Ninguna de las anteriores.

**4. Se conoce también como nivel dinámico al:**

a) Nivel de bombeo (NB).
b) Abatimiento (s).
c) Nivel estático (NE).
d) Nivel freático.
e) Ninguna de las anteriores.

**5. Es la medida de la cantidad de agua que se extrae de un pozo en unidades de volumen sobre tiempo:**

a) Volumen.
b) Caudal.
c) Presión.
d) Velocidad de explotación.
e) Ninguna de las anteriores.

**6. La unidades más utilizadas en nuestro sistema para la medición del caudal son:**

a) Metros por segundo (m/s), galones por minuto (GPM), metros cúbicos por hora ($m^3$/hora).
b) Litros por segundo (l/s), galones por minuto (GPM), metros cúbicos por hora ($m^3$/hora).
c) Metros por segundo (m/s), yardas por minuto (YPM), metros cuadrados por hora ($m^2$/hora).
d) Litros por segundo al cuadrado (l/$s^2$), millas por minuto (MPM), metros cuadrados por hora ($m^2$/hora).
e) Ninguna de las anteriores.

**7. Es un dispositivo mecánico que se utiliza para llevar o desplazar el agua de un sitio a otro:**

a) Motor.
b) Bomba.
c) Acople.
d) Compresor.
e) Eje impulsor.

**8. En los pozos profundos se utilizan dos tipos de bombas:**

a) Sumergibles e inmersibles.
b) Sumergibles y turbina de eje vertical.
c) Sumergibles multietapas.
d) Sumergible y de eje vertical.
e) Solo sumergibles.

**9. Es una característica de las bombas de turbina de eje vertical:**

a) Tiene el motor en la superficie del terreno.
b) La transmisión de energía es por medio de ejes verticales.
c) Motor y bomba con acople flexible.
d) a) y b).
e) Tienen la bomba en la superficie del terreno.

**10. ¿Cuáles son las partes principales de una bomba?:**

a) Cuerpo de tazones, impulsores, eje, bujes, anillos y cojinetes.
b) Cuerpo de tazones, impulsores, tubería de conducción.
c) Cuerpo de tazones, cabezal, impulsor.
d) Impulsores, tazones, válvula check, anillos y cojinetes.
e) Ninguna de las anteriores.

**11. Se conocen como elementos que son los encargados de transmitir la potencia desde el motor que se encuentra en la superficie hasta el cuerpo de tazones que funciona sumergido en el agua del pozo:**

a) Tazones de la bomba.
b) Ejes.
c) Bujes.
d) Impulsores.
e) Cojinetes.

**12. El equipo que transforma la energía eléctrica o de combustión en energía mecánica y hace girar la bomba a su misma velocidad se conoce como:**

a) Impulsor.
b) Turbina.
c) Motor.
d) Bomba.
e) Ninguna de las anteriores.

**13. Es una característica de un motor sumergible:**

a) Diseño y construcción mecánica diferente, es largo y de pequeño diámetro.
b) El enfriamiento se hace con el agua que se bombea.
c) El motor, una vez instalado, trabaja permanentemente fuera del alcance visual, auditivo y táctil del operador, lo cual imposibilita la vigilancia directa de su funcionamiento.
d) Motor costoso y reparación costosa.
e) Todas las anteriores.

**14. La ley de Ohm se encarga de explicar el comportamiento de la electricidad a través de tres conceptos importantes:**

a) Voltaje, corriente y resistencia.
b) Voltaje, presión y caudal.
c) Voltaje, presión, intensidad.
d) Energía, voltaje y potencia.
e) Voltaje, caudal, intensidad.

**15. La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica. Su representación es:**

a) I = V/R
b) I = R/V
c) I = Q/P
d) I = V/P
e) I = P/Q

Donde: I = Intensidad
V = Voltaje
Q = Caudal
P = Presión

**16. Para calcular el voltaje se utiliza la siguiente fórmula:**

a) V = I/R
b) V = I*R
c) V = R*P*Q
d) V = Q*R
e) Ninguna de las anteriores.

Donde: I = Intensidad
V = Voltaje
Q = Caudal
P = Presión

**17. Para calcular la resistencia en un circuito se utiliza la siguiente fórmula:**

a) R = V/I
b) R = I*V
c) V = R*P*Q
d) V = Q*R
e) Ninguna de las anteriores.

Donde: I = Intensidad
V = Voltaje
Q = Caudal
P = Presión

**18. Cuando ocurre un cortocircuito _____ y esto termina por quemar los componentes ya que estos tienen un menor rango de aceptación a la corriente que al voltaje:**

a) La corriente se iguala a la resistencia.
b) La corriente se iguala al voltaje.
c) La corriente permanece inalterable.
d) La resistencia supera al voltaje.
e) Ninguna de las anteriores.

**19. Es el instrumento que sirve para mediciones eléctricas que determina la tensión, fuerza electromotriz o voltaje entre dos puntos de un circuito:**

a) Voltímetro.
b) Amperímetro.
c) Manómetro.
d) Tensiómetro.
e) Caudalímetro.

**20. Es un instrumento de medición compuesto por un galvanómetro y una serie de resistencias conectadas en paralelo, y lo que mide es la corriente eléctrica que pasa por un circuito:**

a) Voltímetro.
b) Amperímetro.
c) Manómetro.
d) Tensiómetro.
e) Caudalímetro.

**21. La unidad de medida del caudal es:**

a) Metros cúbicos/hora.
b) Litros/segundos.
c) Voltios/segundo.
d) a) y b).
e) Ninguna de las anteriores.

**22. Es un tipo de medidor de presión:**

a) Presiómetro.
b) Manómetro.
c) Termómetro.
d) Telurómetro.
e) Megómetro.

**23. La temperatura es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante:**

a) Presiómetro.
b) Manómetro.
c) Termómetro.
d) Telurómetro.
e) Megómetro.

**24. Entre las principales medidas que debe de tener en cuenta el operador de pozo podemos citar:**

a) Medir los niveles del agua en el pozo antes de prender la bomba y durante el bombeo, es decir, el nivel estático y los niveles de bombeo.
b) Registrar las medidas de voltaje y amperaje del motor.
c) Aforar el caudal del pozo o leerlo en el contador.
d) Registro de operación diario.
e) Todas las anteriores.

**25. Medir el nivel estático, revisar todas las conexiones y partes eléctricas y que la válvula de compuerta debe estar totalmente abierta es parte de las medidas a seguir por el operador en la fase de:**

a) Antes de prender el pozo.
b) Durante la operación del pozo.
c) Después de apagar el pozo.
d) Antes y después de apagar el pozo.
e) Antes y después de prender el pozo.

**26. Para el diagnóstico de equipos electromecánicos de pozos, si la bomba no arranca, el operador debe:**

a) Proceder a las pruebas correspondientes.
b) Verificar las conexiones del cableado.
c) Probar los aislamientos.
d) Informar y tener conocimiento de que esto puede deberse a un cortocircuito o una sobrecarga.
e) Ninguna de las anteriores.

**27. ¿Cuál puede ser la razón por la cual la bomba arranca pero no descarga?:**

a) El motor gira en dirección contraria.
b) La bomba está llena de aire.
c) La válvula de retención está obstruida.
d) La bomba requiere purga.
e) Todas las anteriores.

**28. Puede definirse como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movible que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos:**

a) Uniones Dresser.
b) Válvulas.
c) Caudalímetro.
d) Bomba.
e) Motor sumergible.

**29. Las válvulas tipo _____ , cuentan con un disco y rotan sobre su eje, de tal manera que impiden, o no, el paso del agua.**

a) Globo.
b) De compuerta.
c) Mariposa.
d) De altitud.
e) Check.

**30. Las válvulas tipo _____se usan para controlar los niveles altos de agua en los tanques y depósitos de reserva contra incendios sin necesidad de usar flotadores ni otros dispositivos.**

a) Globo.
b) De compuerta.
c) Mariposa.
d) De altitud.
e) Check.

**31. Las válvulas tipo _____ tienen una compuerta o cuchilla accionada por un vástago para abrir o cerrar el agua que pasa por el interior de la válvula.**

a) Globo.
b) De compuerta.
c) Mariposa.
d) De altitud.
e) Check.

# 11. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. c
2. a
3. b
4. a
5. b
6. b
7. b
8. b
9. d
10. a
11. b
12. c
13. e
14. a
15. a
16. b
17. a
18. a
19. a
20. b
21. d
22. b
23. c
24. e
25. a
26. d
27. e
28. b
29. c
30. d
31. b

MÓDULO

2

# CLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

# CONTENIDO


1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO 53

2. CONTENIDO DEL MÓDULO 53

3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA 53
3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS 53
3.1.1. TURBIEDAD 54
3.1.2. COLOR 54
3.1.3. OLOR Y SABOR 54
3.1.4. TEMPERATURA 55
3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS 55
3.2.1. PH (PE HACHE) 55
3.2.2. LA ACIDEZ 56
3.2.3. LA ALCALINIDAD 56
3.2.4. LA DUREZA 56
3.2.5. OXÍGENO DISUELTO 56

4. OBJETIVOS DE LA CLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA 56
4.1. LA DESINFECCIÓN 56
4.2. CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN EL PERÚ 57
4.3. LA CLORACIÓN 57
4.3.1. EL CLORO 57
4.3.2. PUNTOS DE APLICACIÓN DE CLORACIÓN 58
4.3.3. VALOR RESIDUAL DEL CLORO 58
4.3.4. MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL CON UN KIT (CROMÁTICO) 58
4.3.4.1. KIT PARA DETERMINAR CLORO RESIDUAL Y PH 58
4.3.4.2. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR CLORO RESIDUAL Y PH 59
4.3.4.3. ANÁLISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE EN AGUA CON COMPARADOR VISUAL 59
4.3.5. DEMANDA DE CLORO 61
4.3.6. GESTIÓN DEL CLORO GAS 62
4.3.6.1. MANEJO Y ALMACENAMIENTO 62
4.3.6.2. CUIDADOS EN LA MANIPULACIÓN DEL CLORO 63
4.3.6.3. ALMACENAMIENTO DE LOS RECIPIENTES DE CLORO 63
4.3.7. MONITOREO OPERACIONAL 64
4.3.7.1. LA DOSIFICACIÓN DEL CLORO 64
4.3.7.2. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE CLORO 65
4.3.8. OPERACIÓN DEL EQUIPO 65
4.3.8.1. CLORADORES DE GAS 65
4.3.8.2. CLORADORES DE SOLUCIÓN 65
4.3.8.3. OPERACIÓN DIARIA 66
4.3.8.4. OPERACIÓN MENSUAL 66
4.3.8.5. BÁSCULAS DE CLORO 66

5. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA 67

6. RESUMEN DE IDEAS 69

7. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 69

8. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 73

## FIGURAS

Figura 1: Muestras de los diferentes niveles de turbiedad del agua. 54
Figura 2: Muestras de los diferentes niveles de color del agua. 54
Figura 3: Vista de instalación de balones de cloro. 57
Figura 4: Escala para la medición de cloro residual. 58
Figura 5: Enjuague correctamente con abundante agua. 60
Figura 6: Aplicación de DPD a la muestra. 60
Figura 7: Colocación de celda de colorímetro visual. 60
Figura 8: Botellones de cloro de 68 kg. 62
Figura 9: Válvula de salida y conectores de los botellones de cloro. 63
Figura 10: Instalación típica de cilindros de cloro de 68 kg. 64

---

## TABLAS

Tabla 1: Si el pH del agua se encuentra entre 6.5 y 9.0 se considera aceptable para los procesos de tratamiento. 55

# 1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO

El objetivo de este módulo es proporcionar una comprensión general de las tareas que se realizan para la cloración del agua durante el proceso de la potabilización del agua subterránea.

Al finalizar el módulo, los estudiantes deberán ser capaces de:

- Conocer el principio de desinfección del agua.
- Conocer sobre dosificaciones y concentraciones del cloro en el agua.
- Realizar el cambio de botella de cloro e instalación del clorinador.
- Realizar el muestreo de cloro residual con equipos.

# 2. CONTENIDO DEL MÓDULO

- Calidad del agua: características físicas y químicas del agua, desinfección con cloro.
- Gestión del cloro gas: instalación de cilindro/bidón/botella de cloro gas, procedimiento para el cambio del clorinador, hermeticidad del sistema de cloro.
- Monitoreo operacional: concentración, dosificación, gasto, residual de cloro, precloración, uso del comparador de disco y del colorímetro digital.

La finalidad de este módulo es que los participantes se familiaricen con el proceso de cloración en la potabilización del agua subterránea.

# 3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

Las sustancias que contaminan el agua se presentan en una de estas formas:

- Sólidos gruesos flotantes
- Sólidos fácilmente sedimentables
- Sólidos muy finos en suspensión en el agua (coloides)
- Sólidos disueltos

La presencia y concentración de los sólidos en el agua dependen de las características de la cuenca (vegetación, suelos, estado) y del tiempo (invierno, verano).

Estos tipos de sólidos determinan dos tipos de características que veremos a continuación:

## 3.1. Características físicas

Se denominan físicas porque pueden ser detectadas por medio de los sentidos, lo cual implica que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, es decir, en su buena presentación.

Las características físicas del agua son:

## 3.1.1. Turbiedad

La turbiedad es el fenómeno óptico que puede medirse por la mayor o menor resistencia del agua al paso de la luz. Se debe a partículas que estando en suspensión, como los coloides, le dan al líquido la capacidad de dispersar la luz. Por ejemplo, tierras finamente divididas.

La turbiedad debe tenerse en cuenta para la presentación del agua, pero además es importante la desinfección, pues en esas partículas en suspensión se esconden pequeños organismos que se protegen del desinfectante.

Figura 1: Muestras de los diferentes niveles de turbiedad del agua.

## 3.1.2. Color

Es, en importancia, la segunda característica física del agua, puede estar íntimamente ligado a la turbiedad, se presenta como una característica independiente de ella.

El color se debe a diferentes componentes de la materia mineral y vegetal en descomposición; cuando se encuentran disueltos, reciben el nombre de color verdadero. Si además hay presencia de arcillas o arenas que enturbien el agua, se le denomina color aparente.

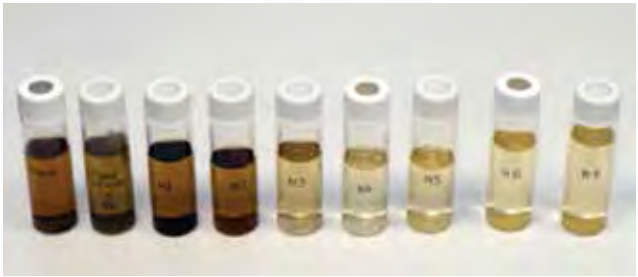


Figura 2: Muestras de los diferentes niveles de color del agua.

## 3.1.3. Olor y sabor

El olor y sabor del agua son producidos fundamentalmente por algas, materia orgánica en descomposición, desechos industriales y sales de diferentes orígenes.

### 3.1.4. Temperatura

La temperatura del agua está determinada por múltiples factores:

- La temperatura afecta la velocidad de las reacciones químicas, amplifica olores y sabores.
- La temperatura del agua tiene incidencia en la presentación. Se dice que el agua es fresca cuando está a unos 5 °C por debajo de la temperatura del lugar.
- Es importante tenerla en cuenta porque de ella depende el tipo de organismos que puedan desarrollarse en el agua.
- En igual forma, de ella dependen: la cantidad de gases disueltos, la desinfección con cloro y las condiciones de tratamiento.

## 3.2. Características químicas

Para efecto de nuestro análisis se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

### 3.2.1. pH (pe hache)

Es importante considerar el pH del agua puesto que tiene efecto sobre los procesos de tratamiento y se relaciona con la obstrucción y deterioro de las redes de acueducto. Además el pH determina las reacciones químicas afectando, por ejemplo, el proceso de desinfección con cloro. Las actividades biológicas se desarrollan en un intervalo de pH entre 6 y 8.

El pH es la intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra de agua y se evalúa por una escala de valores:

**Escala de pH**

| 0 | 7 | 14 |
|---|---|---|
| **Ácido** | **Neutro** | **Alcalino** |
| **0 - 7.1** | **7.2 - 7.6** | **7.7 - 14** |
| Agua corrosiva para instalación. Puede irritar los ojos, la piel y las mucosas | Agua sana y bajo control | Mayor consumo de productos químicos que no actúan correctamente |

Tabla 1: Si el pH del agua se encuentra entre 6.5 y 9.0 se considera aceptable para los procesos de tratamiento.

La mayoría de las aguas subterráneas que se encuentran dentro de este rango permiten una buena desinfección y reducción de los problemas de corrosión. Se entiende entonces que el factor pH no es tan importante desde el punto de vista de salud como lo es desde el económico.

### 3.2.2. La acidez

La acidez del agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas presentes en ella, expresadas como carbonato de calcio equivalente.

### 3.2.3. La alcalinidad

La alcalinidad del agua se mide por su capacidad para neutralizar ácidos. En aguas naturales la alcalinidad se debe principalmente a la disolución de rocas calizas.

Un alto valor de la alcalinidad hace que el agua produzca efectos destructivos en las tuberías de acueducto, como el fenómeno de incrustación, lo que además disminuye la capacidad de transporte de las tuberías.

### 3.2.4. La dureza

Las aguas duras son las que no permiten que se disuelva el jabón, es decir, no dejan hacer espuma. La dureza afecta procesos industriales y en algunos casos puede dar sabor al agua. Cuando las aguas son muy suaves o blandas disuelven rápidamente el jabón.

### 3.2.5. Oxígeno disuelto

Las aguas limpias están saturadas de oxígeno disuelto; si a estas aguas se les descargan residuos orgánicos se les agota el oxígeno disuelto. El oxígeno en el agua permite la existencia de peces y plantas, y da sabor agradable al agua.

# 4. OBJETIVOS DE LA CLORACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

## 4.1. La desinfección

Es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

Consiste en la destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua antes de ser abastecida a la población usuaria. Se realiza mediante agentes químicos o físicos y debe tener un efecto residual en el agua potable, a fin de eliminar el riesgo de cualquier contaminación microbiana posterior a la desinfección. La evaluación de la calidad del agua se realiza comparando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas con los valores de los parámetros establecidos en las normas aplicables, de acuerdo con el uso que se le dará al agua. En este caso, debemos juzgar el grado en el cual se ajustan los resultados de nuestro monitoreo a los estándares de calidad vigentes para agua potable.

## 4.2. Calidad del agua potable en el Perú

La calidad del agua potable se regula mediante el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promulgado por el Ministerio de Salud-MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo 031-2010-SA. Este reglamento establece, en caso se aplique la desinfección por cloración, que el agua potable no deberá contener menos de 0.5 mgL-1 de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas

durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL-1. La turbiedad deberá ser menor de 5 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

En el mismo caso, las guías de la OMS recomiendan asegurar la desinfección residual del agua para consumo humano y garantizar una concentración de cloro residual no menor de 0.2 mgL-1 (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Las principales características de un buen desinfectante deben ser:

- Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos en las cantidades típicas presentes en el agua y en un corto tiempo de contacto.
- No perder su capacidad desinfectante ante cambios en la composición y condiciones del agua a desinfectar.
- No ser tóxico y no generar subproductos tóxicos.
- Debe mantener su capacidad desinfectante en un rango adecuado de temperatura del agua.
- Debe ser muy fácil y seguro de aplicar, así como de determinar su concentración en el agua.
- Debe proveer al agua una protección residual contra contaminaciones posteriores a la desinfección, es decir, tener efecto residual.

## 4.3. La cloración

La desinfección del agua mediante cloración se da desde comienzos del siglo XX, es la práctica más importante en la historia del tratamiento del agua. En la cloración se manejan conceptos que el operador debe conocer, razón por la cual se exponen en este capítulo en forma resumida.

Figura 3: Vista de instalación de balones de cloro.

### 4.3.1. El cloro

Es un gas tóxico de color amarillento-verdoso de olor penetrante, especialmente se encuentra en la naturaleza combinado con otros elementos. Es más pesado que el aire, por esta razón en sitios donde hay fugas debe evitarse estar en las partes bajas. También se encuentra en estado líquido (licuificado por compresión) y en esta forma puede causar quemaduras en la piel. Un volumen líquido genera alrededor de cuatrocientos cincuenta volúmenes de gas cloro. El cloro líquido es más pesado que el agua. Vaporiza a baja temperatura y presión atmosférica normal y se disuelve fácilmente en el agua.

## 4.3.2. Puntos de aplicación de cloración

Se refiere a la aplicación del cloro después del proceso de extracción de la fuente subterránea, se ubica normalmente a la salida del pozo en el árbol de impulsión y con ella se pretende garantizar agua de bajo riesgo sanitario.

## 4.3.3. Valor residual del cloro

Cuando se agrega cloro al agua, este reacciona con diferentes tipos de sustancias que lo "consumen". Por este motivo se necesita agregar una cantidad de cloro que sea suficiente para que reaccione con las diversas sustancias y aún quede un exceso o cantidad residual, si se quiere destruir las bacterias y proteger el agua de posible contaminación posterior. A la cantidad de cloro en "exceso" que se deja en el agua se le llama residual del cloro.

Varios métodos permiten determinar la cantidad de cloro residual. Los más utilizados son la prueba de "ortotolidina-arsenito", el método del DPD y el yodométrico. No debe contener menos de 0.5 mg/l de cloro residual libre.

## 4.3.4. Medición de cloro residual con un kit (cromático)

### 4.3.4.1. Kit para determinar cloro residual y pH

El estuche para determinar cloro residual libre consta de:

- Comparador colorimétrico con dos celdas unidas con escala de medición. Para la medición de cloro residual libre cuenta con una escala colorimétrica que va de una tonalidad rosa tenue a intenso, con parámetros entre 0.0 y 3.0 ppm y con valores intermedios de 0.2 y 1.5 ppm.
- Para pH, las tonalidades son de amarillo a rojo con parámetros entre 6.8 y 8.2. Dos tapas, una para cada celda. Reactivo N,N-dietil-p-difenildiamina, en tabletas o a través de dosificador, conteniendo la cantidad exacta para ser utilizado en el equipo y apropiado para la medición de cloro residual libre.
- Frasco gotero con solución o blíster con pastillas de rojo fenol (figura 4).

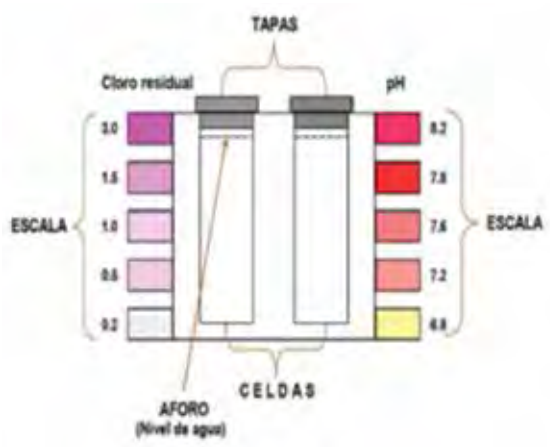



Figura 4: Escala para la medición de cloro residual.

### 4.3.4.2. Procedimiento para determinar cloro residual y pH

- Previo al monitoreo de cloro residual libre y pH, revisar que el kit para el monitoreo de cloro residual y pH se encuentre completo y en buenas condiciones, es decir, limpio, sin residuos de la lectura anterior, sin ralladuras o fugas.
- Liberar la llave o grifo de aditamentos conectados, tales como mangueras, a fin de que la determinación de cloro residual y pH sea directa y no interfieran en el resultado.
- Abrir la llave o grifo, dejar correr el agua por un espacio de 30 a 60 segundos, para garantizar que el agua contenida en la tubería ha sido vaciada, esta podrá ser colectada en un recipiente para evitar su desperdicio.
- El agua deberá provenir directamente del sistema de abastecimiento, no se deberá monitorear si el grifo presenta fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua podrá correr por la parte exterior del grifo y contaminar la muestra.
- Registrar la ubicación del punto, fecha y hora de muestreo.
- Enjuagar las celdas con el agua a monitorear por tres veces con agitación.
- Llenar con agua a monitorear las dos celdas hasta el aforo sin sobrepasar.
- Agregar una pastilla de N,N-dietil-p-difenildiamina (DPD) a la celda de prueba para cloro residual libre, abriendo la envoltura con las manos, evitando el contacto de la pastilla con los dedos; en caso de utilizar dosificador, cerciorarse de que la totalidad de la dosis sea colectada en la celda.
- Agregar 5 gotas de solución rojo fenol, o en su defecto la pastilla, a la celda de prueba de pH.
- Colocar las tapas a las celdas e invertirlas varias veces para mezclar la solución y la disolución de la pastilla y agitar.
- Comparar cada celda de prueba con su respectiva escala colorimétrica, colocando un fondo blanco para poder observar el color que presenta el agua.
- Registrar el resultado del monitoreo de cloro residual libre y pH.
- Si la coloración no alcanza la escala de 0.2 ppm, se deberá reportar como menor de 0.2 (<0.2). Si por el contrario la coloración rebasa la escala de 1.5 ppm, se deberá registrar como mayor de 1.5 (>1.5).
- El contenido de las celdas podrá arrojarse al drenaje, enjuagar hasta que no contenga residuos y secar el equipo después de cada determinación.

### 4.3.4.3. Análisis de cloro residual libre en agua con comparador visual

#### Paso 1

- El primer criterio a ser tomado en cuenta es que el lugar o punto de muestreo debe estar muy limpio, a fin de evitar que la muestra a tomar sea afectada por la contaminación externa. Muchas veces se obtienen resultados erróneos debido a una contaminación posterior a la toma, generándose de esta manera resultados de mala calidad.
- Los implementos utilizados para el muestreo (frascos y superficies), así como nuestras propias manos y vestimenta, deben estar limpios, a fin de recibir la muestra en condiciones adecuadas. La desinfección del caño y superficies de contacto con alcohol medicinal es una buena opción.

#### Paso 2

- Otro criterio importante para la obtención de resultados de calidad es la toma de una muestra representativa del agua que está siendo abastecida al domicilio o predio en estudio.
- Si tomamos como muestra el primer chorro de agua que sale del caño, probablemente estaremos tomando una mala muestra, ya que ese primer chorro de agua que se asoma puede haber estado estancado muchas horas en las tuberías internas de la instalación y tiene menos cloro residual libre (o nada) comparado con el agua que está pasando por la tubería matriz en el exterior de la casa. Recordemos que el cloro es muy volátil, y que al estar en el agua en forma de cloro residual libre su concentración baja de forma muy acelerada, ya sea por contaminación o simple estancamiento.

- Es preciso dejar correr el agua al menos 2 o 3 minutos antes de la toma definitiva, periodo en el cual se incluye el enjuague de la celda (tubo) de muestra repetidas veces con la misma muestra. Si se cuenta con tanque, cisterna o reservorio, es necesario buscar un punto de toma de muestra antes del ingreso del agua a estos, es decir, recién salida de la matriz o troncal principal hacia estas instalaciones.

## Paso 3

- Una vez enjuagada la celda (tubo) varias veces con la misma agua a evaluar, recolectamos el volumen de muestra que vamos a analizar (5 o 10 mL). Esto es muy importante tener en cuenta a la hora de elegir el reactivo DPD, pues si nuestra celda de prueba es de 5 mL de capacidad, debemos adquirir el reactivo DPD para 5 mL de muestra. Elegir el reactivo erróneo también produce resultados equivocados.

Figura 5: Enjuague correctamente con abundante agua.

## Paso 4

- Inmediatamente después de recolectada la muestra en la celda, procedemos a añadir el contenido completo de un sachet de DPD en ella. Lo correcto es emplear la menor cantidad de tiempo posible en este paso, puesto que el cloro es muy volátil, el procedimiento debe realizarse con mucha rapidez. Para ahorrar unos segundos, es necesario tener previamente el sachet de DPD abierto antes de la toma de muestra.

Figura 6: Aplicación de DPD a la muestra.

- La aparición de un color rosado o fucsia ya es indicador cualitativo de presencia de cloro residual libre. Solo falta cuantificarlo con el comparador visual.

### Paso 5

- Apenas haya ingresado todo el polvo (DPD) contenido en el sachet a la celda que contiene la muestra de agua, se debe agitar velozmente hasta que el reactivo se disuelva. Este paso debe durar unos escasos 5 segundos. Mientras más rápido se realice todo el procedimiento, estaremos haciéndolo mejor.

Figura 7: Colocación de celda de colorímetro visual.

- Finalmente, inmediatamente después de la agitación, se procede a colocar la celda en el compartimiento del colorímetro visual, tal que se permita la comparación de colores de la escala del disco con la muestra.
- Una intensidad fuerte del color rosa indica una mayor concentración de cloro residual libre que una tonalidad más tenue (rosado ligero).
- El comparador visual es un instrumento para medir las concentraciones de cloro residual libre de forma semicuantitativa.

## 4.3.5. Demanda de cloro

La demanda de cloro de un agua determinada es la cantidad de cloro que se necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas y con otras que contenga. En otras palabras, la demanda de cloro es la diferencia que existe entre la cantidad de cloro que se agrega y la permanente como residual después de un determinado tiempo de contacto.

La demanda de cloro varía de acuerdo con:

- La cantidad de cloro agregada
- La clase de cloro residual que se desee
- El tiempo de contacto
- La temperatura del agua
- Las características físicas y químicas del agua

Las determinaciones de la demanda de cloro permiten conocer la cantidad que se debe aplicar al agua para producir un cloro residual disponible, especificado, bien sea libre, combinado o total después de un determinado tiempo de contacto.

En aguas que contienen amoníaco o compuestos orgánicos de nitrógeno, la cloración con dosis de cloro inferiores a las necesarias para alcanzar el "punto de quiebre" o "punto de ruptura" conduce a la producción de cloraminas y de otros cloroderivados, que se presentan como cloro combinado.

La cloración a dosis superiores al punto de quiebre conduce a la destrucción de materia orgánica y a obtener un cloro residual libre.

El cloro residual libre es desinfectante más activo que las cloraminas.

## 4.3.6. Gestión del cloro gas

### 4.3.6.1. Manejo y almacenamiento

La capacidad de los cloradores, que se expresa en libras o kilos por veinticuatro horas, debe ser suficiente para satisfacer la cantidad de cloro requerida para la desinfección.

Figura 8: Botellones de cloro de 68 kg.

Para trasladar los cilindros al almacén deben usarse carritos de mano o carretillas apropiadas, dotados de una barra de seguridad, o cadena, colocada a dos tercios de la base del cilindro.

Por lo general el cloro gaseoso se expende en cilindros de acero de diferente capacidad. El cilindro de 68 kg está provisto de un casquete protector para la válvula y de una placa en la cual se indica el número, el peso del contenido del cloro y el peso total del cilindro.

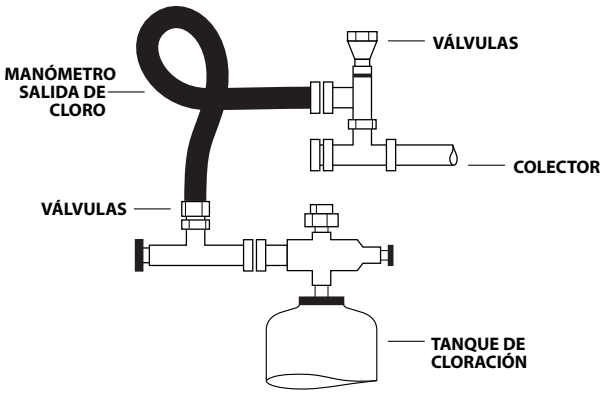



Figura 9: Válvula de salida y conectores de los botellones de cloro.

Las válvulas de salida están equipadas de un fusible metálico de seguridad, el cual está diseñado para fundirse a temperaturas entre 70 y 74 °C, lo cual alivia la presión del cilindro y previene la rotura del recipiente en casos de incendio o de cualquier otro tipo de exposición a altas temperaturas.

El fusible, por lo general, se encuentra insertado en un tapón de bronce, rascado a un orificio ubicado debajo del asiento de la válvula.

Las válvulas de este tipo de recipiente se diferencian de las válvulas de los cilindros de 68 kg solamente en que el tapón con el fusible de metal no hace parte de la válvula.

### 4.3.6.2. Cuidados en la manipulación del cloro

El cloro es una sustancia tóxica y sus recipientes deben ser manipulados con cuidado. Cuando se trasladen los cilindros, los casquetes de protección de válvulas deben instalarse. Los cilindros no deben dejarse caer, ni deben recibir golpes fuertes con otros objetos.

Los recipientes deben ser cargados y descargados de los camiones sobre una plataforma de recepción que debe estar a la misma altura de la plataforma del camión.

### 4.3.6.3. Almacenamiento de los recipientes de cloro

Los recipientes de cloro pueden almacenarse dentro del edificio de químicos al aire libre. Si se depositan fuera del edificio, deben estar bajo sombra en un área techada y cercada.

El sitio debe estar siempre limpio porque la basura acumulada puede representar un riesgo de incendio.

Cuando el área de almacenamiento se encuentra en el interior del edificio, el recinto debe estar bien ventilado.

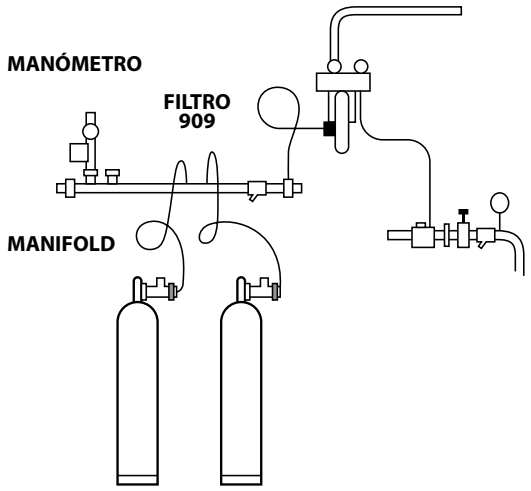



Figura 10: Instalación típica de cilindros de cloro de 68 kg.

Los recipientes de 68 kilos de capacidad deben almacenarse en posición vertical sobre plataformas para proteger los cilindros de la corrosión cuando existan problemas de humedad o deben estar sujetos con cadenas, o barras de seguridad, para impedir que se vuelquen a causa de los movimientos sísmicos o de otra índole.

- Los recipientes deben ubicarse dentro del almacenamiento de tal forma que se disponga de las facilidades de circulación para efectuar inspecciones y facilitar una operación rápida en el caso de producirse una fuga de gas.

- No deben almacenarse recipientes de cloro en sótanos ni cerca de elevadores, salidas o sistemas de ventilación porque si ocurriera una fuga podrían dispararse concentraciones peligrosas de gas en otros ambientes, por ser el cloro más pesado que el aire.

- No debe almacenarse en depósitos mixtos donde puede existir un riesgo de que les caiga encima objetos pesados o que los vehículos de carga puedan chocarlos.

- Los recipientes de cloro deben mantenerse alejados de cualquier foco de irradiación de calor intenso, como radiadores térmicos o líneas de vapor, porque el fusible de seguridad del cilindro al detectar temperaturas de alrededor de 70 °C se puede fundir, y el gas empezará a escapar.

- Los recipientes llenos y vacíos deben almacenarse por separado. Aun cuando el recipiente se encuentre vacío debe llevar su casquete de protección y estar colocado su tapón en la válvula de salida.

## 4.3.7. Monitoreo operacional

### 4.3.7.1. La dosificación del cloro

La dosis del cloro obedece a una norma predeterminada por el diseño de la planta o pozo y debe conservarse; solo si se presentan casos especiales como variación de la calidad del agua, la dosis se modificará a criterio del operador.

La cloración se lleva a cabo en tres etapas:

**Primera etapa:**
Todo el cloro aplicado es consumido por compuestos y materia orgánica presentes en el agua.
Durante esta etapa no se detecta ningún tipo de residual en el sistema.

**Segunda etapa:**
Es cuando la demanda inicial ha sido satisfecha y el residual de cloro es estable. Esta etapa se identifica por la presencia de cloro residual combinado.

**Tercera etapa:**
Finalmente, las demandas anteriores han sido satisfechas y se empieza a detectar cloro residual libre.

### 4.3.7.2. Procedimiento para la determinación de la dosis de cloro

El procedimiento para la determinación de la dosis de cloro para producir un residual de cloro libre puede tomar entre 4 y 8 semanas, dependiendo del estado del sistema y del personal de operación disponible. En el sistema se dan los siguientes pasos:

- Limpiar con agua a presión todo el sistema de distribución (tuberías, tanques y otros).
- Iniciar la aplicación de cloro al agua filtrada.
- Tomar muestras de agua simultáneamente a la salida de la planta y en un punto central del sistema de distribución.
- Determinar la cantidad de cloro residual presente en la muestra.
- Después de una semana de aplicación y muestreos continuos, aumentar la dosis en 0.1 mg/l.
- Continuar aumentando la dosis de semana en semana hasta establecer la presencia de 0.2 mg/l de cloro residual libre en el centro del sistema de distribución y asegurarse que los puntos más alejados en la red conserven un cloro residual libre no inferior a 0.1 mg/l.
- Durante la etapa de producción de cloro residual combinado se presentan problemas de olor y sabor a cloro.

## 4.3.8. Operación del equipo

### 4.3.8.1. Cloradores de gas

En ellos, el gas cloro bajo presión se entrega directamente al punto de aplicación. Estos cloradores se conocen también con el nombre de cloradores en seco o cloradores directos.

### 4.3.8.2. Cloradores de solución

En este tipo de cloradores, el gas cloro se mantiene al vacío dentro del aparato y para esto se emplea un eyector al cual le llega el gas. El eyector tiene como objetivo no solamente hacer la solución sino también el vacío. En el clorador, el vacío es importante, porque acciona la válvula de admisión del cloro, a tal punto que no hay alimentación del cloro si no hay suficiente vacío dentro del aparato.

Los cloradores de solución son aparatos muy simples que requieren de poco mantenimiento, tienen una larga vida y ofrecen seguridad al personal que los opera.

Los ratios máximos de extracción de cloro de los diferentes cilindros son:

- Cilindros de 45 y 68 kilogramos: 23 kilos/hora
- Cilindros de 900 kilogramos: 205 kilos/hora

Para ratios mayores se requieren de evaporadores y pueden suministrar hasta 900 kilos/día.

### 4.3.8.3. Operación diaria

- Comprobación de fugas de cloro en el aparato, cilindros y líneas de cloro.
- Dosificación de cloro en lbs/24 horas.
- Registro de las horas de operación del clorador.
- Registro de las presiones de agua y cloro (siempre que haya manómetros).
- Registro del peso del cilindro conectado (si hay balanzas). Cambio de cilindro si fuere necesario.
- Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.
- Revisión del sistema de inyección (desarenadores, garganta, mangueras, tubo de solución, difusor, etc.).

Materiales y repuestos indispensables:

- Hojas de control
- Amoníaco
- Empaques
- Llaves de apretar conexiones

### 4.3.8.4. Operación mensual

- Limpieza de válvulas reductoras de presión a la entrada de los aparatos.
- Limpieza de filtros, asientos y resortes de otras válvulas.
- Comprobación de fugas de cloro o de solución de cloro.
- Aplicación de vaselina en las partes metálicas que muestren principios de corrosión.
- Limpieza del rotámetro y la bola indicadora.

Materiales y repuestos indispensables:

- Amoníaco
- Vaselina
- Detergente
- Empaques
- Resortes
- Grasa para rodamientos

### 4.3.8.5. Básculas de cloro

Las básculas para pesar el cloro forman parte integral del equipo de cloración, pues permiten al operador determinar fácilmente la cantidad total de cloro que se gastó durante el día, simplemente anotando el cambio de peso de los cilindros que están en uso.

Sirven también como punto de referencia para saber si los dosificadores están aplicando la cantidad de cloro para la que se reguló.

Las básculas son de dos tipos:

- Portátiles
- Estáticas

## 5. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS E INCIDENCIAS EN EL SISTEMA

El control de desinfección de pozos debe de consignar los siguientes datos básicos:

- Nombre de la estación
- Fecha (día/mes/año)
- Dosis de cloración (mg/l)
- Peso inicial botella de cloro (kg)
- Peso final botella de cloro (kg)
- Consumo de cloro (kg)
- Fecha de cambio de botella
- Hora de cambio de botella
- Control del cloro residual
- Hora
- Ocurrencias

## Formato de registro de datos e incidencias en el sistema

| CONTROL DE DESINFECCIÓN DE POZOS | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NOMBRE DE LA ESTACIÓN:_____ | | | | | | | | | MES/AÑO:_____ | |
| CONTROL DE CONSUMO DE CLORO | | | | | | | | | | |
| FECHA | DOSIS DE CLORACIÓN (mg/l) | PESO INICIAL BOTELLA kg | PESO FINAL BOTELLA kg | CONSUMO CLORO kg | FECHA INICIO DE BOTELLA | HORA CAMBIO BOTELLA | CONTROL DE CLORO RESIDUAL | HORA | OCURRENCIAS | |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | |
| _____ V°B° | | | | | | | | _____ _____ V°B° | | |

## 6. RESUMEN DE IDEAS

- La cloración es un **medio sencillo y eficaz para desinfectar el agua** y hacerla potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.
- El cloro es una sustancia tóxica y sus recipientes deben ser manipulados con cuidado.
- El control de la calidad del agua de un pozo de abastecimiento es un requisito indispensable para garantizar su confiabilidad como fuente de suministro de agua potable para una comunidad.
- Es muy importante que los operadores de pozos profundos conozcan y apliquen bien las técnicas de muestreo de las aguas subterráneas para garantizar la confiabilidad de los resultados analíticos obtenidos en el laboratorio.
- Las condiciones de almacenamiento de los botellones de cloro deben cumplir con los requisitos mínimos de almacenamiento exigidos.

## 7. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

### 1. Relaciona:

| | | |
|---|---|---|
| a) La acidez | ( ) | Es la intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra de agua. |
| b) El pH | ( ) | Es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas presentes en ella, expresadas como carbonato de calcio equivalente. |
| c) La dureza | ( ) | Se mide por su capacidad para neutralizar ácidos. |
| d) La alcalinidad | ( ) | Afecta procesos industriales y en algunos casos puede dar sabor al agua. |

a) a, b, c, d
b) b, a, d, c
c) c, d, a, b
d) b, a, c, d
e) b, a, c, d

### 2. Objetivos de la cloración del agua subterránea:

a) Eliminar el oxígeno del agua con los contaminantes existentes.
b) Asegurar la inocuidad del agua potable.
c) Eliminar sólidos solubles grandes del agua.
d) Eliminar partículas por sedimentación.
e) Ninguna de las anteriores.

### 3. Una característica principal de un buen desinfectante debe ser:

a) Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos en las cantidades típicas presentes en el agua y en un corto tiempo de contacto.
b) No ser tóxico y no generar subproductos tóxicos.
c) Debe ser muy fácil y seguro de aplicar, así como de determinar su concentración.
d) Tener efecto residual.
e) Todas las anteriores.

### 4. Se refiere a la aplicación del cloro después del proceso de extracción de la fuente subterránea, se ubica normalmente a la salida del pozo en el árbol de impulsión y con ella se pretende garantizar agua de bajo riesgo sanitario:

a) Punto del valor residual del cloro.
b) Puntos de aplicación de cloración.
c) Puntos de muestreo de la cloración.
d) Punto de aplicación de clarificación.
e) Ninguna de las anteriores.

### 5. Métodos que permiten determinar la cantidad de cloro residual:

a) Del antimonio.
b) Del arsénico.
c) Del DPD.
d) De la naftalina.
e) Del aluminio.

### 6. Ordena la secuencia de pasos para el análisis de cloro residual libre en agua con comparador visual:

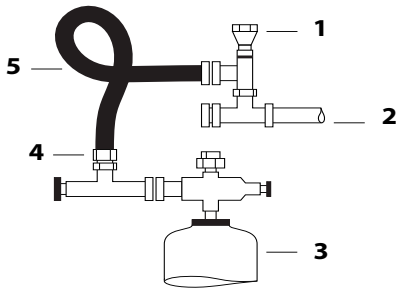
1. Determinar que el lugar o punto de muestreo esté muy limpio.
2. Enjuagar la celda (tubo) varias veces con la misma agua a evaluar, recolectamos el volumen de muestra que vamos a analizar (5 o 10 mL).
3. Colocar la celda en el compartimiento del colorímetro visual, tal que se permita la comparación de colores de la escala del disco con la muestra.
4. Agitar velozmente hasta que el reactivo se disuelva.
5. Recolectada la muestra en la celda, procedemos a añadir el contenido completo de un sachet de DPD en ella.
6. Dejar correr el agua al menos 2 o 3 minutos antes de la toma definitiva.

a) 1, 6, 2, 5, 4, 3
b) 1, 2, 3, 4, 5, 6
c) 1, 3, 5, 6, 4, 3
d) 1, 6, 4, 2, 5, 3
e) 1, 6, 3, 5, 4, 2

## 7. La demanda de cloro varía de acuerdo con una de las siguientes condiciones:

a) El caudal del agua bombeado.
b) La cantidad de cloro agregado.
c) El volumen de agua bombeado.
d) El tipo de inyector de cloro que utilicemos.
e) Ninguna de las anteriores.

## 8. Marcar los correctos componentes de los accesorios del tanque en el sistema de cloro:




a) 1 = válvula, 2 = colector 3 = tanque de cloración, 4 = válvula, 5 = salida de cloro
b) 1 = colector, 2 = válvula, 3 = tanque de cloración, 4 = colector, 5 = salida de cloro
c) 1 = colector, 2 = salida de cloro, 3 = tanque de cloración, 4 = salida de cloro, 5 = salida de cloro
d) 1 = salida de cloro, 2 = colector, 3 = tanque de cloración, 4 = salida de cloro, 5 = salida de cloro
e) Ninguna de las anteriores.

## 9. El cloro es una sustancia tóxica y sus recipientes deben ser manipulados con cuidado teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Los casquetes de protección de válvulas deben instalarse.
b) Los cilindros no deben dejarse caer.
c) Los cilindros no deben recibir golpes fuertes con otros objetos.
d) Los recipientes de cloro deben mantenerse alejados de cualquier foco de irradiación de calor intenso.
e) Todas las anteriores.

## 10. Respecto al almacenamiento de botellones de cloro se debe tener en cuenta que:

a) Puede estar en el interior del edificio el recinto sin ventilación.
b) Deben estar bajo sombra en un área techada y cercada.
c) La basura acumulada no representa ningún riesgo.
d) La ventilación no es un factor importante en el almacenamiento.
e) La radiación de fuentes de calor no es un peligro en el almacenamiento.

## 11. De las tres etapas de la cloración corresponde al concepto de la segunda etapa:

a) Todo el cloro aplicado es consumido por compuestos y materia orgánica presentes en el agua.
b) Cuando la demanda inicial ha sido satisfecha, y el residual de cloro es estable. Esta etapa se identifica por la presencia de cloro residual combinado.
c) Las demandas anteriores han sido satisfechas y se empieza a detectar cloro residual libre.
d) Todo el cloro aplicado es retornado al agua por inyección.
e) Ninguna de las anteriores.

### 12. Los recipientes de 68 kilos de capacidad deben almacenarse en posición:

a) Horizontal.
b) Vertical.
c) Es indiferente su posición.
d) Deben estar colgados con sujetadores de seguridad.
e) Ninguna de las anteriores.

### 13. Corresponde a actividades diarias realizadas por el operador en el proceso de la cloración:

a) Dosificación de cloro en lbs/24 horas.
b) Registro de las horas de operación del clorador.
c) Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.
d) Revisión del sistema de inyección (desarenadores, garganta, mangueras, tubo de solución, difusor, etc.).
e) Todas las anteriores.

### 14. Corresponde a actividades mensuales realizadas por el operador en el proceso de la cloración:

a) Registro de las horas de operación del clorador.
b) Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.
c) Limpieza de filtros, asientos y resortes de otras válvulas.
d) Registro del peso del cilindro conectado (si hay balanzas). Cambio de cilindro si fuere necesario.
e) Limpieza exterior del aparato y del cuarto de cloración.

### 15. Las básculas de cloro permiten:

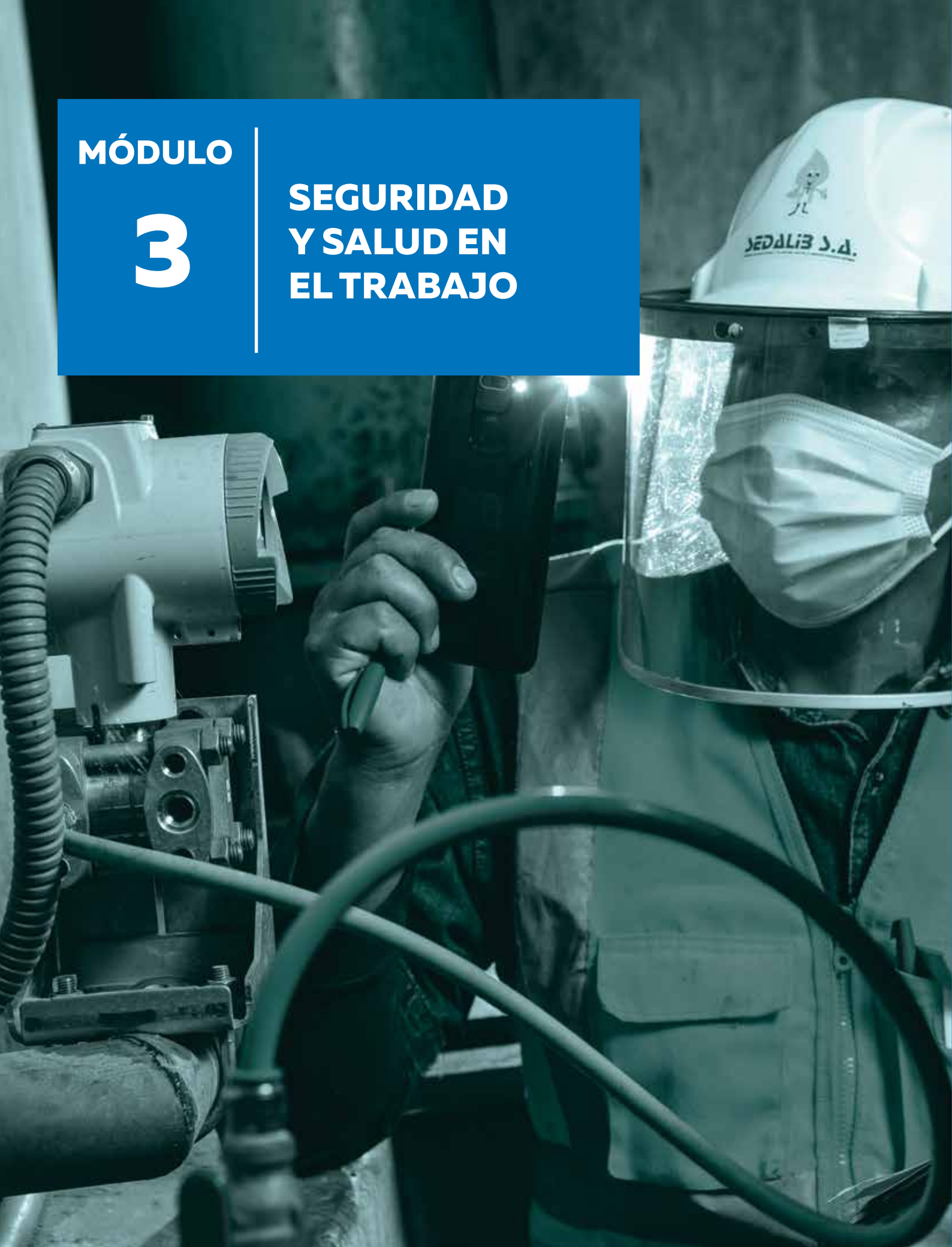
a) Permutar la limpieza del rotámetro y la bola indicadora.
b) Determinar la cantidad total de cloro que se gastó durante el día.
c) Determinar la demanda de cloro residual.
d) Comprobar fugas de cloro o de solución de cloro.
e) Todas las anteriores.

### 16. Para el cuidado en el traslado de botellones de cloro se debe tener en cuenta que:

a) Los cilindros no deben dejarse caer.
b) Los cilindros no deben recibir golpes fuertes con otros objetos.
c) Los cilindros deben ser cargados y descargados de los camiones sobre una plataforma de recepción.
d) Los cilindros deben llevar los casquetes de protección de válvulas.
e) Todas las anteriores.

# 8. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. b
2. b
3. e
4. b
5. c
6. a
7. b
8. a
9. e
10. b
11. b
12. b
13. e
14. c
15. b
16. e




# MÓDULO 3

# SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

# CONTENIDO


1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO 77

2. CONTENIDO DEL MÓDULO 77

3. OBJETIVOS DE SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO 77

4. LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) 77
- 4.1. DEFINICIÓN 77
- 4.2. REQUISITOS DE UN EPP 78
- 4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS EPP 78
- 4.3.1. PROTECCIÓN DE LA CABEZA 78
- 4.3.2. PROTECCIÓN DE OJOS Y CARA 79
- 4.3.2.1. PROTECCIÓN DE LOS OJOS 79
- 4.3.2.2. PROTECCIÓN DE LA CARA 79
- 4.3.3. PROTECCIÓN DE LOS OÍDOS 80
- 4.3.4. PROTECCIÓN DE VÍAS RESPIRATORIAS 80
- 4.3.4.1. LOS RESPIRADORES 80
- 4.3.4.2. TIPOS DE RESPIRADORES 80
- 4.3.5. PROTECCIÓN DE MANOS Y BRAZOS 81
- 4.3.5.1. GUANTES 81
- 4.3.6. PROTECCIÓN DE PIES Y PIERNAS 81
- 4.3.6.1. TIPOS DE CALZADO 82
- 4.3.6.2. CINTURONES DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN ALTURA 82
- 4.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS EPP 82
- 4.4.1. VENTAJAS 82
- 4.4.2. DESVENTAJAS 83
- 4.5. CONSIDERACIONES GENERALES 83
- 4.6. USO ADECUADO, CONSERVACIÓN Y FISCALIZACIÓN DE LOS EPP 83
- 4.6.1. SUMINISTROS DE LOS EPP 83
- 4.6.2. INSTRUCCIÓN EN EL USO, MANTENIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LOS EPP 83
- 4.6.3. MANTENIMIENTO Y CUIDADO DE LOS EPP 84
- 4.6.4. CUIDADOS A SEGUIR CON CADA UNO DE LOS EPP 84
- 4.7. REGISTRO DE INCIDENCIAS EN EL SISTEMA DE SST 85

5. PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE FUGA DE CLORO GAS: EVALUACIÓN, FORMULACIÓN, SIMULACROS Y REVISIÓN PARA MEJORA. 90
- 5.1. DESINFECCIÓN CON CLORO GAS 90
- 5.2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN LA UTILIZACIÓN DE CLORO GAS 90
- 5.3. FORMULACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD QUE DEBEMOS ADOPTAR EN LA UTILIZACIÓN DE CLORO GAS 90
- 5.4. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE ACTUACIÓN EN EMERGENCIA 90
- 5.4.1. APLICACIÓN DE PRIMEROS AUXILIOS QUE NECESITA UNA PERSONA ACCIDENTADA POR CONTACTO CON CLORO GAS 90
- 5.4.2. FUGA DE CLORO 91

6. RESUMEN DE IDEAS 91

7. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 92

8. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN 96

9. BIBLIOGRAFÍA 97

## FIGURAS

Figura 1: Partes del casco de seguridad. 78
Figura 2: Contra líquido, humos, vapores y gases. 79
Figura 3: Contra proyección de partículas. 79
Figura 4: Contra radiaciones. 79
Figura 5: Máscara. 79
Figura 6: Protector Facial. 79
Figura 7: Orejeras. 80
Figura 8: Tampones. 80
Figura 9: Máscaras con filtros. 81
Figura 10: Máscaras sin filtro. 81
Figura 11: Tipos de guantes de protección. 81
Figura 12: Tipos de arnés de seguridad. 82

---

## TABLAS

Tabla 1: Registro de incidentes peligrosos e incidentes. 89

# 1. OBJETIVO DE APRENDIZAJE DEL MÓDULO

El objetivo de este módulo es proporcionar una comprensión general sobre la seguridad y salud en el trabajo dentro del desarrollo de las actividades para la potabilización del agua subterránea.

Al finalizar el módulo, los estudiantes deberán ser capaces de:

- Conocer el principio de seguridad y salud en el trabajo.
- Conocer los diferentes EPP individuales y colectivos.
- Aplicar el plan de contingencia en caso de fuga de cloro gas.
- Evaluar condiciones inseguras en su área de trabajo.

# 2. CONTENIDO DEL MÓDULO

- Los equipos de protección personal (EPP).
- Plan de contingencia en caso de fuga de cloro gas: evaluación, formulación, simulacros y revisión para mejora.

# 3. OBJETIVOS DE SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Proteger la seguridad y salud de todos los trabajadores mediante la mejora continua del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la organización. Cumplir con la normativa nacional vigente aplicable en materia de riesgos laborales.

El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como propósito la estructuración de la acción conjunta entre el empleador y los trabajadores, en la aplicación de las medidas de seguridad y salud en el trabajo (SST) a través del mejoramiento continuo de las condiciones y el medio ambiente laboral, y el control eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo. Involucramiento de los trabajadores para acciones en equipo en pro de la seguridad y la salud de todos los que participan en la cadena de valor de una empresa.

# 4. LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

## 4.1. Definición

Los equipos de protección personal (EPP) comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados por otros medios.

## 4.2. Requisitos de un EPP

- Proporcionar máximo confort, su peso debe ser el mínimo compatible con la eficiencia en la protección.
- No debe restringir los movimientos del trabajador.
- Debe ser durable y, de ser posible, el mantenimiento debe hacerse en la empresa.
- Debe ser elaborado de acuerdo con las normas vigentes.
- Debe tener un aspecto agradable.

## 4.3. Clasificación de los EPP

- Protección de la cabeza (cráneo)
- Protección de ojos y cara
- Protección de los oídos
- Protección de las vías respiratorias
- Protección de manos y brazos
- Protección de pies y piernas
- Cinturones de seguridad para trabajo en altura
- Ropa de trabajo
- Ropa protectora

### 4.3.1. Protección de la cabeza

Los elementos de protección de la cabeza básicamente se reducen a los cascos de seguridad. Estos proveen protección contra casos de impactos y penetración de objetos que puedan caer sobre la cabeza. Los cascos de seguridad también pueden proteger contra choques eléctricos y quemaduras.

El casco protector no se debe caer de la cabeza durante las actividades de trabajo, para evitar esto debe usarse una correa que lo sujete a la quijada.

Es necesario inspeccionar el casco periódicamente para detectar rajaduras o daño que pueden reducir el grado de protección ofrecido.

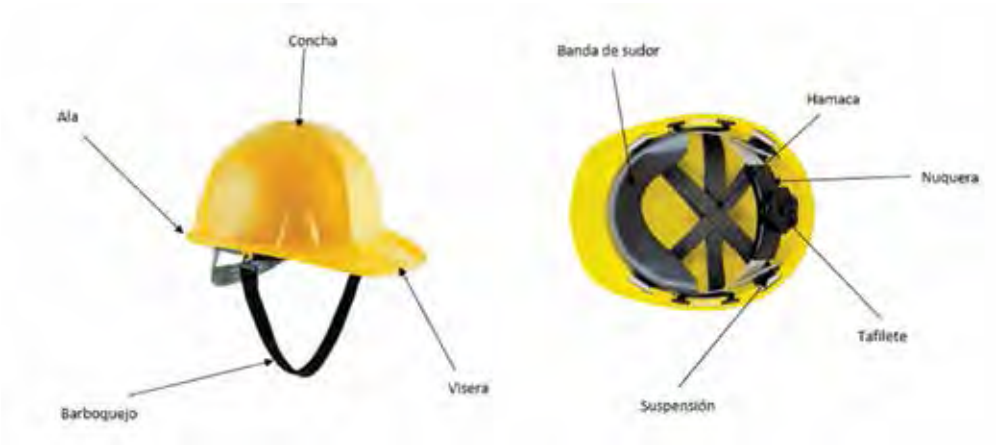



Figura 1: Partes del casco de seguridad.

## 4.3.2. Protección de ojos y cara

Todos los trabajadores que ejecuten cualquier operación que pueda poner en peligro sus ojos, dispondrán de protección apropiada para estos órganos.

Los trabajadores que operen sustancias químicas corrosivas o similares deberán estar protegidos con anteojos fabricados de material blando que se ajuste a la cara, y que sean resistentes al ataque de dichas sustancias.

Para casos donde exista desprendimiento de partículas deben usarse lentes con lunas resistentes a impactos. Para casos donde exista radiación infrarroja deben usarse pantallas protectoras provistas de filtro. También pueden usarse caretas transparentes para proteger la cara contra impactos de partículas.

### 4.3.2.1. Protección de los ojos

Son elementos diseñados para la protección de los ojos, y dentro de estos encontramos:

- Contra líquido, humos, vapores y gases (figura 2)
- Contra proyección de partículas (figura 3)
- Contra radiaciones (figura 4)

**Protectores**

Figura 2: Contra líquido, humos, vapores y gases.

Figura 3: Contra proyección de partículas.

Figura 4: Contra radiaciones.

### 4.3.2.2. Protección de la cara

Son elementos diseñados para la protección de los ojos y cara, dentro de estos tenemos:

- **Máscaras con lentes de protección (máscaras de soldador),** están provistas de lentes que filtran los rayos ultravioletas e infrarrojos (figura 5).
- **Protectores faciales,** permiten la protección contra partículas y otros cuerpos extraños. Pueden ser de plástico transparente, cristal templado o rejilla metálica (figura 6).

Figura 5: Máscara.

Figura 6: Protector Facial.

## 4.3.3. Protección de los oídos

- Cuando el nivel del ruido exceda los 85 decibeles, punto que es considerado como límite superior para la audición normal, es necesario dotar de protección auditiva al trabajador.
- Los protectores auditivos pueden ser: tapones de caucho u orejeras (auriculares).
- Los tapones son elementos que se insertan en el conducto auditivo externo y permanecen en posición sin ningún dispositivo especial de sujeción.
- Las orejeras son elementos semiesféricos de plástico, rellenos con absorbentes de ruido (material poroso), los cuales se sostienen por una banda que los sujeta alrededor de la cabeza.

Figura 7: Orejeras.

Figura 8: Tapones.

## 4.3.4. Protección de vías respiratorias

### 4.3.4.1. Los respiradores

Ningún respirador es capaz de evitar el ingreso de todos los contaminantes del aire a la zona de respiración del usuario. Los respiradores ayudan a proteger contra determinados contaminantes presentes en el aire, reduciendo las concentraciones en la zona de respiración por debajo del TLV (Valores Límite Umbral) u otros niveles de exposición recomendados.

El uso inadecuado del respirador puede ocasionar una sobreexposición a los contaminantes provocando enfermedades o la muerte.

Estos equipo presentan limitaciones generales de su uso:

- Estos respiradores no suministran oxígeno.
- No los use cuando las concentraciones de los contaminantes sean peligrosas para la vida o la salud, o en atmósferas que contengan menos de 16% de oxígeno.
- No use respiradores de presión negativa o positiva con máscara de ajuste facial si existen barbas u otras porosidades en el rostro que no permitan el ajuste hermético.

### 4.3.4.2. Tipos de respiradores

- Respiradores de filtro mecánico: polvos y neblinas.
- Respiradores de cartucho químico: vapores orgánicos y gases.
- Máscaras de depósito: cuando el ambiente está viciado del mismo gas o vapor.
- Respiradores y máscaras con suministro de aire: para atmósferas donde hay menos de 16% de oxígeno en volumen.

Figura 9: Máscaras con filtros.

Figura 10: Máscaras sin filtro.

## 4.3.5. Protección de manos y brazos

### 4.3.5.1. Guantes

- Los guantes que se doten a los trabajadores serán seleccionados de acuerdo con los riesgos a los cuales el usuario esté expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.
- Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.
- No deben usarse guantes para trabajar con o cerca de maquinaria en movimiento o giratoria.
- Los guantes que se encuentran rotos, rasgados o impregnados con materiales químicos no deben ser utilizados.
- Para la manipulación de materiales ásperos o con bordes filosos se recomienda el uso de guantes de cuero o lona.
- Para revisar trabajos de soldadura o fundición donde haya el riesgo de quemaduras con material incandescente se recomienda el uso de guantes y mangas resistentes al calor.
- Para trabajos eléctricos se deben usar guantes de material aislante.
- Para manipular sustancias químicas se recomienda el uso de guantes largos de hule o de neopreno.

Figura 11: Tipos de guantes de protección.

## 4.3.6. Protección de pies y piernas

El calzado de seguridad debe proteger el pie de los trabajadores contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas sobre objetos filosos y agudos y contra caída de objetos, asimismo, debe proteger contra el riesgo eléctrico.

### 4.3.6.1. Tipos de calzado

- Para trabajos donde haya riesgo de caída de objetos contundentes, tales como lingotes de metal, planchas, etc., debe dotarse de calzado de cuero con puntera de metal.
- Para trabajos eléctricos, el calzado debe ser de cuero sin ninguna parte metálica, la suela debe ser de un material aislante.
- Para trabajos en medios húmedos, se usarán botas de goma con suela antideslizante.
- Para trabajos con metales fundidos o líquidos calientes, el calzado se ajustará al pie y al tobillo para evitar el ingreso de dichos materiales por las ranuras.
- Para proteger las piernas contra la salpicadura de metales fundidos, se dotará de polainas de seguridad, las cuales deben ser resistentes al calor.

### 4.3.6.2. Cinturones de seguridad para trabajo en altura

- Son elementos de protección que se utilizan en trabajos efectuados en altura, para evitar caídas del trabajador.
- Para efectuar trabajos a más de 1.8 metros de altura del nivel del piso, se debe dotar al trabajador de:
  - Cinturón o arnés de seguridad enganchados a una línea de vida.

Figura 12: Tipos de arnés de seguridad.

## 4.4. Ventajas y limitaciones de los EPP

### 4.4.1. Ventajas

- Rapidez de su implementación.
- Gran disponibilidad de modelos en el mercado para diferentes uso.
- Fácil visualización de su uso.
- Costo bajo, comparado con otros sistemas de control.
- Fáciles de usar.

### 4.4.2. Desventajas

- Crean una falsa sensación de seguridad: pueden ser sobrepasados por la energía del contaminante o por el material para el cual fueron diseñados.
- Hay una falta de conocimiento técnico generalizada para su adquisición.
- Necesitan un mantenimiento riguroso y periódico.
- En el largo plazo, presentan un costo elevado debido a las necesidades, mantenciones y reposiciones.
- Requieren un esfuerzo adicional de supervisión.

## 4.5. Consideraciones generales

Para que los elementos de protección personal resulten eficaces se deberá considerar lo siguiente:

- La entrega del protector a cada usuario.
- La responsabilidad de la empresa es proporcionar los EPP adecuados; la del trabajador es usarlos. El único EPP que sirve es aquel que ha sido seleccionado técnicamente y que el trabajador usa durante toda la exposición al riesgo.
- Capacitación respecto al riesgo que se está protegiendo.
- Responsabilidad de la línea de supervisión en el uso correcto y permanente de los EPP.
- Es fundamental la participación de los supervisores en el control del buen uso y mantenimiento de los EPP.
- El supervisor debe dar el ejemplo utilizándolos cada vez que esté expuesto al riesgo.

## 4.6. Uso adecuado, conservación y fiscalización de los EPP

El instructivo de entrega, uso y mantenimiento de un EPP establece los lineamientos para la identificación de las necesidades, suministro, uso, mantenimiento, inspección y almacenamiento de los elementos de protección personal (EPP), de tal forma que asegure la protección del trabajador, minimizando los posibles efectos de los riesgos presentes en el sitio de trabajo.

### 4.6.1. Suministros de los EPP

La entrega de los EPP debe quedar registrada en el formato de entrega de dotación de uniformes y EPP y en el formato de control de entrega de elementos de protección personal (EPP) los cuales se suben al sistema disponible de cada EPS con toda la información de los trabajadores.

### 4.6.2. Instrucción en el uso, mantenimiento y almacenamiento de los EPP

En el momento de la entrega de los EPP, se dan las instrucciones necesarias acerca de:

- Cómo usar el equipo.
- Necesidades de limpieza y mantenimiento que requiere.
- Sitio y forma de almacenamiento.
- Criterios a tener en cuenta para solicitar el cambio o reposición.

## 4.6.3. Mantenimiento y cuidado de los EPP

- Los supervisores de seguridad industrial de las EPS deben realizar las inspecciones correspondientes de acuerdo con el cronograma de inspecciones establecido.
- Revisar continuamente los EPP, para así identificar oportunamente el respectivo cambio.
- Limpiar, lavar y desinfectar continuamente los EPP.
- Se debe tener especial cuidado con los protectores auditivos manteniéndolos higiénicamente aseados para evitar infecciones.
- Asimismo, para el almacenamiento de las gafas de seguridad se debe designar un lugar en donde no se puedan quebrar.

## 4.6.4. Cuidados a seguir con cada uno de los EPP

### Tapones auditivos

- Lavar con agua tibia y jabón suave antes de colocárselos.
- Tener las manos muy limpias al momento de insertar.
- Guardarlos secos en un estuche cuando no estén en uso.
- Si se quiebran, rajan o se deforman parcialmente se deben reemplazar.

### Orejeras de copa

- Limpiar la parte acolchada con agua tibia y jabón suave.
- No utilizar alcohol o solvente.
- Cuando las orejeras presenten rajaduras o no tengan todos los empaques, solicitar cambio ya que en ese estado no dan la protección necesaria.

### Gafas de seguridad

- Limpiar con un paño húmedo antes de comenzar la jornada.
- Si están sucias o rayadas limitan la visión y pueden ocasionar un accidente.
- Para evitar que se empañen las gafas, limpiarlas con alcohol.

### Casco

- Revisar periódicamente la suspensión del casco.
- Examinarlo para verificar si tiene cintas desgastadas, remaches sueltos, costuras deshechas u otros defectos.
- Reemplazar después de un impacto severo.

### Botas de seguridad

- Si trabaja con químicos y las botas están agujereadas o rotas, solicitar unas nuevas.
- Reparar las botas no le dará la protección adecuada.

### Respirador con filtros para solventes orgánicos

- Cuando no utilice el respirador, guardarlo en una bolsa plástica bien cerrada, de lo contrario, se saturarán los filtros con los vapores de los solventes dispersos en el ambiente.

### Verificación de uso e inspección. La verificación del uso y estado de los EPP

- Se realiza de acuerdo con el formato de inspección de uso y estado de EPP establecido por la EPS.

### Almacenamiento

- El almacenamiento de los EPP se realiza en cada uno de los centros de trabajo de la EPS. Cada operador es responsable de almacenar en forma correcta los EPP que le han sido suministrados.

### Reposición y cambio de los EPP

- Si se observa algún defecto o deterioro de los EPP ocasionado por el uso normal, el trabajador debe informar al supervisor de seguridad de la EPS, para que coordine su reposición.
- En el evento que el EPP sufra cualquier agresión de tipo impacto o aplastamiento, cristalización por calor que lo deteriore, el trabajador debe avisar al supervisor de seguridad o a su jefe inmediato para que se proceda a su reposición, aun si no se aprecia externamente deterioro alguno.

## 4.7. Registro de incidencias en el sistema de SST

### Registro de accidentes de trabajo

Cuando ocurra un accidente de trabajo es preciso que se adopten las medidas necesarias que eviten su repetición. La recopilación detallada de los datos que ofrece un accidente de trabajo es una valiosa fuente de información, que es conveniente aprovechar al máximo. Para ello es primordial que los datos del accidente de trabajo sean debidamente registrados, ordenados y dispuestos para su posterior análisis y registro estadístico. En la tabla 1 se presenta el formato de registro.

| FICHA TÉCNICA DEL REGISTRO DE ACCIDENTES/INCIDENTES DE TRABAJO | |
|---|---|
| A continuación se detalla el procedimiento que se debe de tener en cuenta para el registro de accidentes o incidentes de trabajo.<br><br>DATOS DEL EMPLEADOR PRINCIPAL | |
| 1. | RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL. Completar la razón social o denominación social, según corresponda, del empleador principal. |
| 2. | RUC. Completar el número de Registro Único del Contribuyente. |
| 3. | DOMICILIO. Indicar el domicilio donde ocurrió el accidente de trabajo. |
| 4. | TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA. Describir en detalle la actividad económica. |
| 5. | NÚMERO DE TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL. Indicar el número de trabajadores totales presentes en el centro laboral, incluyendo trabajadores de intermediación o tercerización. |

| | |
|---|---|
| 6. | **COMPLETAR SOLO EN CASO DE QUE LAS ACTIVIDADES DEL EMPLEADOR SEAN CONSIDERADAS DE ALTO RIESGO.** Las actividades de alto riesgo están comprendidas en el anexo 5 del reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud.<br>**N° TRABAJADORES AFILIADOS AL SCTR.** Completar el número de trabajadores que el empleador afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.<br>**N° TRABAJADORES NO AFILIADOS AL SCTR.** Completar el número de trabajadores que el empleador no afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.<br>**NOMBRE DE LA ASEGURADORA**. Completar el nombre de la aseguradora que contrato el empleador para cubrir prestaciones de SCTR. |
| **DATOS DEL EMPLEADOR DE INTERMEDIACIÓN, TERCERIZACIÓN, CONTRATISTA, SUBCONTRATISTA, OTROS,** Completar solo en caso el trabajador(a) accidentado(a) trabaja para el empleador de intermediación o tercerización, contratista, subcontratista, otros. | |
| 7. | **RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL.** Completar la razón social o denominación social, según corresponda, del empleador de intermediación o tercerización. |
| 8. | **RUC.** Completar el número de Registro Único del Contribuyente del empleador de intermediación o tercerización. |
| 9. | **DOMICILIO.** Completar el domicilio principal del empleador de intermediación o tercerización, según lo indicado en el RUC. |
| 10. | **TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA.** Describir en detalle la actividad económica. |
| 11. | **NÚMERO DE TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL**. Indicar el número de trabajadores destacados para trabajar con el empleador principal. |
| 12. | **COMPLETAR SOLO EN CASO DE QUE LAS ACTIVIDADES DEL EMPLEADOR SEAN CONSIDERADAS DE ALTO RIESGO.** Las actividades de alto riesgo están comprendidas en el anexo 5 del reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud.<br>**N° TRABAJADORES AFILIADOS AL SCTR.** Completar el número de trabajadores que el empleador afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.<br>**N° TRABAJADORES NO AFILIADOS AL SCTR.** Completar el número de trabajadores que el empleador no afilió al Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo.<br>**NOMBRE DE LA ASEGURADORA**. Completar el nombre de la aseguradora que contrató el empleador para cubrir prestaciones de SCTR. |
| DATOS DEL TRABAJADOR | |
| 13. | **APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR AFECTADO.** Completar los apellidos y nombres del trabajador. |
| 14. | **N° DNI/CE.** Completar el número de documento de identidad o carnet de extranjería de ser el caso. |
| 15. | **EDAD.** Completar edad. |
| 16. | **ÁREA.** Completar el nombre del área a la cual pertenece el trabajador. |
| 17. | **PUESTO DE TRABAJO.** Describir el puesto de trabajo. |
| 18. | **ANTIGÜEDAD EN EL EMPLEO.** Indicar el tiempo de permanencia en el empleo. |

| | |
|---|---|
| 19. | **SEXO F/M.** Completar sexo: femenino o masculino. |
| 20. | **TURNO D/T/N.** Completar turno día (D), tarde (T), noche (N). |
| 21. | **TIPO DE CONTRATO.** Completar el tipo de contrato (ejemplo: Decreto Legislativo N° 1057, Decreto Legislativo N° 728, Decreto Legislativo N° 276, otros). |
| 22. | **TIEMPO DE EXPERIENCIA EN EL PUESTO DE TRABAJO.** Completar el tiempo de trabajo en el puesto actual. |
| 23. | **N° HORAS TRABAJADAS EN LA JORNADA LABORAL.** Completar el número de horas trabajadas en la jornada laboral antes de que ocurra el accidente. |
| INVESTIGACIÓN DEL ACCIDENTE DE TRABAJO | |
| 24. | **FECHA Y HORA DE OCURRENCIA DEL ACCIDENTE DE TRABAJO.** Completar la fecha y la hora en la que ocurrió el accidente de trabajo. |
| 25. | **FECHA DE INICIO DE LA INVESTIGACIÓN.** Completar la fecha de inicio de la investigación |
| 26. | **LUGAR EXACTO DONDE OCURRIÓ EL ACCIDENTE.** Completar el área o ubicación del lugar exacto donde ocurrió el accidente de trabajo. |
| 27. | **GRAVEDAD DEL ACCIDENTE DE TRABAJO.** Marcar el tipo de gravedad del accidente de trabajo (Ref. Glosario de términos del D.S. N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo). Según su gravedad, los accidentes de trabajo con lesiones personales puede ser:<br><br>**Accidente leve:** Suceso cuya lesión, resultado de la evacuación médica, que genera en el accidentado un descanso breve con retorno máximo al día siguiente a sus labores habituales.<br>**Accidente incapacitante:** Suceso cuya lesión, resultado de la evaluación médica, da lugar a descanso, ausencia justificada al trabajo y tratamiento. Para fines estadísticos, no se tomará en cuenta el día de ocurrido el accidente.<br>**Accidente mortal:** Suceso cuyas lesiones producen la muerte del trabajador. Para efecto estadísticos debe considerarse la fecha del deceso. |
| 28. | **GRADO DEL ACCIDENTE INCAPACITANTE.** Accidente incapacitante: Según el grado de incapacidad los accidentes de trabajo pueden ser:<br><br>**1. Total temporal:** Cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad total de utilizar su organismo; se otorgará tratamiento médico hasta su plena recuperación.<br>**2. Parcial temporal:** Cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad parcial de utilizar su organismo; se otorgará tratamiento médico hasta su plena recuperación.<br>**3. Parcial permanente:** Cuando la lesión genera la pérdida parcial de un miembro u órgano o de las funciones de este.<br>**4. Total permanente:** Cuando la lesión genera la pérdida anatómica o funcional total de un miembro u órgano; o de las funciones de este. Se considera a partir de la pérdida del dedo meñique. |
| 29. | **N° DÍAS DE DESCANSO MÉDICO.** Completar el número de días de descanso médico otorgado en el centro de salud. |

| | |
|---|---|
| 30. | **N° DE TRABAJADORES AFECTADOS.** Completar el número de trabajadores accidentados con el mismo suceso, de ser el caso. |
| 31. | **DESCRIBIR PARTE DEL CUERPO LESIONADO**. Describir parte del cuerpo lesionado producto del accidente del trabajo. |
| 32. | **DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE DEL TRABAJO.** Describa solo los hechos, no escriba información subjetiva que no pueda ser comprobada, debe estar firmada por el responsable de la investigación. Adjuntar: - Declaración del afectado sobre el accidente de trabajo, - Declaración de testigos de ser el caso, - Procedimientos, planos, registros, entre otros, que ayuden a la investigación de ser el caso. |
| 33. | **DESCRIPCIÓN DE LAS CAUSAS QUE ORIGINARON EL ACCIDENTE DE TRABAJO.** Cada empresa o entidad pública o privada, puede adoptar el modelo de determinación de causas que mejor se adapte a las características y debe adjuntar al formato el desarrollo de esta, indicando el nombre y firma del responsable de la investigación. Ejemplo de modelo de determinación de causas:<br>**Causas de los Accidentes**: Son uno o varios eventos relacionados que concurren para generar un accidente (Ref. D.S. N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo).<br>Se dividen en:<br>**1. Falta de control:** Son fallas, ausencias o debilidades administrativas en la conducción del empleador o servicio y en la fiscalización de las medidas de protección de la seguridad y salud en el trabajo.<br><br>**2. Causas básicas:** Referidas a factores personales y factores de trabajo:<br>**2.1. Factores personales.** Referidos a limitaciones en experiencia, fobias y tensiones presentes en el trabajador.<br>**2.2. Factores del trabajo.** Referidos al trabajo, las condiciones y medio ambiente de trabajo: organización, método, ritmo, turno de trabajo, maquinaria, equipos, materiales, dispositivos de seguridad, sistema de mantenimiento, ambiente, procedimiento, comunicación, entre otros.<br><br>**3. Causas inmediatas:** Son aquellas debidas a los actos y condiciones subestándares.<br>**3.1 Condiciones subestándares:** Es toda condición en el entorno del trabajo que puede causar un accidente.<br>**3.2 Actos subestándares:** Es toda acción o práctica incorrecta ejecutada por el trabajador que puede causar un accidente. Estándares de trabajo: Son los modelos, pautas y patrones establecidos por el empleador que contienen los parámetros y los requisitos mínimos, aceptables de medida, cantidad, valor, peso y extensión establecidos por estudios experimentales, investigación, legislación vigente o resultado del avance tecnológico, con los cuales es posible comparar las actividades de trabajo, desempeño y comportamiento industrial. Es un parámetro que indica la forma correcta de hacer las cosas. El estándar satisface las siguientes preguntas: ¿Qué,? ¿Cómo?, ¿Quién? y ¿Cuándo?. |
| 34. | **MEDIDAS CORRECTIVAS.** Describir las medidas correctivas a implementar para eliminar o controlar la causa y prevenir las recurrencia del accidente de trabajo; indicar el responsable, fecha propuesta de ejecución; así también, en la fecha de ejecución propuesta, completar el estado de la implementación de la medida correctiva (realizada, pendiente, en ejecución). |
| 35. | **RESPONSABLES DEL REGISTRO Y DE LA INVESTIGACIÓN.** Completar los datos de los responsables del registro y de la investigación. |

| N° REGISTRO: | REGISTRO DE INCIDENTES PELIGROSOS E INCIDENTES | | | |
|---|---|---|---|---|
| **DATOS DEL EMPLEADOR PRINCIPAL** | | | | |
| 1. RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL | 2. RUC | 3. DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia) | 4. TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA | 5. N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL |
| | | | | |
| Completar sólo si contrata servicios de intermediación o tercerización: | | | | |
| **DATOS DEL EMPLEADOR DE INTERMEDIACIÓN, TERCERIZACIÓN, CONTRATISTA, SUBCONTRATISTA, OTROS:** | | | | |
| 6. RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL | 7. RUC | 8. DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia) | 9. TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA | 10. N° TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL |
| | | | | |

| **DATOS DEL TRABAJADOR (A):** **Completar solo en caso de que el incidente afecte a trabajador(es).** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11. APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR: | | | | | | | 12. N° DNI/ CE | 13. EDAD |
| | | | | | | | | |
| 14. ÁREA | 15. PUESTO DE TRABAJO | 16. ANTIGÜEDAD EN EL EMPLEO | 17. SEXO F/M | 18. TURNO D/T/N | 19. TIPO DE CONTRATO | 20. TIEMPO DE EXPERIENCIA EN EL PUESTO DE TRABAJO | 21. N° HORAS TRABAJADAS EN LA JORNADA LABORAL (Antes del suceso) | |
| | | | | | | | | |

| **INVESTIGACIÓN DEL INCIDENTE DPELIGROSO O INCIDENTE** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22. MARCAR CON (X) SI ES INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE | | | | | | | |
| 23. INCIDENTE PELIGROSO | | | | | 24. INCIDENTE | | |
| N° TRABAJADORES POTENCIALMENTE AFECTADOS | | | | | DETALLAR TIPO DE ATENCIÓN EN PRIMEROS AUXILIOS (DE SER EL CASO) | | |
| N° POBLADORES POTENCIALMENTE AFECTADOS | | | | | | | |
| 25. FECHA Y HORA EN QUE OCURRIÓ EL INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE | | | | 26. FECHA DE INICIO DE LA INVESTIGACIÓN | | | 27. LUGAR EXACTO DONDE OCURRIÓ EL HECHO |
| DÍA | MES | AÑO | HORA | DÍA | MES | AÑO | |
| | | | | | | | |

| **28. DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE** |
|---|
| Describa solo los hechos, no escriba información subjetiva que no pueda ser comprobada.<br>Adjuntar:<br>- Declaración del afectado, de ser el caso.<br>- Declaración de testigos, de ser el caso.<br>- Procedimiento, planos, registros, entre otros que ayuden a la investigación de ser el caso. |
| |
| Agregar más filas |

| **29. DESCRIPCIÓN DE LAS CAUSAS QUE ORIGINARON EL INCIDENTE PELIGROSO O INCIDENTE** |
|---|
| Cada empresa, entidad pública o privada puede adoptar el modelo de determinación de las causas que mejor se adapte a sus características. |
| Agregar más filas |

| **30. MEDIDAS CORRECTIVAS** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA CORRECTIVA A IMPLEMENTARSE PARA ELIMINAR LA CAUSA Y PREVENIR LA RECURRENCIA | RESPONSABLE | FECHA DE EJECUCIÓN | | | Completar en la fecha de ejecución propuesta, el ESTADO de la implementación de la medida correctiva (realizada, pendiente en ejecución) |
| | | DÍA | MES | AÑO | |
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| Agregar más filas | | | | | |

| **31. RESPONSABLE DEL REGISTRO Y DE LA INVESTIGACIÓN** | | | |
|---|---|---|---|
| Nombre: | Cargo: | Fecha: | Firma: |
| Nombre: | Cargo: | Fecha: | Firma: |

Tabla 1: Registro de incidentes peligrosos e incidentes.

# 5. PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE FUGA DE CLORO GAS: EVALUACIÓN, FORMULACIÓN, SIMULACROS Y REVISIÓN PARA MEJORA

## 5.1. Desinfección con cloro gas

El cloro gas se comercializa envasado en unas botellas metálicas a presión o en grandes contenedores. Existen unos aparatos dosificadores que añaden el cloro gas al agua en la cantidad necesaria.

## 5.2. Identificación de peligros en la utilización de cloro gas

El cloro gas es peligroso para las personas porque irrita los ojos y las mucosas, hace toser y puede producir asfixia. Sin embargo, una vez mezclado con el agua, no presenta peligro para la salud. Cualquier superficie que vaya a estar en contacto con el cloro deberá estar protegida contra la corrosión.

## 5.3. Formulación de medidas de seguridad que debemos adoptar en la utilización de cloro gas

- El lugar donde se almacenen las botellas de cloro gas deberá estar bien ventilado, no recibir directamente la luz del sol, y nunca en un sótano, pues es un gas que tiende a acumularse en los lugares más bajos.
- El almacén de las botellas de cloro deberá estar situado lejos del lugar donde se realiza la cloración.
- Las botellas estarán siempre almacenadas de pie, separando las vacías de las llenas, y con la caperuza de protección de la válvula puesta.
- Los locales donde se realiza la cloración han de tener dos puertas de entrada, opuestas una de la otra, y con apertura hacia afuera. Además, estos locales han de tener ventanas para renovar el aire, y al menos una de estas ha de estar a ras del suelo.
- Es muy conveniente tener un ventilador mecánico en estos locales y colocarlo a ras del suelo. Deberá ser resistente a la corrosión.
- Toda persona que maneje cloro gas deberá tener a su disposición para su utilización una máscara antigás, que deberá estar en buen estado y con un filtro especial para cloro. Asimismo, dispondrá de recambios de filtro.

## 5.4. Procedimientos generales de actuación en emergencia

### 5.4.1. Aplicación de primeros auxilios que necesita una persona accidentada por contacto con cloro gas

Llamaremos inmediatamente al médico y, mientras tanto, colocaremos a la persona accidentada sentada y con la cabeza y la espalda levantadas. No hay que levantarle las piernas. Le quitaremos la ropa y, si tiene el cuerpo mojado de cloro líquido, lo lavaremos con agua abundante. Para aliviar una pequeña irritación de garganta, es bueno beber un poco de leche.

### 5.4.2. Fuga de cloro

Ante una fuga de cloro, líquido o gaseoso, detectable visualmente o por actuación de la alarma:

- Dar la alarma al director de la emergencia y jefe de la intervención.
- Avisar al personal de la existencia de la emergencia.
- Parar cualquier operación que se esté realizando en la zona, dejándola en condiciones seguras.
- Se utilizará el equipo de protección respiratoria siempre, aunque parezca una fuga de pequeña magnitud o aunque haya una persona accidentada.
- Para casos excepcionales o fugas de muy pequeña entidad, se utilizará la máscara con filtro, siempre durante menos de cinco minutos.
- En otro caso se utilizará el equipo de respiración autónomo.
- Los equipos semiautónomos se utilizarán solo cuando la fuga no afecte a la zona de aspiración. No utilizar si no hay certeza.
- Nunca entrará una persona sola en el lugar de la emergencia, en caso de haber saltado la alarma. Cerrar las puertas y ventanas del almacén.
- Evacuar a los accidentados o intoxicados al punto de reunión. Esto tiene prioridad.
- Aplicar primeros auxilios. (Ver ficha de producto).
- Dar la alarma o aviso para petición de ayuda. Hasta que no haya habido seguridad de que se da el aviso, no se procederá a acometer la fuga.
- Después de cumplir con los puntos anteriores, intentar cortar la fuga con el equipo de respiración autónomo y guantes, cerrando válvulas de salida del cilindro.
- Si la fuga es por rotura de un cilindro o de su válvula, intentar taponarla con una abrazadera de plástico o una cuña de madera, dependiendo de la magnitud de esta.
- En caso de no poder detener la fuga en los primeros momentos, aléjese de la fuente de emisión, manteniendo las puertas del almacén cerradas para permitir actuar a la torre de absorción.
- Procure hacer que la torre de absorción aspire solo de la fuente de emisión, cerrando la aspiración de otros puntos comunes que no afecten al lugar de la fuga.
- No utilice agua, si no es imprescindible, ya que el agua con el cloro acelera la corrosión de metales.
- No someta el cilindro afectado a golpes violentos, ni intente trasladarlo rodando. Utilice, si dispone de ello, los medios adecuados (puente grúa o carretilla).
- Evite la exposición al calor de los cilindros. En este caso, sí puede utilizar agua para enfriar los cilindros adyacentes.

## 6. RESUMEN DE IDEAS

- El Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como uno de sus objetivos proteger la integridad de los trabajadores a quienes tiene alcance, por ello es importante aplicar medidas de control para disminuir el riesgo.

- Se entiende por EPP, cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que lo proteja de uno o más riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud. Sin embargo, no reducen los peligros o riesgos, solo protegen al individuo del ambiente externo y pueden llegar a disminuir la gravedad de las lesiones en caso de accidente.

- La utilización de cloro gas requiere de una formulación de medidas de seguridad para garantizar la minimización del riesgo.

# 7. EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

**1. Se define como equipo de protección personal a:**

a) Todos aquellos dispositivos diseñados que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.
b) Todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.
c) Todas aquellas estructuras diseñadas en los centros de trabajo para que el trabajador evite posibles lesiones.
d) La evaluación para prevenir lesiones.
e) Ninguna de las anteriores.

**2. Es uno de los requisitos que debe de cumplir un EPP:**

a) Debe restringir los movimientos del trabajador.
b) Debe ser durable y en lo posible el mantenimiento debe hacerse en la empresa.
c) Debe tener una apariencia poco atractiva e insegura.
d) Su peso debe ser el máximo compatible con la eficiencia en la protección.
e) El mantenimiento de los EPP debe darse a una empresa especializada.

**3. Proveen protección contra casos de impactos y penetración de objetos que caen sobre la cabeza:**

a) Caretas de seguridad.
b) Lentes de seguridad.
c) Casco de seguridad.
d) Gorro de seguridad.
e) Ninguna de las anteriores.

**4. Cuando el nivel del ruido exceda los _____ decibeles, punto que es considerado como límite superior para la audición normal, es necesario dotar de protección auditiva al trabajador.**

a) 50
b) 55
c) 60
d) 85
e) 90

**5. Los _____ayudan a proteger contra determinados contaminantes presentes en el aire, reduciendo las concentraciones en la zona de respiración por debajo del TLV u otros niveles de exposición recomendados.**

a) Mascarillas.
b) Respiradores.
c) Protectores faciales.
d) Tapones de caucho.
e) Ninguno de las anteriores.

### 6. En la protección de brazos y manos se debe tener en cuenta que:

a) Los guantes que se doten a los trabajadores serán seleccionados de acuerdo con los riesgos a los cuales el usuario esté expuesto y a la necesidad de movimiento libre de los dedos.
b) Los guantes deben ser de la talla apropiada y mantenerse en buenas condiciones.
c) No deben usarse guantes para trabajar con o cerca de maquinaria en movimiento o giratoria.
d) Para trabajos de soldadura se recomienda el uso de guantes y mangas resistentes al calor.
e) Todas las anteriores.

### 7. Se considera una ventaja del uso de los EPP:

a) Hay una falta de conocimiento técnico generalizada para su adquisición.
b) Necesitan un mantenimiento riguroso y periódico.
c) Requieren un esfuerzo adicional de supervisión.
d) Costo bajo, comparado con otros sistemas de control.
e) Por su especialización es difícil encontrar en el mercado.

### 8. Se considera una desventaja del uso de los EPP:

a) La rapidez de su implementación.
b) Gran disponibilidad de modelos en el mercado para diferentes usos.
c) La fácil visualización de su uso.
d) En el largo plazo, presentan un costo elevado debido a las necesidades, mantenciones y reposiciones.
e) Hay una falta de conocimiento técnico generalizada para su adquisición.

### 9. Respecto al mantenimiento y cuidado de los EPP:

a) Los supervisores de seguridad industrial de las EPS deben realizar las inspecciones correspondientes de acuerdo con el cronograma de inspecciones establecido.
b) Revisar continuamente los EPP, para así identificar oportunamente el respectivo cambio.
c) Limpiar, lavar y desinfectar continuamente los EPP.
d) Debe tenerse especial cuidado con los protectores auditivos manteniéndolos higiénicamente aseados para evitar infecciones.
e) Todas las anteriores.

### 10. De los cuidados que se deben tener en cuenta respecto a los tapones auditivos, tenemos:

a) Tener las manos muy limpias al momento de colocarlos.
b) Limpiar la parte acolchada con agua tibia y jabón suave.
c) No utilizar alcohol o solvente.
d) Cuando las orejeras presenten rajaduras o no tengan todos los empaques, solicitar cambio ya que en este estado no dan la protección necesaria.
e) Ninguna de las anteriores.

**11. De los cuidados que se deben tener en cuenta respecto a las gafas de seguridad, tenemos:**

a) Limpiar la parte acolchada con agua tibia y jabón suave.
b) No utilizar alcohol o solvente.
c) Cuando las orejeras presenten rajaduras o no tengan todos los empaques, solicitar cambio ya que en este estado no dan la protección necesaria.
d) Si están sucias o rayadas limitan la visión y pueden ocasionar un accidente.
e) Ninguna de las anteriores.

**12. De los cuidados que se deben tener en cuenta respecto a los cascos de seguridad, tenemos:**

a) Debe de cambiar la suspensión cada vez que se utiliza.
b) Limpiar con un paño húmedo antes de comenzar la jornada.
c) Si están sucios o rayados limitan la visión y pueden ocasionar un accidente.
d) Para evitar que se empañen se deben de limpiar con alcohol.
e) Reemplazar después de un impacto severo.

**13. Es una consideración que se debe tener en cuenta para la reposición de los EPP:**

a) Cuando no sea de nuestro agrado.
b) En el evento que el EPP sufra cualquier agresión de tipo impacto o aplastamiento, cristalización por calor que lo deteriore.
c) Cuando esté pasado de moda.
d) Cuando sea repetitiva su utilización.
e) Para evitar la limpieza periódica.

**14. La responsabilidad de _____ es proporcionar los EPP adecuados.**

a) Del trabajador.
b) La empresa.
c) Del sindicato.
d) Del Estado.
e) De EsSalud.

**15. ¿Por qué es importante contar con el instructivo para la entrega, el uso y el mantenimiento de los EPP?**

a) Establece los lineamientos para la identificación de las necesidades de suministro de los EPP.
b) Establece los lineamientos para el uso de los EPP.
c) Establece los lineamientos para el mantenimiento de los EPP.
d) Establece los lineamientos para la inspección y almacenamiento de los elementos EPP.
e) Todas las anteriores.

**16. ¿En qué momento se dan las instrucciones necesarias acerca de cómo usar el equipo, mantenimiento y almacenamiento?**

a) En el momento de la utilización del EPP.
b) En el momento de la entrega de los EPP.
c) En el momento del almacenamiento del EPP.
d) a) y b).
e) b) y c).

**17. El documento donde se realiza la recopilación detallada de los datos de un accidente de trabajo se conoce como:**

a) Cuaderno de ocurrencias diarias.
b) Registro de incidencias en el sistema SST.
c) Parte diario de ocurrencias operacionales.
d) Parte diario de control de calidad.
e) Ninguna de las anteriores.

**18. Ante una fuga inminente de cloro se debe de:**

a) Reparar inmediatamente la tubería de conducción de gas porque se puede agravar.
b) A la primera señal de fuga se deben cerrar inmediatamente las válvulas de trabajo y luego ubicar el punto de fuga con amoníaco.
c) Utilice máscaras adecuadas para evitar la inhalación de esta sustancia.
d) Dar la alarma al director de la emergencia y jefe de la intervención.
e) Todas las anteriores.

# 8. SOLUCIONARIO DE EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. b
2. b
3. c
4. d
5. b
6. e
7. d
8. d
9. e
10. a
11. d
12. e
13. b
14. b
15. e
16. b
17. b
18. e

# 9. BIBLIOGRAFÍA


- Módulo 1 Perforación Manual de pozos. Luis Terán, 2002. Perú.
- Curso de conocimientos básicos sobre aguas subterráneas. Centro Panamericano.
- de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Perú.1981.
- El agua subterránea y los pozos. Edward Johnson. 1ª edición. 1975.
- Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos para Acueductos. Diseño Técnico, Metodológico y Pedagógico Cinara - Universidad del Valle 1997.
- http://biblioteca.sena.edu.com
- https://www.slideshare.net/RamiroResendizBadill/fluidos-dinamicos
- https://www.iagua.es/blogs/arturo-albaladejo-ruiz/que-se-producen-fugas-agua-tuberias
- La enciclopedia de la Ingeniería. Sitio web https://www.ingmecafenix.com/
- Electrónica y electricidad archivos. Sitio web: https://www.ingmecafenix.com/

OTASS

ORGANISMO TÉCNICO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Con el apoyo de:

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
**Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO**