CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor
Operador Base Planta
Módulo 2: Conceptos Básicos
PFPCO-2-01/v.2-[PE01-M02/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile - Innovum, con la colaboración técnica del Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, para el Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero - del cual pasa a ser propiedad -.

Este material está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS
QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE.

© Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport-McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento 7

Módulo II: Conceptos Básicos 8

1. Introducción a la operación de plantas 9

1.1. Generalidades 9

1.2. Descripción global del procesamiento de hidrometalurgia (procesos unitarios) 12

1.3. Descripción global de las plantas concentradoras. (Procesos unitarios) 15

Actividad N° 1 19

2. Metrología Básica 31

2.1. Sistemas de unidades y conversiones 31

Actividad N° 2 37

3. Mecánica de fluidos 44

3.1. Conocimientos Básicos 45

Actividad N° 3 56

4. Nociones de Bloqueo de Equipos 64

4.1. Elementos de Bloqueo 64

4.2. Formatos tipo 72

Actividad N° 4 73

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de Operador Base Planta de nivel 2.
El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.
El instructor podrá además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos:
La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento “Instrumento de evaluación de proceso”.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

Módulo II: Conceptos Básicos

1. Introducción a la operación de plantas

1.1. Generalidades

La metalurgia es el área industrial que se ocupa de la extracción de los metales desde las fuentes naturales, para su posterior refinación a un grado de pureza comercial.

Se utiliza el concepto hidrometalurgia para comprender los procesos de lixiviación selectiva o disolución de los componentes valiosos de las menas y su posterior recuperación de la solución por diferentes métodos. El nombre alude al empleo generalizado de soluciones acuosas como agente de disolución.

Los átomos metálicos abundan en la corteza de la tierra y la mayor parte de ellos se encuentran combinados con átomos no-metálicos, tales como el Oxígeno, en los materiales rocosos.

El primer paso para hacer los metales utilizables, consiste en liberar a los átomos metálicos de sus compuestos (en que se encuentran combinados) y se denomina metalurgia extractiva. Un ejemplo o caso típico, es el Alto Horno que se utiliza para la obtención del Hierro.

Uno de estos hornos puede producir hasta 2.000 toneladas métricas por día (TMD) de metal. Sin embargo, incluso después de haber sometido al metal a una nueva fusión, a refinación y a aleado, éste está sólo parcialmente preparado para su utilización final.

Minerales y yacimientos de cobre

Los minerales son compuestos químicos que se han formado por procesos naturales. Tienen propiedades físicas y químicas definidas de tal forma que sus características son similares, independientemente del lugar de formación en la tierra.

Los minerales se pueden clasificar por las familias químicas a las que pertenecen:

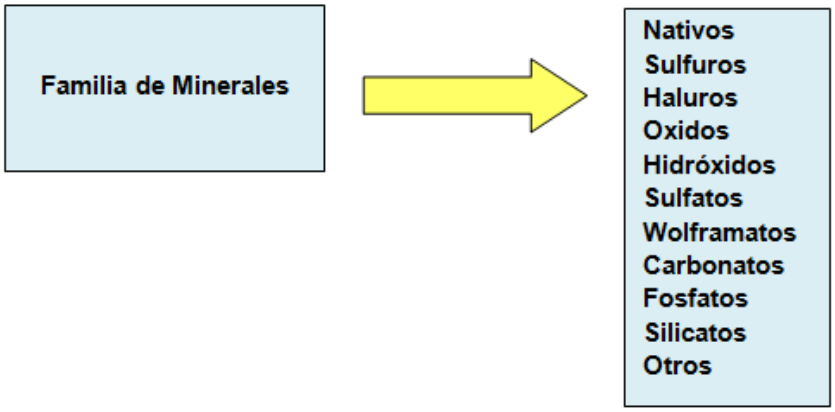


Figura 1

Asimismo, poseen determinadas propiedades físicas que permiten diferenciarlos: fusibilidad, dureza, tenacidad, fractura, exfoliación, brillo, color y raya, reflexión y refracción, conductividad eléctrica, magnetismo y radioactividad, entre otras.

Otro aspecto de importancia está relacionada con la estructura cristalina que tienen asociada los minerales, existen 32 clases cristalinas las que se ordenan en los sistemas tales como: isométrico, hexagonal, tetragonal, ortorrómbico, monoclínico y triclínico.

Minerales de Mena y de Ganga

Respecto del beneficio de minerales resulta conveniente distinguir entre minerales de mena y de ganga:

- Minerales de Mena: Son minerales que contienen la especie útil a recuperar, por ejemplo la atacamita, $Cu_2Cl\ (OH)_3$, que es un mineral de mena de cobre.
- Minerales de Ganga: No contienen la especie a recuperar, por ejemplo en el beneficio del cobre, el cuarzo (SiO_2) es una especie mineral que constituye ganga. Estos minerales normalmente se encuentran asociados a la roca, pero también pueden haberse generado durante el proceso de génesis del depósito. Es el caso de la Pirita, FeS_2, constituyente normal en los depósitos de cobre porfídicos.

La ley de mineral en Chile, es el parámetro que determina el porcentaje de cobre que se encuentra en una determinada muestra de mineral. En general, en las rocas mineralizadas de los grandes yacimientos chilenos, la ley de cobre puede fluctuar en promedio entre un 1 y 2%. Esto significa que por cada tonelada de material extraído hay entre 10 y 20 kilos de cobre puro.

De lo anterior, surgen dos clasificaciones:

- Mineral de alta ley: no necesita de concentración y son de fundición directa.
- Minerales de baja ley: requieren un proceso de concentración para ir a fundición.

Ley de Corte: Es el valor mínimo de ley que permite procesar el mineral sin que haya pérdidas económicas. Por debajo de dicha ley, el costo de procesamiento del mineral es mayor que el beneficio esperado con la recuperación del material útil.

El material que está bajo la ley de corte se extrae de la mina y se deposita en botaderos especiales a fin de procesarlo en el futuro, siempre y cuando existan innovaciones tecnológicas o ajustes de precio en el mercado que permitan dicha tarea.

Métodos de Explotación de Mina

Según lo mencionado anteriormente, los métodos de explotación se clasifican en métodos subterráneos y rajo abierto. La decisión de llevar adelante un proyecto de explotación de una mina es tomada considerando las características del yacimiento, el diseño de la operación y las proyecciones a futuro del mercado internacional de cobre (demanda y precio). De demostrarse que se trata de un negocio con una atractiva rentabilidad, se continúa con las etapas posteriores de planificación y extracción.

En general los yacimientos de cobre, cuya explotación es económicamente atractiva, son de gran tamaño y tienen leyes promedios que varían entre 0,4 y 1,0 % de cobre total.

El criterio técnico económico para la elección de uno u otro tipo de método de extracción (rajo abierto o subterráneo) va a depender de factores tales como: la ley del mineral, la profundidad de los estratos mineralizados, las características mineralógicas del material, el volumen de sobrecarga existente, entre otros.

Operaciones Básicas de Explotación

Las operaciones básicas en toda explotación de una mina son:

- Perforación: se utilizan máquinas perforadoras, cuyas características físicas dependen del macizo rocoso, del grado de fragmentación requerido en la explotación, de la altura del banco, de la configuración de las cargas y de todas las variables que puedan incidir en la economía del proceso. Las perforaciones pueden ser verticales o inclinadas.

- Tronadura: es uno de los procesos de mayor relevancia en la extracción minera y consiste en la fragmentación de la roca, ya sea mineral o estéril, mediante el uso de explosivos. Se realiza de acuerdo a normas establecidas por ley, procedimientos operacionales y técnicas que permiten efectuar en forma segura y eficiente el proceso de reducción de tamaño, que a su vez deja el material suelto y fácilmente asequible para su carguío y traslado posterior hacia las instalaciones del proceso metalúrgico.

- Extracción y Carguío: el material que ha sido tronado se encuentra ahora al pie del banco y se procede a cargar sobre camiones, mediante palas electromecánicas o hidráulicas, para ser evacuado de la mina. El material estéril se lleva a botaderos y el material útil al chancador primario, en camiones tolva de distintas capacidades, para dar inicio al proceso metalúrgico de extracción del cobre.

- Transporte. a raíz de la gran cantidad de material que se genera, el transporte de mineral al interior de una mina es de gran complejidad y es necesario optimizar esta

operación. En la operación se busca mantener con el máximo de rendimiento a los equipos, palas y camiones, y para ello se dispone de sistemas de detección y de asignación de tareas con el fin de que no hayan maquinarias desocupadas, como palas o camiones en filas de espera.

Proceso de reducción y clasificación de tamaño

La operación de reducción de tamaño, llamado **conminución**, consiste en la producción de partículas de menor masa a partir de trozos mayores, para ello es necesario provocar la fractura o quebrantamiento de las mismas, mediante la aplicación de presiones.
El objetivo es preparar al sólido para la posterior extracción de los elementos valiosos contenidos en la mena. Puede llevarse a cabo usando varias etapas de chancado (y de molienda).

El número de etapas depende de:
a) Características de la alimentación
b) Características del mineral
c) Operación posterior

Generalmente el chancado es una operación en seco y normalmente se realiza en dos o tres etapas. Los trozos de mena extraídos de la mina pueden ser tan grandes como 1,5 m y éstos son reducidos en la etapa de chancado primaria hasta 10-20 cm en máquinas chancadoras de trabajo pesado.

1.2. Descripción global del procesamiento de hidrometalurgia (procesos unitarios)

Hidrometalurgia

La hidrometalurgia es el proceso por el cual se obtiene el mineral puro de interés con base en reacciones químicas en solución acuosa. Este proceso se realiza para minerales que son solubles, y en general corresponden a minerales oxidados.

El proceso hidrometalúrgico más importante es la lixiviación. En éste, el mineral que contiene el metal que se desea extraer se disuelve de un modo selectivo. Si el compuesto es soluble en agua, entonces el agua resulta ser un buen agente para la lixiviación, pero, en general, para la lixiviación se utiliza una solución acuosa de un ácido, una base o una sal. Para la extracción de cobre oxidado se utiliza *ácido sulfúrico,* que diluye todos los metales que contiene el mineral, incluyendo el cobre.

Los metales oxidados se encuentran en la superficie del suelo y son solubles, mientras que *los sulfurados* están en capas más profundas de éste y son minerales insolubles. Esta característica determina el tratamiento del metal:

- Si los minerales son solubles, se utiliza la hidrometalurgia para extraerlos.
- Si los minerales son insolubles, se utiliza la pirometalurgia.

Una vez que se tiene el metal extraído, ya sea en solución o en sólido, éste debe ser refinado; este proceso involucra la obtención del metal puro, a fin de venderlo.

Cuando todos los metales se encuentran disueltos en una solución acuosa de ácido sulfúrico, se debe extraer aquel metal de interés. Para esta etapa se utiliza, en general, una extracción con un solvente especial. Dicho solvente debe ser orgánico, de modo que cuando se pone en contacto con la fase acuosa, extrae inmediatamente el cobre y forma una fase insoluble en la solución, como si fuera agua y aceite. De esta forma, el cobre queda unido a una fase orgánica, libre de todo el resto de los metales que se encuentran en el mineral inicial.

Cuando el metal se encuentra en la fase orgánica, ahora se hace necesario sacarlo a una fase acuosa de modo que pueda seguir hacia la refinación.

La purificación del metal se efectúa mediante electro refinación, que permite obtener cobre en estado metálico. En este proceso, el cobre se purifica por electrólisis, proceso que consiste en lo siguiente:

Grandes planchas de cobre sirven de ánodos (polo positivo) de la celda, mientras los cátodos (polo negativo) son láminas delgadas de cobre. Ambos electrodos se encuentran en una solución acuosa que contiene sulfato de cobre. Al aplicar una diferencia de potencial apropiada, causa la oxidación del cobre metálico en el ánodo y la reducción del Cu^{+2} a Cu^{+} metálico en el cátodo. El proceso ocurre gracias a que es más fácil que ocurra la reducción del Cu^{+2} que la del agua.

Agentes Lixiviantes

Se clasifican en:

- **Ácido**: Ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico.
- **Bases:** Hidróxido de amonio y sodio.
- **Agentes complejantes**: Amoniaco, sales de amonio, cianuros, carbonatos.

Minerales de Cobre

<u>Cobre Nativo:</u>

Sulfurados de cobre:

- Calcopirita.
- Bornita.
- Calcosina.
- Covelina.

Oxidados de cobre:

- Malaquita.
- Crisocola.
- Azurita.
- Brochantita.
- Cuprita.

La Hidrometalurgia posee varias ventajas:

- Mínimos problemas de contaminación ambiental.
- Aplicable a menas pobres.
- Permite separaciones difíciles.
- Bajo costo de operación.
- Menor costo de inversión.
- No exige transporte complicado de mineral.
- Fácil control de procesos.

Etapas del Proceso Hidrometalúrgico del Cobre

El mineral de cobre extraído de la mina es transportado a la planta, donde es tratado para extraer el cobre del mineral produciendo cobre catódico de alta calidad. La planta hidrometalúrgica, integrada a la mina, contiene las instalaciones necesarias para las siguientes etapas básicas del tratamiento del mineral de cobre:

Trituración: El mineral procedente de la mina se tritura en seco utilizando chancadores que reducen su tamaño. Posteriormente este material de menor tamaño pasa a una etapa de aglomeración para que las partículas más pequeñas se agrupen.

Lixiviación: El mineral aglomerado pasa al circuito de lixiviación produciéndose la disolución del cobre contenido en el mineral, pasando el cobre a la solución acuosa. El residuo de lixiviación, que contiene los componentes no lixiviados, es filtrado obteniéndose un residuo sólido seco (estériles de tratamiento).

Extracción por disolventes orgánicos: La solución acuosa con cobre disuelto pasa al circuito de extracción con disolventes, donde, por medio de un agente de extracción selectivo para el cobre, se logra su purificación y concentración.

Electrodeposición: La solución acuosa con cobre, concentrada y purificada, pasa a las celdas de electrodeposición, donde el cobre se deposita sobre los cátodos de acero inoxidable. Los cátodos de cobre de alta pureza (LME Grado "A": 99,9935% Cu) resultantes son desplazados y enviados directamente a la industria de transformación.

A continuación se presenta un esquema general del proceso de hidrometalurgia:

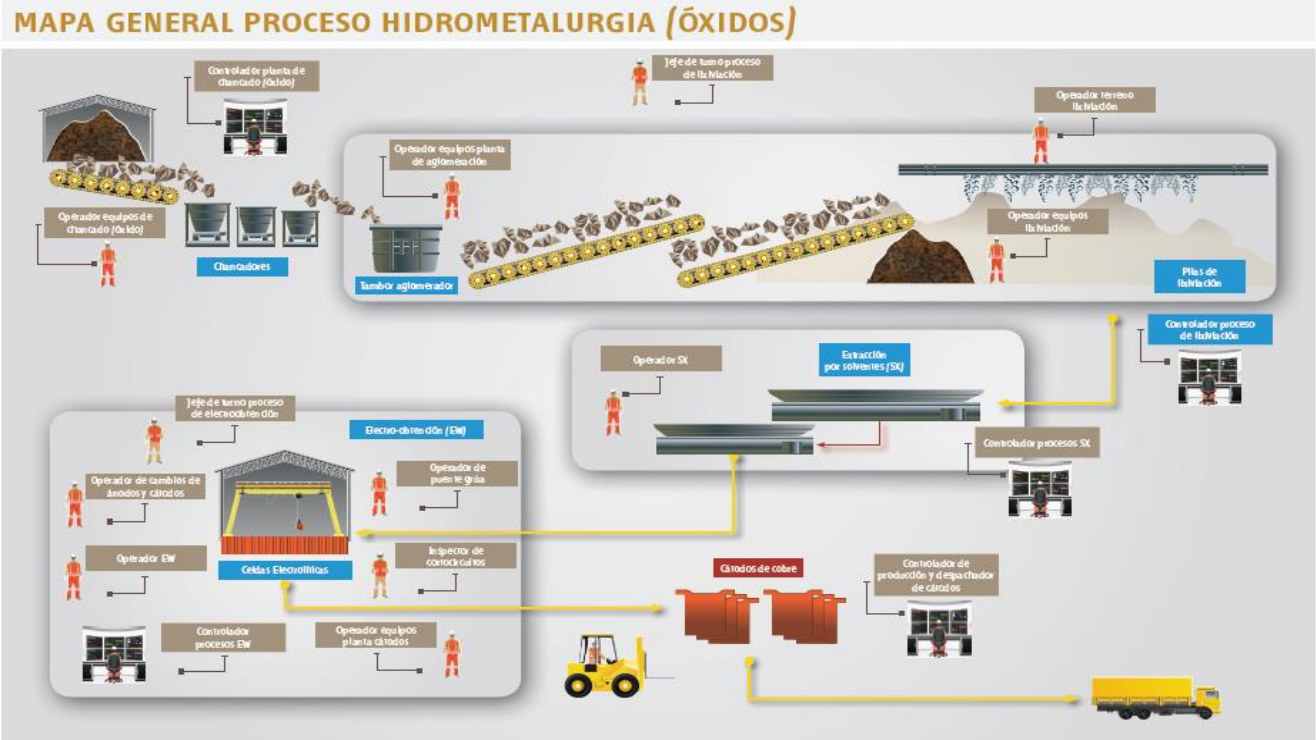


Figura 2

Este esquema busca ilustrar las principales etapas, equipos, y perfiles ocupacionales presentes en el proceso, a fin de facilitar su comprensión por parte de personas que ingresan a la industria minera.

1.3. Descripción global de las plantas concentradoras. (Procesos unitarios)

Una planta concentradora es una unidad metalúrgica constituida por una serie de equipos y maquinas instaladas de acuerdo a una distribución física definida que responde a un diagrama de proceso, donde la mena es alimentada y procesada hasta obtener uno o más productos valiosos denominados concentrados y un producto no valioso denominado relave. Los minerales no sufren ningún cambio químico.

Para el diseño de una planta concentradora de minerales se debe tener en cuenta el comportamiento de la mena frente al proceso de concentración (flotación por espumas, gravimétrica, magnética, entre otros) según sea la zona o profundidad de donde provienen y que debe estar ubicada lo más cerca posible de la mina. Ello conlleva a establecer una relación entre la zona de una veta y el proceso de concentración.

¿Qué hacen las plantas concentradoras?

La planta concentradora trata minerales pobres a fin de separar los sulfuros valiosos en forma de concentrados y eliminar lo que no sirve en forma de relaves.

Proceso de Operaciones Unitarias Sulfuros

Como se indicó, las menas de cobre pueden ser de naturaleza sulfurada (sulfuros), contienen S2- en su estructura química, o bien no-sulfuradas (óxidos). Estos dos tipos de minerales de cobre siguen, en general, dos vías de procesamiento diferentes.

Los minerales de cobre con mena sulfurada siguen un proceso de concentración mediante flotación y como producto se obtiene un concentrado, entre 35 y 45% de cobre, el cual es llevado a procesos pirometalúrgicos de fusión-conversión. Eventualmente, tanto el mineral como el concentrado pueden ser procesados por métodos hidrometalúrgicos, por ejemplo, utilizando otro proceso denominado biolixiviación.

Tratamiento de Minerales Sulfurados de Cobre

El objetivo del proceso de concentración es liberar y concentrar las partículas de cobre que se encuentran en forma de sulfuros en las rocas mineralizadas, de manera que pueda continuar a otras etapas del proceso productivo. Generalmente, este proceso se realiza en grandes instalaciones ubicadas en la superficie, formando lo que se conoce como planta, y que se ubican lo más cerca posible de la mina.

El proceso de concentración se divide en las siguientes fases:

- **Chancado**: el Chancador realiza el primer proceso de reducción de tamaño de las rocas de material extraído de la mina, que presenta una granulometría variada, desde partículas de menos de 1 mm hasta fragmentos mayores que 1 mt de diámetro, por lo que el objetivo del chancado es reducir el tamaño de los fragmentos mayores hasta obtener un tamaño uniforme máximo de ½ pulgada (1,27cm).

- **Molienda**: el material que viene del chancador, pasa al proceso de molienda donde diferentes molinos reducen aún más su tamaño, el proceso de la molienda se realiza utilizando grandes equipos giratorios o molinos de forma cilíndrica. Mediante la molienda, se continúa reduciendo el tamaño de las partículas que componen el mineral, para obtener una granulometría máxima de 180 micrones (0,18 mm), la que permite finalmente la liberación de la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales. En general, se utilizan dos formas diferentes:

- Molienda Convencional.
- Molienda SAG.

- **Flotación**: Su importancia tecnológica es que hace posible la explotación económica de yacimientos de baja ley. Su rápido desarrollo tecnológico ha permitido reducir por lo menos en diez (10) veces las leyes de mina mínimas a tratar en forma económica; subir las leyes de los concentrados; disminuir las pérdidas en colas y relaves; reducir los costos, y aumentar la recuperación.

- **Espesamiento**: Una vez obtenido el concentrado desde la etapa de flotación y el material de descarte o relave, o la solución y el residuo, es necesario disminuir el contenido de agua/líquido del concentrado. Mediante estanques espesadores de gran diámetro con agitadores, el líquido que tiene menor densidad que el concentrado se ubica en la superficie y por rebose se evacua. El concentrado por su parte es retirado desde la parte inferior del estanque. Se denomina entonces espesamiento a la operación de separar, mediante el mecanismo de sedimentación, parte del agua de una suspensión, de modo de obtener por una parte, una pulpa de mayor concentración de sólidos en la descarga (underflow) y por la otra, un flujo de agua clara.

- **Filtración**: Es una de las aplicaciones más conocidas del flujo de fluidos a través de lechos porosos, en esta operación, las partículas sólidas en el fluido, se retienen en un medio poroso, dejando pasar este último, un fluido libre de partículas sólidas. A nivel industrial, la filtración cubre un amplio rango de aplicaciones. Las partículas sólidas suspendidas pueden ser gruesas o finas, rígidas o plásticas, de forma esférica o irregular, agregado de partículas o partículas individuales. La suspensión de alimentación puede llevar una fracción elevada o muy baja de sólidos. Puede estar muy fría o muy caliente, y estar sometida a vacío o alta presión. El producto valioso puede ser el líquido filtrado, o el conjunto de partículas llamado queque o torta que se forma junto a la cara del medio filtrante. En algunos casos la separación de fases debe ser prácticamente completa; en otros sólo se desea una separación parcial. Por lo tanto se han desarrollado numerosos filtros para resolver los diferentes problemas que se presentan a nivel industrial.

- **Fundición y Refinación:** El cobre obtenido como concentrado a partir de minerales sulfurados de baja ley, sigue su procesamiento normalmente a través de un proceso pirometalúrgico. Estas etapas pirometalúrgicas incluyen tostación, fusión, conversión y la refinación. Cada una estas etapas se realiza a altas temperaturas lo que ocasiona la volatilización de varios de los elementos presentes. Los gases producidos contienen también polvo, a veces en cantidades considerables, así como SO2, ya que todas las operaciones son oxidantes. El concentrado de cobre seco con una concentración del 31% de cobre, se somete a procesos de pirometalurgia en hornos a grandes

temperaturas, mediante los cuales el cobre del concentrado es transformado en cobre metálico y se separa de los otros minerales como fierro (Fe), azufre (S), sílice (Si) y otros.

Secciones de la Planta Concentradora

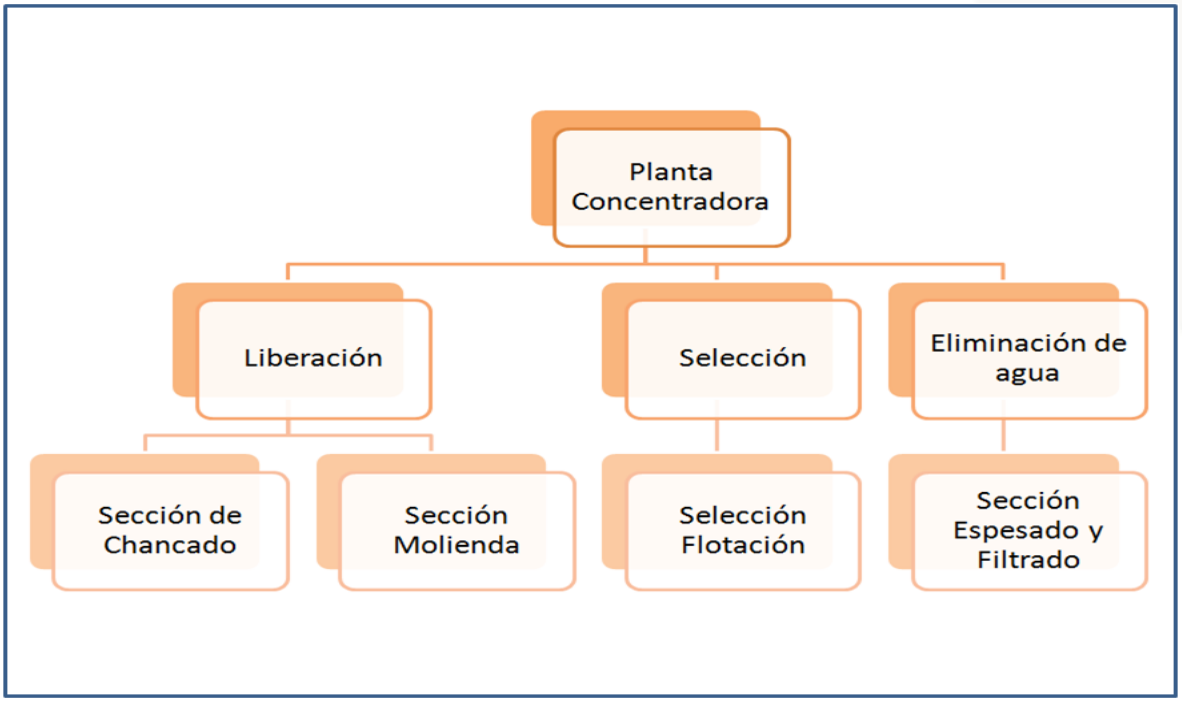


Figura 3

Figura 4

Este esquema busca ilustrar las principales etapas, equipos, y perfiles ocupacionales presentes en el proceso, a fin de facilitar su comprensión por parte de personas que ingresan a la industria minera.

Funciones del operador de plantas

Actividad N° 1

Desarrollará funciones que incluyen, entre otras:

- Operar equipos de molienda: agregar cuerpo moledor y verificar parámetros operacionales.
- Operar equipos de flotación; en lo relacionado a recepcionar y manipular reactivos.
- Operar en terreno el proceso de lixiviación básico: chequear las condiciones operacionales del proceso en terreno, detectando condiciones de riesgo de la operación e informando de éstas a quien corresponda.
- Verificar en terreno la correcta operación y armado del sistema de riego de pilas y aireación, ejecutando la operación de lixiviación, en terreno, en sus diferentes etapas, manteniendo los niveles de las piscinas de PLS, ILS y refino.
- Verifica mantenciones programadas y toma muestras de las soluciones de riego y de efluentes, extrayendo fracción de muestra para análisis puntual, comunicando de novedades al turno entrante.
- Chequear las condiciones operacionales del proceso de celdas de electro obtención; chequear el flujo de descarga y nivel de las celdas, entre otros.
- Transportar materiales y/o equipos en puente grúa; lo que implica controlar las condiciones operativas del puente grúa y realizar traslados de acuerdo a estándares organizacionales.
- Monitorear el pleno funcionamiento de los equipos a su cargo, durante toda la jornada laboral, previendo y diagnosticando posibles fallas.
- Debe mantener una efectiva comunicación con los respectivos controladores de cada proceso y supervisor, así como también tomar acciones correctivas, según corresponda, para satisfacer eficiente y efectivamente el cumplimiento de los procedimientos.

Conceptos básicos: Introducción Operación de plantas

Introducción a la actividad

La siguiente actividad en relación a **Introducción a la operación de plantas** se divide en 2 secciones: 1) **Introducción a la seguridad minera**: Elementos de Protección Personal (EPP) y 2) **Introducción a los procesos unitarios (hidrometalurgia y plantas concentradoras)**. El cierre es común a ambas actividades.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

1) Introducción a la seguridad minera: Elementos de Protección Personal (EPP)

Objetivos de aprendizaje

- Conocer los principales equipos de protección personal y su uso.

Identificar riesgos en el trabajo y utilizar correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP) **Descripción de la actividad**

Los participantes guiados por el instructor conocerán los elementos de protección personal más utilizados en la industria minera. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos elementos, su correcto uso y la protección que brindan frente a riesgos laborales propios de la industria minera.

Materiales y recursos

Se recomienda que el Organismo Técnico de Capacitación adquiera los siguientes elementos para ser utilizados en el aula o talleres prácticos:

- Zapatos de seguridad.
- Overol con cintas reflectantes.
- Chaleco de geólogo.
- Cubrenuca.
- Guantes.
- Guantes de cabritilla.
- Guantes de goma.
- Respirador con filtros.
- Lentes de seguridad (claros y oscuros).
- Casco con protectores auditivos.

Recurso audiovisual:

- EPP http://www.youtube.com/watch?v=4ymvWwkMDy0

Desarrollo

El instructor podrá invitar a los participantes a observar con atención un breve video sobre protección personal, para generar condiciones para una conversación respecto a los que son y para qué sirven los Equipos de Protección Personal relacionando con ejemplos de las condiciones en que se desarrolla la operación en plantas concentradoras o plantas de hidrometalurgia (LX-SX-EW).

Se sugiere que el instructor adopte un estilo de dirección que ayude a construir aprendizajes a partir del video y la conversación respecto a este, utilizando técnicas como: clarificar, profundizar, reformular. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes, profundizará en los temas, escribirá en la pizarra u otro soporte para destacar lo relevante, dará la palabra a la mayor parte posible de participantes y resumirá lo relevante durante el cierre de la actividad.

"Curso de protección personal"

¿Cuál es la definición de Equipo de Protección Personal?

Es equipo o equipos destinados a dar garantía de la integridad física del trabajador a través de la reducción del grado de exposición.

¿Cuándo se utiliza el EPP?

- El EPP es la última barrera de garantía entre la persona y el riesgo. Se utilizan cuando:
- Es imposible controlar el riesgo en su origen.
- Cuando es imposible instalar protección colectiva eficaz.
- Existe riesgo residual a pesar de la protección colectiva.
- En situaciones de riesgo esporádicas (rescate o emergencia).

Una vez realizada la introducción al tema a través del video los participantes trabajarán con el equipo de protección personal en el aula. Los elementos de protección personal deberán estar sin nombres con la finalidad de aprender a reconocerlos mediante la observación de sus características. De no tener los elementos solicitados se podrán usar las fotografías contenidas en el material didáctico como imágenes referenciales.

El instructor podrá realizar esta actividad en grupos, en pares o de manera individual. Solicitará a los participantes que observen en sus guías los elementos de protección personal y contesten las preguntas ¿qué es? y ¿para qué sirve? de la forma más completa posible.

El participante deberá considerar sus principales características, su clasificación y los riesgos o peligros con que se asocia. A modo de recordatorio para el instructor, las clasificaciones de los EPP son: protección para la cabeza, oídos, ojos y cara, vías respiratorias, manos y brazos, tronco y abdomen, pies y piernas, piel y total de cuerpo.

Una vez completada la actividad los participantes podrán compartir sus resultados con el resto del curso y comparar las respuestas. El instructor podrá crear condiciones para tener una discusión en clases y entregará las respuestas correctas al final de la actividad.

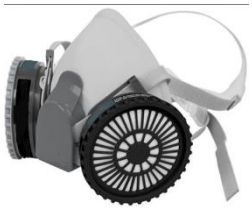
Repuestas para el Instructor:

Elemento de seguridad	¿Qué es?	¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, qué riesgos se asocian a su uso).
	Zapatos de seguridad	El calzado es parte importante de la indumentaria de protección personal y es utilizada para proteger los pies. Entre los riesgos que previene el calzado de seguridad industrial se encuentran: Acciones mecánicas. Como caída de objetos, impacto sobre el talón, caminar sobre objetos puntiagudos o punzocortantes. El calzado debe tener resistencia en la punta, el tacón debe tener capacidad para absorber energía, la suela debe tener resistencia al deslizamiento y a la perforación. Acciones eléctricas y térmicas. Baja, media y alta tensión, además, frío y calor. Se debe elegir un zapato con aislamiento eléctrico, conductibilidad eléctrica, también con aislamiento térmico. Acciones químicas. Proyección o líquidos agresivos, proyección de metales en fusión. Debe elegirse un calzado con resistencia y estanquidad.
	Overol con cintas reflectantes	Para protección del cuerpo en áreas de trabajo de la industria minera. Brinda protección para evitar la penetración de agentes peligrosos al cuerpo (salpicaduras químicas, polvo, chispas, etc.), bajo condiciones de humedad y

		calor. Con cintas reflectantes para lograr una alta visibilidad
	Chaleco tipo geólogo	Para protección de dorso y abdomen en ambientes exteriores e interiores, con cintas reflectantes para mantenerse visible durante la noche o en ambientes oscuros. Tiene bolsillos funcionales (radio, lápices, herramientas pequeñas).
	Cubrenuca	Para protección de los rayos solares y el frío de la parte posterior de la cabeza (nuca) y parte del rostro, adosable al casco.
	Guantes	Protegen los dedos, las manos y en ocasiones las muñecas y antebrazos contra los riegos de: cortes, abrasiones, laceraciones y otras lesiones.

Elemento de seguridad	**¿Qué es?**	**¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, que riesgos se asocian a su uso).**

	Guantes de cabritilla	Para uso en labores con bajo nivel de riesgo de abrasión y cortes. Mayor resistencia a la abrasión siendo un cuero altamente recomendado para aplicaciones que requieran sensibilidad táctil ideal para operadores de maquinaria, operadores de camiones tanques y tractores de remolque, trabajos de servicios públicos y electricistas.
	Guantes de goma	Protegen las manos de cortes, la abrasión y son resistentes a la perforación. Tienen capacidad de agarre y se utiliza ampliamente en la industria minera para las actividades de mantenimiento en general y el manejo de materiales.

	Respirador con filtros	Cubre la boca y nariz del trabajador y llevan acoplado uno o más elementos filtrantes en forma de cartucho cilindro que retienen el contaminante disperso en el aire, al ser inhalado por el trabajador. Su uso efectivo está condicionado a la hermeticidad entre la máscara y la piel del trabajador. El elemento filtrante debe ser seleccionado de acuerdo al contaminante (polvos, humos, productos químicos en estado de vapores o gases). No son intercambiables.
Elemento de seguridad	**¿Qué es?**	**¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, que riesgos se asocian a su uso).**
 	Lentes de seguridad (claros y oscuros)	Proporcionan protección contra partículas que saltan a los ojos en forma frontal y lateral.

	Protectores auditivos	Las orejeras protegen los oídos y se utilizan cuando existe riesgo de exposición al ruido, tales como construcción, metalurgia, o donde existan motores o turbinas. También cuando los trabajadores están expuestos a polvo, grasa u otro tipo de sustancias.
	Buzo antiácido	Resistente a salpicaduras de ácido, entregando tiempo en segundos para que el usuario pueda retirar el traje. Recomendado para trabajos en ambientes ácidos en minería e industrias químicas
	Casco con luz de seguridad	El casco, en minería, es un equipo de protección de la cabeza para los trabajadores de las minas. Se utiliza con fines de seguridad para los mineros, sobre todo en la minería subterránea. Suelen tener un foco de luz colocado en la zona frontal.

b) Descripción global del procesamiento de hidrometalurgia (procesos unitarios)

Objetivos de aprendizaje

- Presentar los principales procesos de hidrometalurgia y planta concentradora

Descripción de la actividad

El objetivo de esta actividad es que el participante reconozca los principales procesos asociados al procesamiento de cobre: óxido de cobre y sulfuro de cobre. También deberán mencionar, en su opinión, qué tipo de EPP es apropiado para cada proceso.

Materiales y recursos

- Material didáctico de la actividad (preguntas)

Desarrollo

El instructor pedirá a los participantes que se organicen en pares o grupos y ordenen correctamente el proceso para la obtención de cobre. Explicará que los minerales de cobre pueden presentarse como sulfuros u óxidos y cada uno de ellos es tratado como diferentes procesos metalúrgicos. Luego, los participantes deberán escribir al lado de cada etapa del proceso los EPP adecuados a utilizar.

<table>
<tr><td colspan="3">Óxido de cobre</td></tr>
<tr><td colspan="2">Chancado y separación</td><td>EPP:
Overol con cintas reflectantes
Chaleco tipo geólogo
Cubrenuca
Guantes
Respirador con filtros
Lentes de seguridad
Protectores auditivos</td></tr>
<tr><td>Lixiviación en pilas</td><td>Lixiviación por agitación</td><td rowspan="3">EPP:
Overol con cintas reflectantes
Chaleco tipo geólogo
Cubrenuca
Guantes
Respirador con filtros
Lentes de seguridad
Protectores auditivos</td></tr>
<tr><td colspan="2">Extracción por solvente</td></tr>
<tr><td colspan="2">Electro obtención</td></tr>
</table>

	Buzo antiaciado
Cátodo de cobre	

Sulfuro de cobre	
Chancado y molienda	**EPP:** Overol con cintas reflectantes Chaleco tipo geólogo Cubrenuca Guantes Respirador con filtros Lentes de seguridad Protectores auditivos
Flotación	**EPP:** Overol con cintas reflectantes Chaleco tipo geólogo Cubrenuca Guantes Respirador con filtros Lentes de seguridad Protectores auditivos Buzo antiaciado
Espesamiento	**EPP:** Overol con cintas reflectantes Chaleco tipo geólogo Cubrenuca Guantes Respirador con filtros Lentes de seguridad Protectores auditivos
Filtrado	**EPP:** Overol con cintas reflectantes Chaleco tipo geólogo Cubrenuca

		Guantes Respirador con filtros Lentes de seguridad Protectores auditivos Buzo antiaciado
Transporte	Espesamiento y disposición de relaves	**EPP:** Overol con cintas reflectantes Chaleco tipo geólogo Cubrenuca Guantes Respirador con filtros Lentes de seguridad Protectores auditivos
Concentrado de cobre		

Cierre

El instructor deberá explicar que es importante que el operador lleve consigo todo el equipo de protección personal aunque no se esté usando en todo momento. Hay que respetar las normas de seguridad y las vías habilitadas. Siempre fijarse en la señalética. Hay que conocer la zona de seguridad en caso de distintas emergencias.

Es importante que el trabajador conozca el proceso y los equipos relacionados en cada etapa de la obtención de cobre, identificado en que parte del proceso se encuentra.

Los trabajadores deberán seguir órdenes y no podrán tomar sus propias decisiones, es decir no deben actuar por iniciativa propia, pero sí deben conocer muy bien los riesgos asociados.

2. Metrología Básica

La Metrología es la ciencia de la medición, estudia los sistemas de pesos, medidas y determinación de las magnitudes físicas. Incluye los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones en todos los niveles de exactitud y campos de aplicación, ya sean éstos el científico, industrial o legal. La Metrología busca asegurar la comparabilidad internacional de las mediciones.

Beneficios de la metrología:

- Promueve el desarrollo de un sistema armonizado de medidas, análisis ensayos exactos, que permiten que la industria sea competitiva.
- Facilita a la industria las herramientas de medida necesarias para la investigación y desarrollo de campos determinados y para definir y controlar mejor la calidad de los productos.
- Perfecciona los métodos y medios de medición.
- Facilita el intercambio de información científica y técnica.
- Posibilita una mayor normalización internacional de productos en general, maquinaria, equipos y medios de medición.

2.1. Sistemas de unidades y conversiones

Unidades del SI

¿Qué significa SI? Significa Sistema Internacional de Unidades, que se abrevia en muchos idiomas como unidades del SI.

Este sistema es internacional y utiliza unidades comunes para los valores mecánicos, térmicos y eléctricos. La Tabla 1 muestra las unidades básicas del SI.

Tabla 1: Unidades Básicas del SI

Cantidad		Unidades	
Cantidad Física	**Símbolo de la Cantidad**	**Nombre de la Unidad**	**Símbolo de la Unidad**
Longitud	l	metro	m
Masa	m	kilogramo	kg
Tiempo	t	segundo	s
Corriente eléctrica	I	ampere	A
Temperatura	T	Kelvin	K
Intensidad luminosa	I	candela	cd
Ángulo de rotación	α	radián	rad

Definiciones

Tabla 2: Definición de las Unidades

Unidad	Definición
Metro	Es la longitud de la trayectoria que viaja la luz en el vacío durante el intervalo de tiempo de 1/299.792.458 segundos.
Kilogramo	La masa del Prototipo internacional del Kilogramo. (Platino - Iridio) Además la masa de 1 litro de agua
Segundo	El intervalo de tiempo correspondiente a 9.192.631.770 oscilaciones de un átomo de cesio 133 a 0°K
ampere	La corriente necesaria para que fluya en 2 conductores paralelos, ubicados con 1 un metro de separación en un vacío para producir una fuerza de 2 x 10-7 Newton metros entre los conductores. (1 ampere es igual al paso de 6,37 x 1018 electrones en un conductor de un segundo)
Kelvin	1/273,16 del (punto triple) del agua (punto de congelación)
candela	La intensidad luminosa, en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de 54.012 Hz y posee una intensidad energética de 1/683 watt por esterorradián.
radián	El ángulo entre 2 radios del mismo círculo, que se marcan en la circunferencia del círculo, un arco igual a la longitud del radio del círculo.

Unidades Derivadas

Otras unidades, llamadas unidades derivadas, se desarrollan a partir de las unidades básicas de la Tabla 1. Un buen ejemplo es la velocidad. Ésta se desarrolla a partir de:

- La distancia viajada (metros).
- El tiempo que toma (segundos).

Para el uso diario sólo se necesitan algunas unidades del SI, así que veamos las que se relacionan directamente con nuestro estudio.

Mecánica

Tabla 3: Unidades mecánicas derivadas

Cantidad		Unidades	
Cantidad Física	**Símbolo de la Cantidad**	**Nombre de la Unidad**	**Símbolo de la Unidad**
Fuerza	F	newton	N
Presión	P	pascal	Pa
Energía y trabajo	E y W	joule	J
Temperatura	T	Grado Celsius	ºC
Volumen	V	metros cúbicos	m^3

Definiciones

Tabla 4: Definiciones mecánicas derivadas

Unidad	Definición
Newton	La fuerza necesaria para darle a un objeto cuya masa es de 1 kg una aceleración de $1m/s^2$.
Pascal	La presión que se ejerce cuando se aplica una fuerza de 1N en una área de $1m^2$
Joule	Energía empleada cuando se aplica una fuerza de 1N a lo largo de 1m.
Celsius	La temperatura usando el punto triple del agua como punto de referencia inicial.

Unidades Eléctricas

Tabla 5: Unidades eléctricas derivadas

Cantidad		Unidades	
Cantidad Física	**Símbolo de la Cantidad**	**Nombre de la Unidad**	**Símbolo de la Unidad**
Potencia	P	watt	W
Carga	Q	coulomb	C
Frecuencia	f	hertz	Hz
Potencial	V	volt	V
Capacidad	C	faradio	F

Definiciones

Tabla 6: Definiciones eléctricas derivadas

Unidad	Definición
Watt	La potencia utilizada cuando la energía se emplea a una tasa de 1 Joule por segundo.
Coulomb	La cantidad de carga eléctrica transferida cuando se aplica una corriente de 1 Ampere durante 1 segundo.
Hertz	El número de oscilaciones periódicas por segundo.
Volt	La diferencia potencial entre 2 puntos en un conductor cuando una corriente de 1 Ampere causa una disipación de energía de 1 Watt
Faradio	La capacidad entre dos placas de un condensador cuando la aplicación de 1 Volt causa la transferencia de una carga de 1 Coulomb.

Notación científica y de ingeniería

El uso de números muy grandes o muy pequeños en su forma total en cálculos es tanto engorrosa como también una causa común de errores.

Una forma más simple de expresar estos valores es mediante el uso de exponentes, ya sea en el uso de la notación científica o de ingeniería. Tanto la notación científica como la de ingeniería

expresan valores con un exponente de 10, (la potencia de 10) sin embargo hay diferencias fundamentales entre las dos formas.

Notación científica

Un número se expresa en la notación científica, cuando es escrito con un dígito (entre 1 y 9) a la izquierda de la coma decimal y multiplicado por la potencia de 10 con el índice del número del multiplicador. (Ya sea un índice positivo o negativo).

2.500

1 unidad a la izquierda del punto decimal

Ejemplo: 2.5×10^{3} ← Indice (a la potencia de 10)

Indices - (el número de multiplicaciones a la potencia de 10)

Figura 5

Índices positivos

6 800 000 pueden expresarse como 6.8×10^{6},
y 12500 como 1.25×10^{4}

Figura 6

Índices negativos

0.000038 pueden expresarse como 3.8×10^{-5},
y 0.0014200 como 1.42×10^{-3}

Figura 7

Para realizar transformaciones desde la notación científica a la forma estándar, siga los siguientes pasos:

a) Mueva la coma decimal a la derecha para exponente positivo de 10.

Ejemplo: exponente positivo (grandes magnitudes expresadas en notación positiva)

Dado: $5{,}243 \times 10^{3}$ (exponente positivo)

El exponente positivo mueve el decimal a la derecha.

($x\ 10^{3}$) → 5,243

Respuesta: 5.243 (3 lugares hacia la derecha).

b) Mueva la coma decimal a la izquierda para un exponente negativo de 10.

Ejemplo: exponente negativo (un valor muy pequeño expresado en notación negativa).

Dado: $1{,}15 \times 10^{-6}$ (exponente negativo)

El exponente negativo mueve el decimal a la izquierda.

($x\ 10^{-6}$) → 1,15

Respuesta: 0,00000115 (6 lugares hacia la izquierda)

Tabla de prefijos

factor de multiplicación	prefijo	símbolo	valor
10^{24}	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{18}	exa	E	1 000 000 000 000 000 000
10^{15}	peta	P	1 000 000 000 000 000
10^{12}	tera	T	1 000 000 000 000
10^{9}	giga	G	1 000 000 000
10^{6}	mega	M	1 000 000
10^{3}	kilo	k	1 000
10^{2}	hecto	h	100
10^{1}	deca	da	10
10^{-1}	deci	d	0.1
10^{-2}	centi	c	0.01
10^{-3}	mili	m	0.001
10^{-6}	micro	µ	0.000 001
10^{-9}	nano	n	0.000 000 001
10^{-12}	pico	p	0.000 000 000 001
10^{-15}	femto	f	0.000 000 000 000 001
10^{-18}	atto	a	0.000 000 000 000 000 001
10^{-21}	zepto	z	0.000 000 000 000 000 000 001
10^{-24}	yocto	y	0.000 000 000 000 000 000 000 001

Actividad N° 2

Metrología básica

Introducción a la actividad

La siguiente actividad sobre **"Metrología básica"** se divide en 5 secciones: 1) Sistemas de unidades y conversiones; 2) Pie de metro y micrómetros; 3) Mediciones; 4) Errores comunes en las medidas 5) Parámetros. El cierre es común a todas las secciones.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Explicación demostrativa vía plataforma web.	✓
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

1) Sistemas de unidades y conversiones

Objetivos de aprendizaje

Realizar conversiones, principalmente masa, volumen, flujo, densidad.

Descripción de la actividad

Los participantes deberán distinguir cuales son las unidades de medidas específicas y ser capaces de convertir una cantidad en otra utilizando operaciones matemáticas y notación científica, para resolver las preguntas y problemas que se presentan a continuación.

Materiales y recursos

- Lápiz y papel
- Recurso WEB: www.convertworld.com

Desarrollo

El instructor indicará a los participantes que trabajarán individualmente, en pares o en grupos para resolver las siguientes situaciones con lápiz y papel. También podrán apoyarse en la plataforma de conversiones "covertworld.com" para realizar de manera sencilla los cálculos requeridos (ver: www.convertworld.com)

1. Exprese 45 km en metros usando anotación científica

   $4{,}5 \times 10^3$ m

2. Convierta las siguientes unidades y expréselas en notación científica. Todas estas unidades son de área.

   100 mm^2 a $m^2 = 10^{-4}$

   3 m^2 a $mm^2 = 3 \times 10^6$

   35 mm^2 a $m^2 = 3{,}5 \times 10^{-5}$

   10 m^2 a $mm^2 = 10^7$

   48 cm^2 a $m^2 = 4{,}8 \times 10^{-10}$

   2 m^2 a $cm^2 = 2 \times 10^4$

3. Liste las unidades de medición en el sistema internacional (SI):

4. Convierta utilizando los prefijos del sistema internacional:

1200 volts akilovolts.	1,2 KV
0,250Amps amilliamps.	250 mA
4500 microwatts amilliwatts.	4,5 mW
400 µAamA	0,4 mA
150 000Ωa MΩ.	0,15 MΩ

5. Escriba en el espacio en blanco los valores faltantes o palabras.
   1 hp = 745,7Watt

   5000 W = 5 kW

   2,5 kW = 2.500 W

   746 W = 0,746 kW

   5 MW = 5.000.000 W

6. Convierta 6000 W a kilowatt:
   6

7. Convierta 6.6kV a volts:
   6.600

8. Convierta 100mA a amperes:
   0,1

9. Mega es el prefijo que se utiliza cuando una unidad se multiplica por:
   Un millón

10. El promedio de vuelta desde la playa al hotel es de 60 km/h. ¿Cuánto tiempo llevará manejar de vuelta si la distancia es 120 km?
    Tiempo = 2 horas

11. Un auto utiliza 40 litros de gasolina para un viaje a la playa ida y vuelta. Calcule el consumo de combustible promedio por cada 100 kilómetros si la distancia ida y vuelta a la playa es 200 km.
    Son 20 litros.

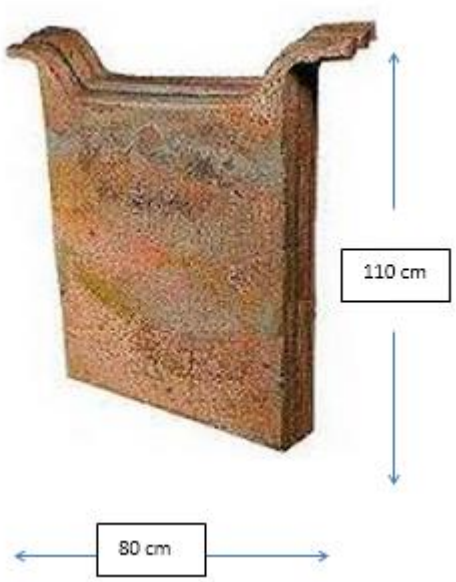
12. ¿Cuánto es una tonelada y cuántas horas tiene un día?
    1.000 kg y 24 horas

13. A) Si un cátodo pesa 80 kg y de la cosecha de cátodos se obtienen 200 cátodos en un día ¿Cuántos toneladas de cobre se obtuvieron aproximados en el mes de 30 días?
    (80x200x30)/1.000 = 480 tonne (toneladas métricas)

B) Considerando los datos de la pregunta anterior calcule la producción estimada diaria en toneladas.
80x200/1.000=16 tonne

C) Cuál es la tasa de producción horaria estimada
80x200/24 =666 kg/h =0,66 tonne/hr

14. Calcula la superficie del siguiente cátodo en m^2:



Superficie = (80 [cm]/100 [cm/m])x(110 [cm]/100 [cm/m])= 0,8 [m] x 1,1[m] = 0,88 [m^2]

2) Pie de metro y micrómetros

Objetivos de aprendizaje

- Medir piezas pequeñas con el pie de metro.

Descripción de la actividad

Los participantes aprenderán a efectuar mediciones de elementos propios del oficio, de longitudes pequeñas consiguiendo una mayor precisión mediante el empleo del pie de metro y micrómetros.

Materiales y recursos

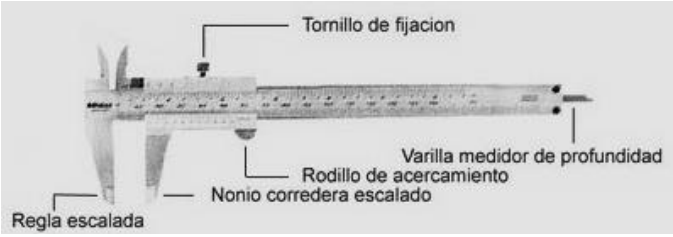
- Pie de metro
- Micrómetro (métrico)
- Pernos con diferentes longitudes y diámetro
- Varios tubos de diámetro que varíen de 1cm a 5cm.
- El instructor podrá buscar componentes alternativos de considerarlo necesario.

Desarrollo

Para medir y registrar valores, el participante de manera individual en esta actividad deberá 1) usar el micrómetro para medir el diámetro de los pernos 2) Los participantes usarán el pie de metro para medir el diámetro interior y exterior de un tubo. Los resultados podrán ser registrados en la tabla.

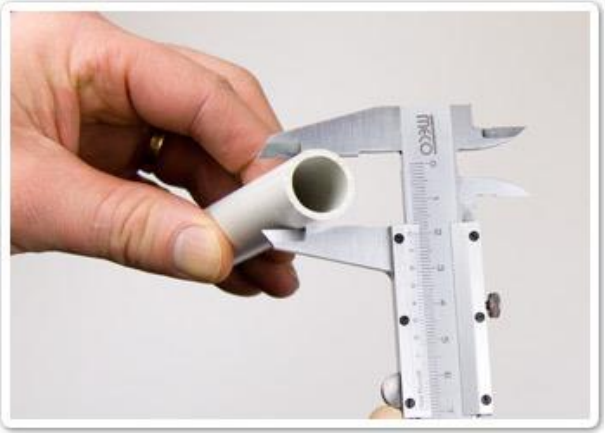
El instructor indicará a los participantes las precauciones a tener en cuenta al usar un pie de metro. Destacará que si el instrumento es mal manejado, su vida útil será menos larga de lo planeado, para mantenerlo siempre útil se deben tomar ciertas precauciones tales como: limpiar de polvo y suciedad las superficies de medición, cursor (nonio) y regla; ya que el polvo puede obstruir a menudo el deslizamiento del cursor. Verificar que las superficies deslizantes de la regla estén libres de daño.

El instructor deberá tomar las medidas de los elementos elegidos para realizar la actividad con anterioridad y deberá tener los resultados registrados.



Micrometro

1) Pie de metro



Componente	Medición [mm]
Perno (1)	
Perno (2)	
Perno (3)	
Tubo (diámetro externo)	
Tubo (diámetro interno)	
Otro componente (1)	
Otro componente (2)	
Otro componente (3)	

Los participantes una vez que completen la actividad podrán compartir sus resultados con el curso y comparar resultados o entregar la tabla completa al instructor.

3) Mediciones

Se sugiere que el instructor realice una actividad de reconocimiento de instrumentos. Para esto se sugiere que ocupe los elementos propuestos para realizar medición de masa y de medición de PH, manteniendo en mente los objetivos de aprendizaje sugeridos:

- Balanza, rango de medición entre 0 y 5 kg
- Probeta graduada/vaso precipitado
- Medidor de PH

4) Errores comunes en la medida

El objetivo de la actividad consiste en que el participante mida instrumental análogo en frente del instrumento y evite interpretaciones. El instructor deberá mostrar con algún ejemplo la diferencia que se registra cuando la medición se realiza de frente al instrumento y cuando se realiza mirando de costado.

Para la actividad se necesitará:

- Manómetro tipo boudon
- Termómetro con visor de aguja

Estos instrumentos deben estar conectados a alguna línea de proceso entregando valores reales.

Los participantes deberán tomar una medida y la deberán repetir en 5 posiciones de lectura distintas. Deberán registrar sus observaciones, presentarlas a la clase y discutir las diferencias.

5) Parámetros utilizados en el proceso

Los participantes deberán completar las siguientes afirmaciones con el término correcto:

Cuando se acelera una masa, se ha aplicado una fuerza.
El peso es la fuerza con la que una masa es atraída y jalada hacia el centro de la tierra por la gravedad.
La presión es la fuerza aplicada a un área de superficie.
El vacío se considera como la presión menor a la presión natural ejercida por la atmósfera

La temperatura es el grado de calor tal como se mide en grados Celsius (°C). El calor es la energía que se transmite como resultado de las diferencias de temperatura, según lo determinado en Joules.
El flujo es la masa o el volumen de un fluido que se mueve a través de un tubo o conducto en un intervalo de tiempo determinado
La velocidad es la tasa a la que una masa se mueve en un intervalo de tiempo dado.
El volumen es una medida de la cantidad de una sustancia.
La masa es la cantidad de materia que ocupa espacio.

Cierre

Las técnicas de medición son fundamentales en el oficio y los participantes deben aprenderlas, interiorizarlas y aplicarlas. Es importante recordar los conceptos de rango de medición, exactitud y la resolución del instrumento (el incremento más pequeño que permite diferenciar una lectura de otra).

El uso correcto de los instrumentos de medición nombrados evitara errores de medición durante el desarrollo del oficio.

Es importante conocer las unidades de medición de las diferentes magnitudes e identificar y relacionar los diferentes sistemas de medición.

3. Mecánica de fluidos

3.1. Conocimientos Básicos

La Mecánica de fluidos es la parte de la física que estudia los fluidos en reposo o en movimiento así como las aplicaciones y mecanismos de ingeniería que utilizan fluidos y las interacciones entre el fluido y el medio que lo limita. Es un área fundamental en campos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía. En general, se divide en dos campos:

- Estática de fluidos o hidroestática (fluidos en reposo).
- Dinámica de fluidos (fluidos en movimiento).

El término hidrodinámica se aplica al flujo de líquidos o al flujo de los gases a baja velocidad, en el que puede considerarse que el gas es esencialmente incompresible. La aerodinámica, o dinámica de gases, estudia el comportamiento de los gases cuando los cambios de velocidad y presión son tan grandes que es necesario incluir los efectos de la compresibilidad.

Entre las aplicaciones más comunes de la mecánica de fluidos están las turbinas, los compresores y las bombas, entre otros.

Probablemente las bombas sean los equipos de transferencia de energía más antiguo que se conozcan y son de gran importancia en el transporte de fluidos, debido a que posibilita impulsar un fluido a diferentes alturas.

Existe una infinidad de bombas las cuales tienen distintas funciones, todo depende del tipo de fluido, de la temperatura a la cual se va a transportar y la presión de trabajo que se necesita.

Así surgen las bombas centrífugas que fundamentalmente son máquinas que funcionan a altas velocidades.
Una bomba o una máquina soplante centrífuga constan esencialmente de uno o más rodetes provistos de álabes, montados sobre un árbol giratorio y cerrado en el interior de una cámara de presión denominada voluta.

Una bomba, entonces, no es otra cosa que un dispositivo físico que se emplea para transportar fluidos desde una posición a otra, a través de tuberías. Durante años, el diseño de numerosas bombas ha ido evolucionando hasta adaptarse a una serie de requisitos. Los requisitos básicos para definir su aplicación están estrechamente relacionados con las presiones de succión y descarga, con la pérdida de presión del circuito, y el flujo de descarga. Además, pueden existir requisitos especiales cuando se trate de sectores e industrias específicas, que imponen requisitos en la selección del material de la bomba.

Clasificación de las bombas

Se pueden considerar dos grandes grupos de Bombas:

- **Dinámicas**: Centrífugas, Periféricas y Especiales.
- **Desplazamiento Positivo**: Reciprocantes y Rotatorias.

a. Bombas de desplazamiento positivo: Estas bombas guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un embolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, entre otros y la carcasa o el cilindro. "El movimiento del desplazamiento positivo" consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Por consiguiente, en una máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (émbolo), sino que puede tener movimiento rotatorio (rotor). Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo, tanto reciprocantes como rotatorias, siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye volumen (impulsión), por esto a éstas máquinas también se les denomina Volumétricas.

Ejemplo de bomba de engranajes:

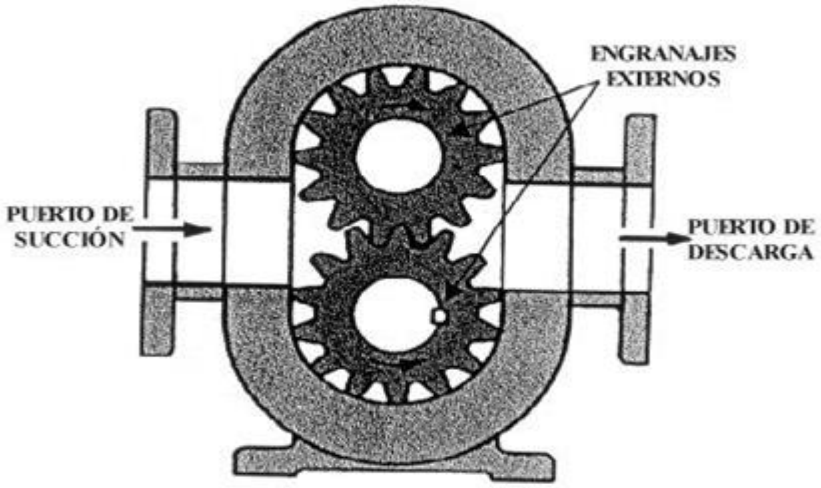


Figura 6

b. **Bombas dinámicas / centrifugas**: Son aquéllas en que el fluido ingresa a ésta por el eje y sale siguiendo una trayectoria periférica por la tangente, las cuales se caracterizan por tener una carcaza, en donde dentro de ella gira un rodete o impulsor con alabes. Estas bombas producen una presión motivada por las fuerzas centrífugas que desplazan el agua hacia la periferia y le comunican una carga de velocidad que es la que se convierte en presión de descarga. Las bombas centrífugas son las más utilizadas en la industria

química para transportar líquidos, existiendo una clasificación adicional la cual es según la posición horizontal o vertical del eje de la bomba.

Debido a sus características, las bombas centrífugas son las que más se aplican en la industria. Las razones de estas preferencias son las siguientes:

- Son aparatos giratorios.
- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla.
- Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.
- Aparte de las ventajas ya enumeradas, se unen las siguientes ventajas económicas:
- El precio de una bomba centrífuga es aproximadamente ¼ del precio de la bomba de émbolo equivalente.
- El espacio requerido es aproximadamente 1/8 del de la bomba de émbolo equivalente.
- El peso es muy pequeño y por lo tanto las cimentaciones también lo son.
- El mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques de la presa-estopa y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

Principios Teóricos

Presión

La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie, en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio directamente con otra fuerza, conocidas que puede ser la de una columna líquida un resorte, un embolo cargado con un peso o un diafragma cargado con un resorte o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión.

Las unidades de la presión:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}} = \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \quad \text{(Psi)}$$

Figura 7

Presión de vapor

El vapor se forma si la presión en el lado de succión de la bomba cae por debajo de la presión de vapor del líquido. Esto puede detener parcial o totalmente el flujo del líquido hacia la bomba. Se dice entonces que la bomba está pegada por presión. Esta caída de presión puede ocurrir como resultado de una insuficiente altura de succión, una alta succión, una excesiva altura de fricción o a la alta temperatura del líquido.

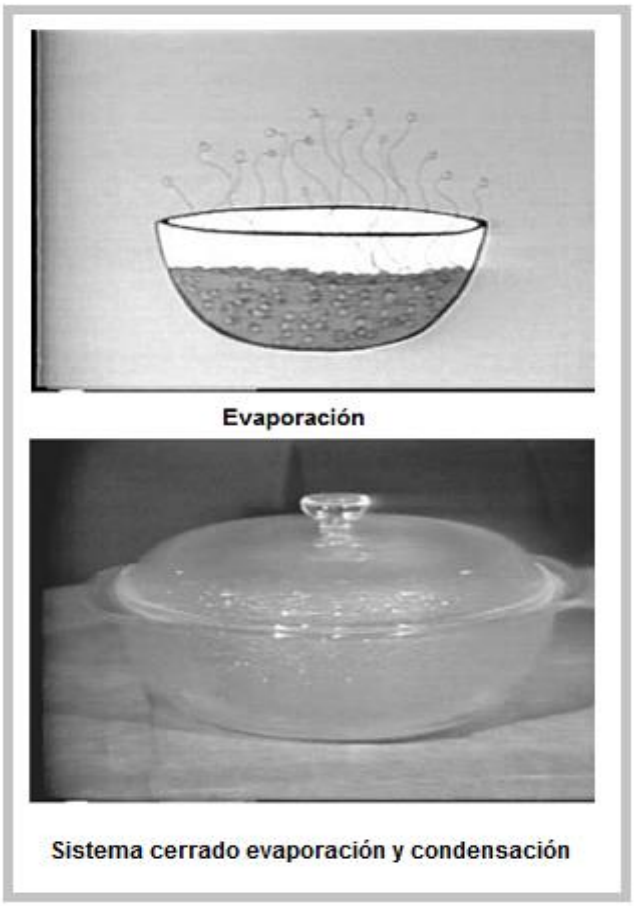


Figura 8

Presión Absoluta

Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absoluto. La presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña. Este término se creó debido a que la presión atmosférica varia con la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países a diferentes altitudes sobre el nivel del mar por lo que un término absoluto unifica criterios.

Presión Atmosférica

El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que estamos sometidos a una presión (atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica). Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14.7 lb/plg^2 (101,3 kPa), disminuyendo estos valores con la altitud.

Presión Manométrica

Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que se define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye; esta diferencia generalmente es pequeña mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante, es evidente que el valor absoluto de la presión puede abstenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

Manómetro

Figura 9

Vacío

Se refiere a presiones manométricas menores que la atmosférica, que normalmente se miden, mediante los mismos tipos de elementos con que se miden las presiones superiores a la atmosférica, es decir, por diferencia entre el valor desconocido y la presión atmosférica existente. Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa a modo de centímetros de mercurio (cm Hg), metros de agua, etc. Un vacío deberá considerarse como una presión de signo negativo.

Tabla de Unidades de Presión

	Atmósfera	cm Hg	Pulg Hg	Pulg H_2O	Kg/cm^2	$Lb/pulg^2$
Atmósfera	1	76.00	29.92	406.8	1.033	14.7
cm. Hg	0.01316	1	0.393	5.63	0.01379	0.1934
Pulg. Hg	0.03342	2.54	1	13.59	0.0345	0.4912
Pulg. H_2O	0.002540	0.187	0.07355	1	0.0346	0.03613
Kg/cm^2	0.9678	72.5	28.96	28.9	1	14.22
$Lb/pulg^2$	0.06804	5.17	2.036	27.7	0.0703	1

Figura 10

Nota: 1 atm = 760 mmHg = 14,7 Psi = 101 Kpa, = 10 mt.c.H2O

Densidad

Los cuerpos difieren por lo general en su masa y en su volumen. Estos dos atributos físicos varían de un cuerpo a otro, de modo que si consideramos cuerpos de la misma naturaleza, cuanto mayor es el volumen, mayor es la masa del cuerpo considerado. No obstante, existe algo característico del tipo de materia que compone al cuerpo en cuestión y que explica por qué dos cuerpos de sustancias diferentes que ocupan el mismo volumen no tienen la misma masa o viceversa.

Aun cuando para cualquier sustancia la masa (**m**) y el volumen (**V**) son directamente proporcionales, la relación de proporcionalidad es diferente para cada sustancia. Es precisamente la constante de proporcionalidad de esa relación la que se conoce por ***densidad*** y se representa por la letra griega **δ.**

$$m = constante.V$$

Es decir:

$$m = \delta.V$$

Despejando ρ de la anterior ecuación resulta:

$$\delta = m/V$$

La ecuación que facilita la definición de δ y también su significado físico. La densidad δ de una sustancia es la masa que corresponde a un volumen unidad de dicha sustancia. Su unidad en el SI es el cociente entre la unidad de masa y la del volumen, es decir kg/m^3.

A diferencia de la masa o el volumen, que dependen de cada objeto, su cociente depende solamente del tipo de material de que está constituido y no de la forma ni del tamaño de aquél. Se dice por ello que la densidad es una propiedad o atributo característico de cada sustancia. En los sólidos la densidad es aproximadamente constante, pero en los líquidos, y particularmente en los gases, varía con las condiciones de medida. Así en el caso de los líquidos se suele especificar la temperatura a la que se refiere el valor dado para la densidad y en el caso de los gases se ha de indicar, junto con dicho valor, la presión.

Densidad y peso específico

La densidad está relacionada con el grado de acumulación de materia (un cuerpo compacto es, por lo general, más denso que otro más disperso), pero también lo está con el peso. Así, un cuerpo pequeño que es mucho más pesado que otro más grande es también mucho más denso. Esto es debido a la relación P = m.g existente entre masa (m) y peso (P). No obstante, para referirse al peso por unidad de volumen la física ha introducido el concepto de *peso específico ρ* que se define como el cociente entre el peso P de un cuerpo y su volumen (V):

$$\rho = P/V$$

El peso específico representa la fuerza con que la Tierra atrae a un volumen unidad de la misma sustancia considerada. La relación entre peso específico y densidad es la misma que la existente entre peso y masa. En efecto:

$$\rho = P/V = m.g/V = \delta.g$$

Siendo g la aceleración de la gravedad. La unidad del peso específico en el SI es el N/m^3.

Densidad relativa

La densidad relativa de una sustancia es el cociente entre su densidad y la de otra sustancia diferente que se toma como referencia o patrón:

$$\delta r = \delta / \delta p$$

Para sustancias líquidas se suele tomar como sustancia patrón el agua cuya densidad a 4 °C es igual a 1000 kg/m^3. Para gases la sustancia de referencia la constituye con frecuencia el aire que a 0 °C de temperatura y 1 atmósfera de presión tiene una densidad de 1,293 kg/m^3. Como toda magnitud relativa, que se obtiene como cociente entre dos magnitudes iguales, la densidad relativa carece de unidades físicas.

Caudal

Es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal de la canaleta o la tubería que contiene al fluido.

El "Principio de Conservación de la Masa" establece que la masa dentro de un sistema permanece constante con el tiempo.

En la práctica esta expresión significa que la cantidad de masa del fluido que entra en un volumen de control en un determinado intervalo de tiempo, debe ser equivalente a la suma de la masa de fluido que sale de este volumen de control más la masa de fluido que se almacena en este volumen en el mismo intervalo de tiempo.

Masa que Entra = Masa que Sale + Masa que se Acumula

En régimen permanente, no existe acumulación de masa, por esto se cumple:

Masa que Entra = Masa que Sale

En el caso de fluidos como el agua pura, cuya densidad se puede considerar invariable, o sea, el fluido es incompresible, y considerando régimen permanente aplicado al caso de un tubo de flujo, se llega a:

$$Q = V_i \bullet S_i$$

Dónde:

Vi= Velocidad media en la sección i [m / s]
Si =Sección i del tubo [m2]
Q = Caudal [m3 / s]

Este valor de **Q** debe ser constante por lo cual, si se disminuye la sección de flujo, su velocidad debe aumentar para así obtener el mismo caudal.

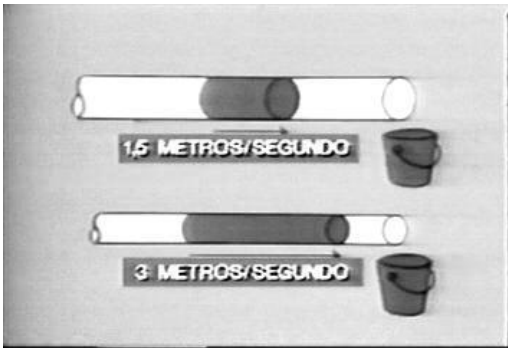


Figura 11

Velocidad de flujo

Ejemplo: Convertir 25 m3/hr en:
a. Cm3/ s
b. Pies3/min
c. Galones/ hr

Unidades de Flujo o Caudal

Litros/minuto (lt/min)		0.0005886	Pies cúbicos/segundo (pie^3/seg)
Centímetros cúbicos/segundo (cm^3/s)		0.0021	Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)
Metros cúbicos/segundo (m^3/seg)		35.3147	Pies cúbicos/segundo (pie^3/seg)
		22.8245	Millones de galones/día (mgd)
		15850.3	Galones/minuto (gpm)
Metros cúbicos/hora (m^3/h)		0.5886	Pies cúbicos/minuto (pie^3/min)
		4.403	Galones/minuto (gpm)
Metros cúbicos/día (m^3/d)		264.1720	Galones/día (gpd)
		0.00026417	Millones de galones/día (mgd)
Metros cúbicos/hectárea/día (m^3/ha/d)		106.9064	Galones/Acre/día (gal/A/d)
Metros cúbicos/metros cuadrados/hora (m^3/m^2/h)		0.408	Galones/Pie cuadrado/minuto (gal/pie^2/min)
Metros cúbicos/metros cuadrados/día (m^3/m^2/d)		24.5424	Galones/Pie cuadrado/día (gal/pie^2/d)
Litros/metros cuadrados/minuto (lt/m^2/min)		0.0245	Galones/Pie cuadrado/minuto (gal/pie^2/min)
		35.3420	Galones/Pie cuadrado/día (gal/pie^2/d)

Figura 12

Para la transportar un fluido de un lugar a otro es necesario suministrar energía al fluido para mantener el flujo. Esta energía se suministra a través de un equipo de bombeo.
Como definición un equipo de bombeo es entonces un transformador de energía, el cual recibe energía mecánica, a través de un motor eléctrico, y la convierte en energía hidráulica que adquiere un fluido en forma de presión, posición o de velocidad, esencialmente en energía cinética.

Su aplicación principal corresponde a la energía que se le agrega al fluido cuando por condiciones de diseño los centros de consumo están a mayor altura que los centros de producción de los fluidos.

Transferencia de Energía

Los medios de transferencia de energía más utilizados son:

- La gravedad.
- Fuerza Centrífuga.

Básicamente, una bomba es un equipo usado para proporcionar energía o cabezal a un líquido con el objeto de superar las pérdidas de energía por fricción en la tubería y las pérdidas que se producen al pasar por válvulas o codos, que normalmente ocurren en un sistema de transferencia de líquidos y llevar al líquido a una elevación mayor.

Desplazamiento de fluidos

La descarga del fluido que contiene un recipiente mediante desplazamiento total o parcial de su volumen interno, por empuje de un segundo volumen de fluido o empleado accionamiento mecánico, constituye el principio básico de funcionamiento de muchos de los equipos empleados en el transporte de fluidos. Dentro de este grupo se incluyen los dispositivos alternativos de pistón y de diafragma, los rotatorios de paletas y de engranaje, los compresores de pistón para fluidos, entre otros.

La gran variedad de dispositivos de transporte de fluidos que emplean como principio el desplazamiento dificulta la concreción de un número detallado de características comunes a todos ellos.

Fuerza Centrifuga

La aplicación de una fuerza de esta naturaleza para el desplazamiento de fluidos viene dada por el empleo de una bomba centrifuga o un comprensor centrifugo; y aunque el aspecto físico de los diferentes tipos de bombas y comprensores centrífugos son muy variados, la función básica de cada uno de ellos es siempre la misma, es decir, producir energía cinética mediante la acción de una fuerza centrífuga para, posteriormente, convertir parcialmente esa energía en flujo con una presión y una velocidad determinada.

Componentes generales de una bomba centrifuga

Los elementos esenciales de una bomba centrífuga son:

Elementos rotatorios principales:

- El árbol o eje y camisas de eje.
- El impulsor.

Elementos estacionarios principales:

- La carcasa.
- La prensaestopas.
- Los cojinetes.

Otras piezas como los anillos y camisas del eje, se agregan por lo general para mejorar la operación y hacer más económicas las bombas, según lo aconsejen los servicios en que se emplean.

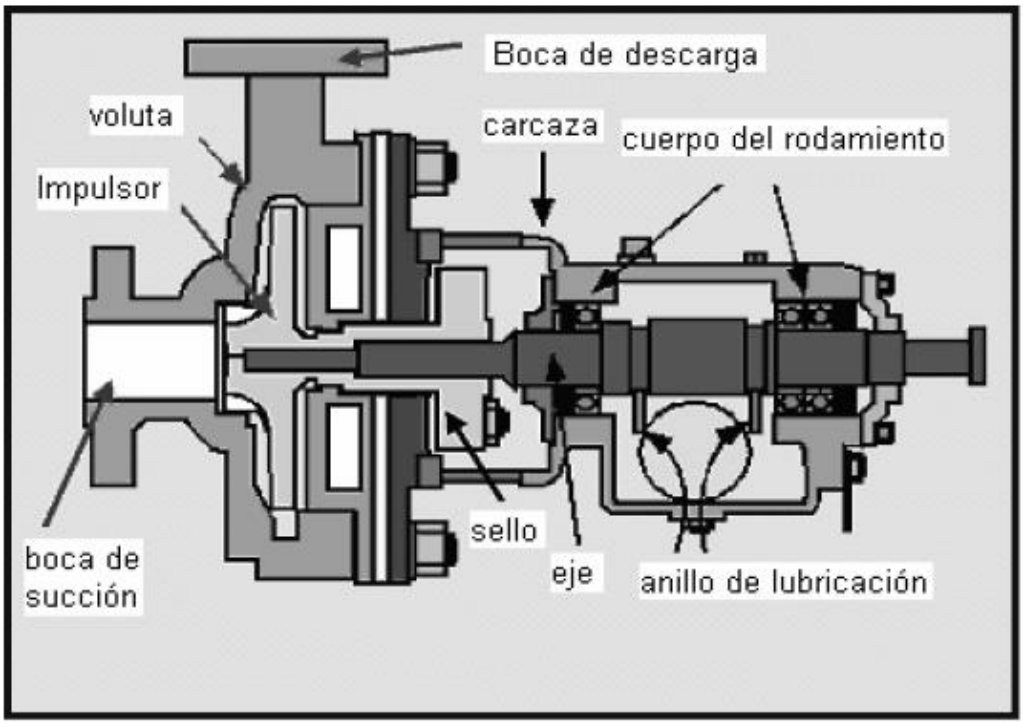


Diagrama de las parte principales de la bomba centrifuga

Figura 13

Principio de Operación de la bomba centrífuga

En esta bomba, un motor eléctrico acciona el eje, el que a su vez hace girar un impulsor dentro de una caja estacionaria. El impulsor consiste en varios alabes curvos que irradian desde un cubo central. Al girar, los álabes del impulsor imparten un movimiento rotatorio al líquido adyacente. Este movimiento impulsa el líquido hacia la periferia exterior del impulsor debido a la fuerza centrífuga. A medida que el líquido se desplaza hacia afuera a lo largo de los álabes del impulsor, se mueve con mayor rapidez producto de la fuerza centrífuga sobre el líquido. La energía así impartida al líquido es energía cinética (movimiento). El movimiento centrífugo y la energía impartida al líquido fuerzan el líquido dentro de una cámara espiral en la caja de la bomba.

Actividad N° 3

Mecánica de Fluidos

Introducción a la actividad

La siguiente actividad sobre conocimientos básicos se divide en 3 secciones en relación a la mecánica de fluidos: presión, flujo y densidad. Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Explicación demostrativa vía plataforma web.	✓
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

a) Presión

Objetivos de aprendizaje

- Observar y descubrir cómo cambia la presión por encima y por debajo del agua.

Descripción de la actividad

El participante a través de una actividad práctica de simulación llamada "bajo presión" trabajará con el concepto presión y como ésta varía a medida que cambian la cantidad de fluidos, la gravedad, la forma del contenedor y el volumen e investigarán situaciones que provocan que la presión cambie en el aire y en el agua.

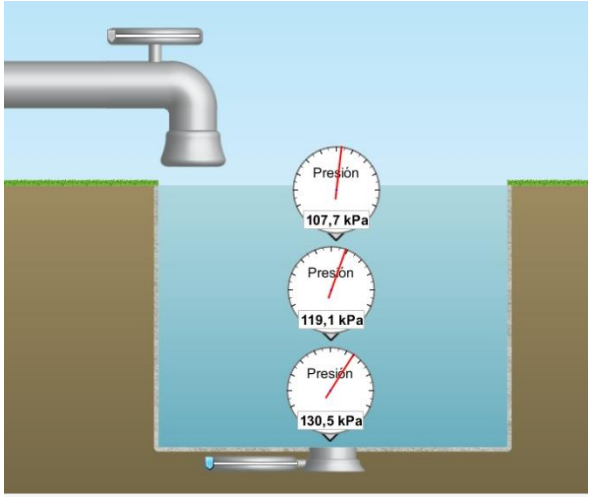
Materiales y recursos

- Computadores (con conexión Internet).
- Un computador con conexión Internet y proyector (datashow) para el Instructor.
- Plataforma WEB de simuladores:
- Explorar la presión por encima y debajo del agua:
  http://phet.colorado.edu/es/simulation/under-pressure

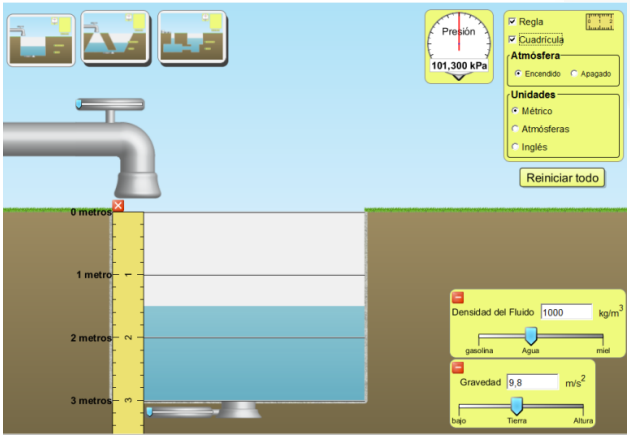
Desarrollo

El instructor realizará la siguiente actividad explicando que a través de la plataforma podrán aplicar agua (u otros fluidos) y aire, y al mismo tiempo observar que sucede con la presión mirando los instrumentos de medición. La opción de cuadrícula se provee para distinguir más fácilmente la altura de los fluidos. Los pesos sólo pueden programarse en la columna izquierda del agua. Podrán utilizar una variedad de instrumentos para realizar comparaciones. Se pueden realizar pausas en la simulación y con el botón de "Play" para ir incrementando el análisis.

Es importante destacar que el icono de presión se debe arrastrar al lugar desde donde se quiere medir la presión y se pueden hacer mediciones comparativas reproduciendo el icono cuantas veces sea necesario:



Como es observable en pantalla se ve un tanque con agua bajo tierra pero con su orilla superior a nivel del mar, más una llave de agua y un tapón. El instrumento ya está programado a comenzar la actividad con la gravedad de la tierra 9,8 m/s2. Y existe la posibilidad de trabajar en 3 diferentes escenarios.



Consejos para el Instructor en el uso de los controles de la plataforma:

El instructor deberá asegurarse de probar todas las pestañas y aplicaciones de la simulación con anterioridad y seguir las instrucciones de la plataforma, para realizar la actividad exitosamente.

El instructor podrá realizar diversas simulaciones e invitar a los participantes a entender el concepto de presión y sus variables. Algunos ejemplos para el instructor se dan a continuación:

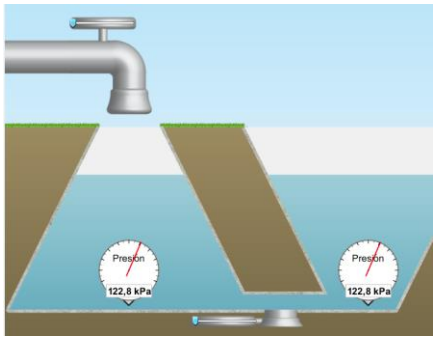
¿Qué pasa con la presión si se agrega más agua?

Solución: Aumenta

¿Qué pasa con la presión si el agua se reemplaza con miel?

Solución: Aumenta

¿Varían las presiones en el caso siguiente al aumentar el nivel de agua? (ver dibujo y realizar en simulador).



¿Si se va a un lugar donde la gravedad es el doble, que pasaría con la presión? Solución: la presión aumenta al doble.

b) Densidad

Descripción de la actividad:

Los participantes guiados por el instructor de manera individual o en grupos, a través de una simulación vía plataforma Internet, investigarán porque los objetos como la madera flotan en el agua, creando un objeto personalizado para explorar los efectos de la masa y el volumen sobre la densidad. Utilizarán la escala para medir la masa de un objeto, y mantendrán el objeto bajo el agua para medir su volumen.

Materiales y recursos:

- Computadores (con conexión Internet).
- Un computador con conexión Internet y proyector (datashow) para el Instructor.
- Plataforma:
  Cómo el concepto de densidad se relaciona con la masa y el volumen del objeto:
  http://phet.colorado.edu/es/simulation/density.

Desarrollo

El instructor guiará al participante en grupos, pares o individualmente a través de diferentes pruebas en el simulador de densidad.

Consejos para el Instructor en el uso de los controles de la plataforma:

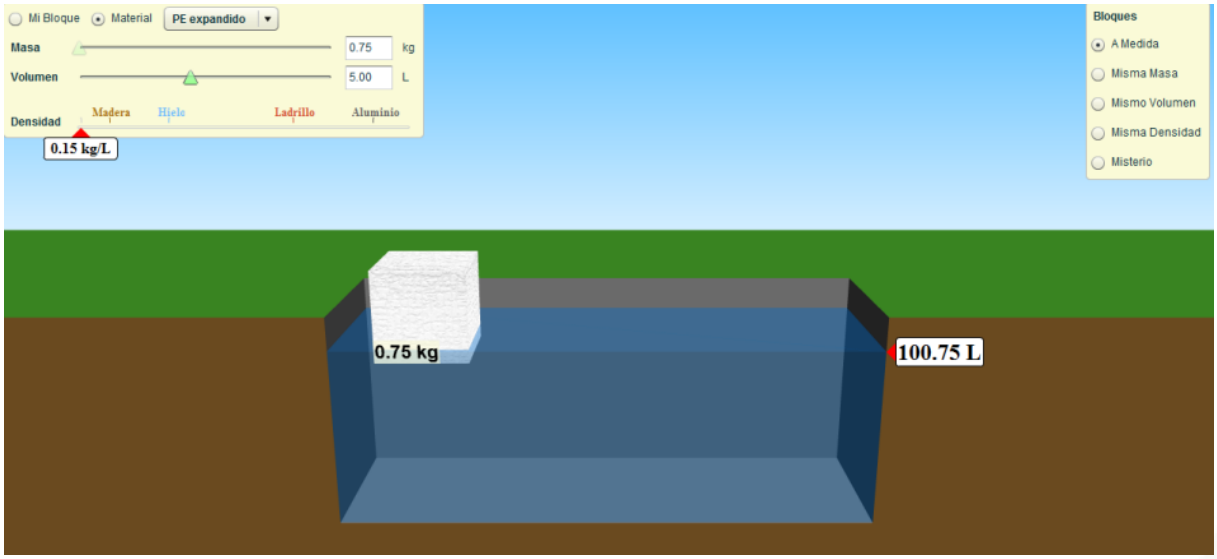
El instructor deberá asegurarse de probar todas las pestañas y aplicaciones de la simulación con anterioridad y seguir las instrucciones de la plataforma, para realizar la actividad exitosamente.

El instructor podrá realizar diversas simulaciones e invitar a los participantes a entender el concepto de presión y sus variables. Algunos ejemplos para el instructor se dan a continuación:

En una de ellas verá si los objetos flotan o no, y marcará (⍰) en la columna correcta para indicar si el objeto se hunde, flota o está en el centro.

Objeto	Se hunde (flotabilidad negativa)	Flota (flotabilidad positiva)	En el medio (flotabilidad neutral)
Un trozo de plumavit			
Un bloque de hielo			
Un ladrillo			
Un bloque de aluminio			
Ladrillo de madera			

Podrá preguntar a los participantes:



¿Por qué algunos objetos flotan y otros se hunden?

Solución: Todo cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja. Según este principio los cuerpos que flotan tienen una densidad menor que la del líquido, mientras que los que quedan sumergidos tienen una densidad mayor a la del líquido (Arquímedes).

c) Flujo

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor a través de una simulación vía plataforma Internet llamada “presión del fluido y flujo” explorarán el concepto presión en la atmósfera y bajo el agua. Podrán usar la plataforma para cambiar la forma de un tubo para ver cómo varía la velocidad de flujo de los fluidos y experimentará cómo la altura y el nivel de agua determinan la trayectoria del agua.

Materiales y recursos

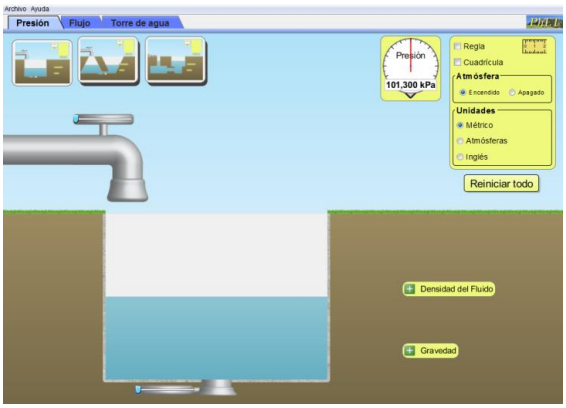
- Computadores (con conexión Internet).
- Un computador con conexión Internet y proyector (datashow) para el Instructor.
- Plataforma:
  Explorar la presión y velocidad de un flujo al variar el diámetro de un ducto:
  http://phet.colorado.edu/es/simulation/fluid-pressure-and-flow

Desarrollo

El instructor realizará la siguiente actividad explicando que esta pretende ser una introducción a la presión ejercida por líquidos. La simulación busca centrar la atención de los participantes en los principios básicos de fluidos estáticos antes de explorar los fluidos en movimiento.

Consejos para el Instructor en el uso de los controles de la plataforma

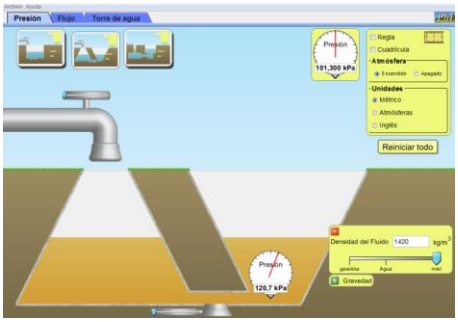
El instructor deberá asegurarse de probar todas las pestañas y aplicaciones de la simulación con anterioridad y seguir las instrucciones de la plataforma, para realizar la actividad exitosamente.



El instructor podrá realizar diversas simulaciones e invitar a los participantes a entender el concepto de presión y sus variables. Para esto, les solicitará a los participante que se den tiempo para jugar con la simulación y luego podrá realizar diversos ejercicios. Algunos ejemplos para el instructor se dan a continuación:

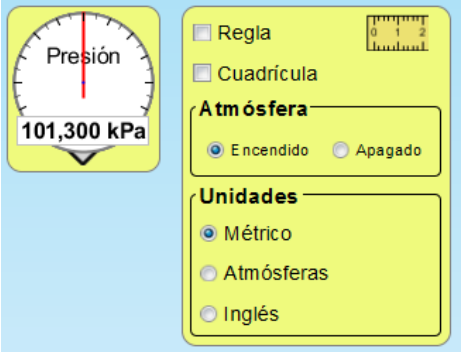
d) Presión

Al arrastrar el sensor de presión dentro del líquido ¿cómo cambia la presión? ¿Qué sucede si cambia la densidad de los líquidos? Solución: la presión aumenta.

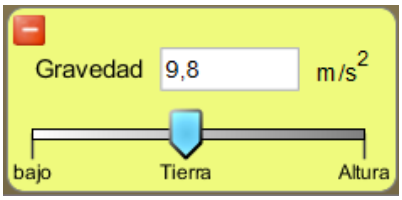


¿Por qué cambia la presión, a medida que el sensor se mueve hacia arriba y hacia abajo en el aire sobre el líquido? Solución: Mientras más grande la capa de aire/agua es mayor la presión.

¿Cómo cambia la presión en el agua cuando se quita la atmósfera? Solución: Disminuye



¿Cómo afecta la presión en el líquido al incrementar la gravedad? ¿Por qué será esto? Solución: Aumenta porque la fuerza de atracción de cualquier objeto incluyendo el agua depende de la gravedad y es mayor si esta aumenta.

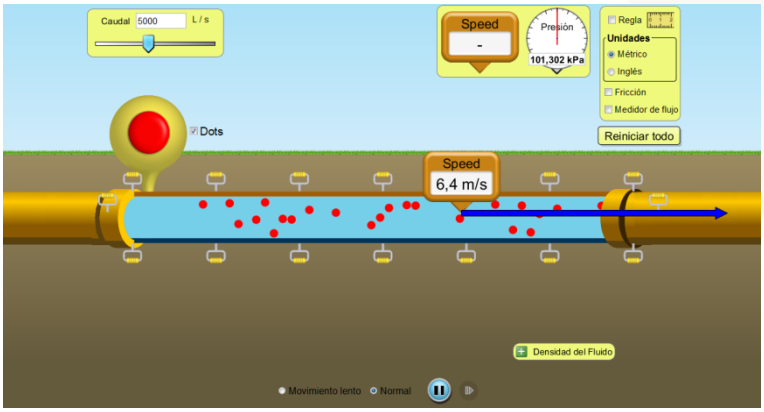


¿Agregar una masa flotante cambiaría la presión del líquido? Por ejemplo una piscina

Solución: Sí aumenta, porque la densidad es mayor.

e) Flujo

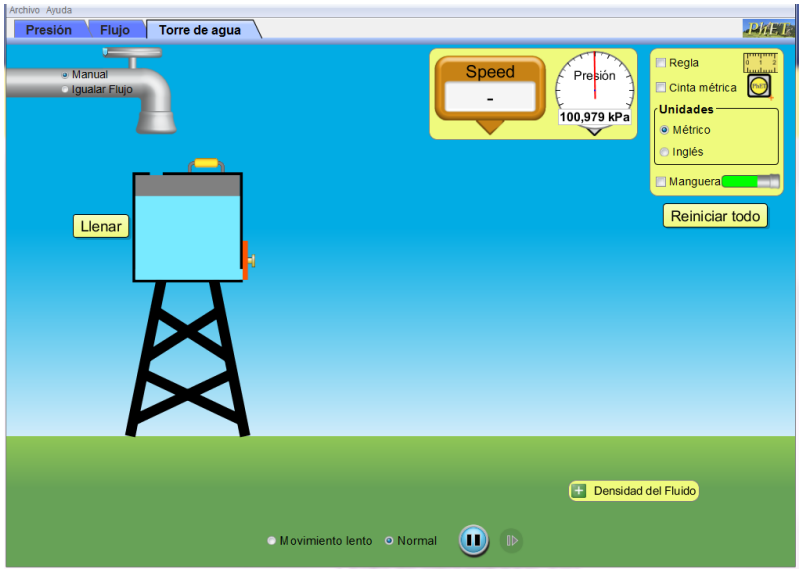
¿Qué sucede con la velocidad del flujo cuando la cañería se achica? Solución: Aumenta.



Haga las pruebas correspondientes para contestar la siguiente pregunta: ¿A medida que la densidad del líquido aumenta, la velocidad del fluido aumenta o disminuye, y la presión aumenta y disminuye? Explicar sus respuestas.

Torre de agua

En esta simulación, el agua fluye a través de un agujero en la parte inferior de una torre alta de agua. El instructor deberá invitar a los participantes a jugar con la simulación y utilizar las herramientas provistas antes de contestar las siguientes preguntas.



¿La velocidad del flujo del agua (fuera del tanque) depende de la altura del tanque? Solución: Sí, depende la altura.

¿De qué depende la velocidad del flujo? Explique esta relación (en sus propias palabras). Solución: Del diámetro en que se transporta el fluido y el caudal (flujo).

Cierre

El instructor podrá reflexionar junto a los participantes respecto a por qué acelera el agua. Por ejemplo todos hemos puesto nuestros pulgares sobre una manguera para conseguir ese empuje extra de agua. ¿Por qué acelera el agua? ¿Por qué existen las torres de agua? Fundamental para la comprensión de los líquidos y la presión es la idea de que los líquidos son incompresibles, es decir, que no se aplastan y comprimen como un gas. Este principio fue una parte importante del trabajo de Daniel Bernoulli en dinámica de fluidos, cómo un líquido cambia (o no cambia) y como se mueve. En su obra Bernoulli (1738) expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

- Cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
- Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
- Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

4. Nociones de Bloqueo de Equipos

4.1. Elementos de Bloqueo

La aislación de la planta y el equipamiento para facilitar las actividades tales como el mantenimiento, instalación, inspección, pruebas o limpieza es un evento diario normal realizado por los empleados de la industria minera. La aislación involucrará necesariamente el apagado de todas las fuentes de energía pertinentes y probablemente necesitará la implementación de otras protecciones. Esta aislación está enfocada para eliminar y evitar lesiones a los trabajadores y al equipamiento por el arranque involuntario del equipamiento. Asegúrese de entender los procedimientos de aislación de su lugar de trabajo y la ubicación de tarjetas y dispositivos.

Antes del inicio del trabajo en toda planta y antes del retiro de todo equipamiento considerado como poco seguro, es esencial que se considere cuidadosamente cómo se debe llevar a cabo la aislación y los medios por los cuales se puede demostrar la eficacia de la aislación.

Los dispositivos de aislación son dispositivos mecánicos que evitan físicamente la transmisión o la liberación de energía.

Sea cual sea el medio que se use para realizar una aislación, es crucial que éstas sean identificadas correctamente y en las que se puedan confiar con seguridad para suministrar el grado de protección necesario.

Los botones de detención de emergencias convencionales, pulsadores, cordones de detención de emergencia (transportadoras), conmutadores selectores y otros dispositivos de circuito de control similares, no son adecuados para ser usados como medios principales de aislación de suministros eléctricos. En general, los sistemas eléctricos deberían ser aislados con el uso de interruptores principales, interruptores de circuito, tomacorrientes u otros dispositivos que proporcionan un corte seguro de los conductores del suministro principal.

El proporcionar la eficacia de una aislación es importante, ya que muchas lesiones han sido provocadas por aislaciones defectuosas, tarjeteo incorrecto y simplemente por apagar el aislador incorrecto. El suministrar aislación correcta se puede lograr mediante la inspección visual, abriendo válvulas de drenaje, intentos de arrancar u operar el equipamiento y puede ser apoyado por la observación de lámparas indicadoras, el uso de instrumentos de pruebas u otros medios adecuados.

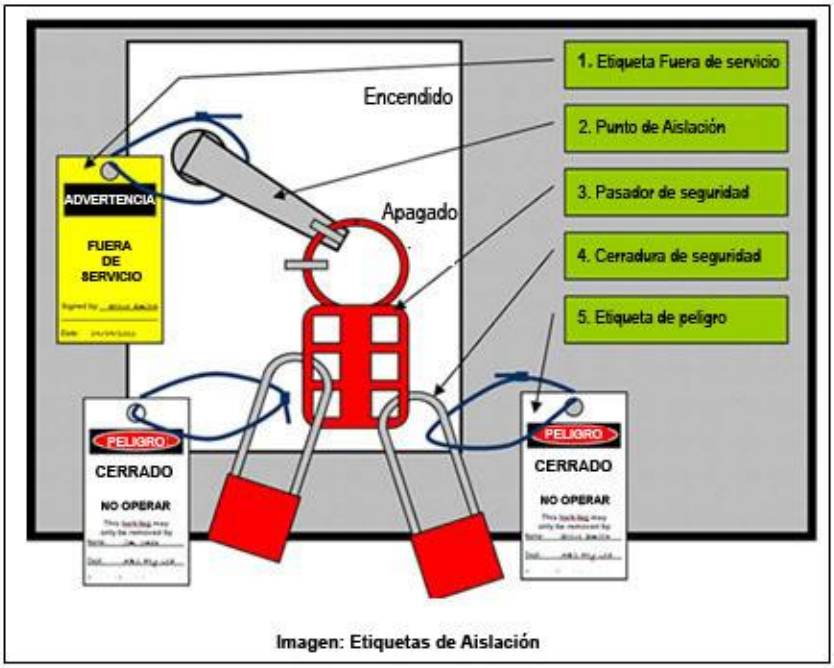


Figura 14

Tarjetas de bloqueo

Existen dos tipos de tarjetas de bloqueo para prevención de accidentes. Éstas incluyen:

1. Tarjetas de PELIGRO personal – blancas, rojas y negras.
2. Tarjetas de FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN para equipos – amarillas y negras.

Ambos tipos de tarjetas están disponibles comercialmente y pueden ser impresas en papel impermeable en tamaños, colores y formatos estándar. Se puede suministrar secciones "recordatorias" desprendibles para propósitos de control.

Ambas tarjetas deben mostrar de manera prominente un mensaje de NO OPERAR o NO USAR en cada lado.

Tarjetas de PELIGRO personal

Las tarjetas de "PELIGRO" personal junto a los dispositivos de aislación significan que personas están actualmente involucradas en el trabajo en la planta y que es probable que estas personas se lesionen si los dispositivos de aislación no se mantienen en la posición segura.

Las tarjetas de PELIGRO personal deben:

- Ser colocadas a todos los dispositivos de aislación para evitar lesiones a personas que realicen algún trabajo.
- Ser colocadas sólo a los dispositivos de aislación que estén en las posiciones de apagado (off) o de seguridad (safe).

- Ser colocadas y normalmente retiradas sólo por la persona cuyo nombre está en la tarjeta.
- Tener toda la información de manera clara en la tarjeta antes de colocarla
- Mostrar un símbolo de PELIGRO reconocido en cada lado.
- Ser colocadas de manera segura en el punto de aislación en una posición prominente por cada persona antes de comenzar el trabajo.
- Ser retiradas luego de finalizar el trabajo y antes de dejar el lugar de trabajo al término del turno de trabajo.
- Ser remplazadas con tarjetas FUERA DE SERVICIO para equipos antes de retirarlas cuando el trabajo esté incompleto.
- No ser usadas en lugar de una tarjeta FUERA DE SERVICIO para equipos.

Plantas, equipamientos y dispositivos de aislación que muestren una tarjeta de PELIGRO personal no deben ser usados, operados, manipulados o interferidos mientras la tarjeta esté colocada.

Figura 15

Tarjetas FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN para equipamiento

Las tarjetas FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN para equipamiento se utilizan para indicar que un elemento de la planta o equipo no debe ser utilizado. Las tarjetas FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN para equipamiento deberán mostrar de manera clara las palabras FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN en cada lado.

Los detalles que se ingresan en tarjetas FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN deberán incluir una referencia del equipo, fecha, hora y más importante el nombre de la persona que colocó la tarjeta. Las tarjetas FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN deben indicar el motivo para colocar la tarjeta y pueden además identificar el grupo de trabajo o responsable de sección.

Figura 16

Las tarjetas FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN para equipamiento deben:

- En la ausencia de toda tarjeta de PELIGRO personal, ser colocadas en todo equipamiento o planta que sean inseguras de operar.
- Normalmente ser colocadas por personas competentes y retiradas sólo por personas autorizadas.
- Ser colocadas sólo a los dispositivos de aislación que estén en las posiciones de apagado (off) o de seguridad (safe).
- Tener toda la información de manera clara en la tarjeta antes de colocarla.
- Ser colocadas de manera segura en el punto de aislación en una posición prominente.
- No ser retiradas hasta que sea seguro hacerlo.
- No ser usadas en lugar de tarjetas de PELIGRO personal.

Plantas, equipamientos y dispositivos de aislación que muestren una tarjeta de FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN para equipamiento no deben ser usados, operados, manipulados o interferidos mientras la tarjeta esté colocada.

Dispositivos de aislación

1. **Dispositivos de bloqueo**

Los dispositivos de bloqueo se utilizan para mantener un dispositivo de aislación de energía en una posición de seguridad y para evitar el arranque de maquinaria o equipos. Los dispositivos de bloqueo incluyen candados, cadenas, flanges ciegos y flanges ciegos deslizantes apernados. Estas diferentes trabas permiten que cualquier número de dispositivos de bloqueo sean colocados en un punto de aislación.

El uso de dispositivos de bloqueo de aislación o candados deberán ser considerados como una protección adicional que es suplementaria a una tarjeta de PELIGRO, FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN que esté "colocada". Un dispositivo de bloqueo ¡siempre deberá ser utilizado con una tarjeta! Bajo ninguna circunstancia se usará un dispositivo de bloqueo de aislación en lugar de o como sustituto de tarjetas de PELIGRO, FUERA DE SERVICIO o PRECAUCIÓN.

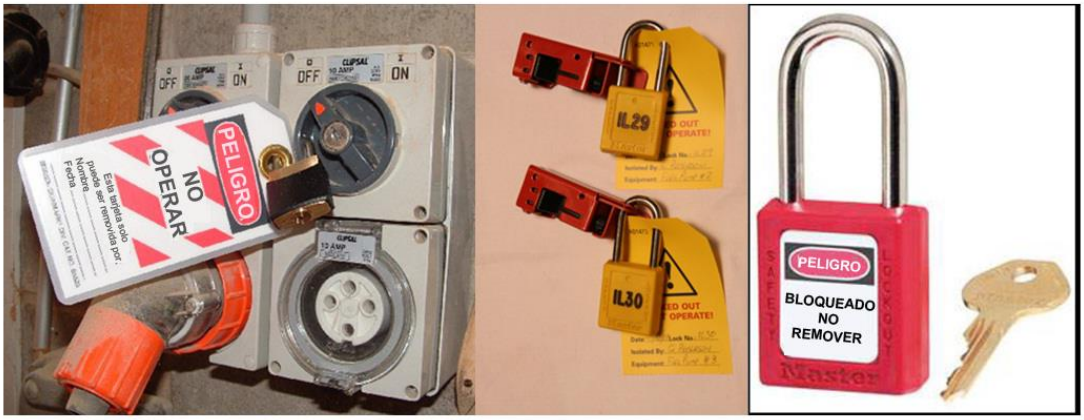


Imagen: dispositivos de bloqueo de aislación

Figura 17

Los dispositivos de bloqueo o candados se usan para proteger al personal y la maquinaria / equipos en conjunto con las tarjetas. Sólo pueden ser retirados por el personal que colocó y firmó la tarjeta. El retiro sólo puede ocurrir una vez que la maquinaria / equipo sea considerado como seguro o el individuo haya completado su tarea.

2. **Pinzas de bloqueo**

Las pinzas de aislación son dispositivos de aislación utilizados en conjunto con dispositivos de bloqueo cuando más de una persona esté trabajando en un equipo o máquina. Permite que cada trabajador bloquee el punto de aislación para que sólo pueda ser desbloqueado cuando todos los candados hayan sido retirados. Candados de tijeras o broches de bloqueo de seguridad son ejemplos de pinzas de aislación. En general, la pinza se coloca a través del punto de aislación y cada persona que realiza el mantenimiento o el trabajo de servicio coloca y cierra

su propio candado con llave individual en la pinza. Esto asegura la protección de cada trabajador ya que la energía no se puede restaurar hasta que el trabajo haya sido terminado y todos los candados hayan sido retirados.

Figura 18

Procedimientos de emergencia

En caso de una emergencia, tales como un accidente o lesión, incendio o filtración de gas, asegúrese de comprender y siga los procedimientos de emergencia del lugar de trabajo. El comprender estos procedimientos es importante para asegurar que se aborde la emergencia de manera adecuada. Además asegura que su propia seguridad es primordial y que en el lugar de trabajo se pueda operar de manera eficiente.

Las acciones que usted puede realizar para reducir el impacto de situaciones de emergencia incluyen:

- Conocer las alarmas y sirenas de emergencia de su lugar de trabajo.
- Conocer quiénes son sus oficiales de seguridad y de primeros auxilios.
- Conocer la ubicación de los kits de primeros auxilios, extintores de incendios y mantas ignífugas.
- Saber cómo se usan los extinguidores de incendios y las mantas ignífugas y mantenerse al día con su entrenamiento de seguridad.
- Aplicar los primeros auxilios y mantenerse al día con su entrenamiento de primeros auxilios y RCP.

- Conocer la ubicación de los sistemas de comunicación de su lugar de trabajo.
- Entender las políticas y procedimientos de comunicación de su lugar de trabajo.
- Quedarse libre de áreas inseguras.
- Evacuar el lugar de manera segura y oportuna.
- Notificar a su supervisor u otro personal pertinente (oficial de primeros auxilios y de Seguridad y Salud Ocupacional) sobre toda situación de emergencia.
- Comunicarse de manera clara y precisa.
- Contactar los servicios de emergencias – ambulancia y/o policía.
- Apagar todo equipamiento y maquinaria (si es posible).
- Permanecer calmado y seguro.

Figura 19

4.2. Formatos tipo

A continuación se presentan algunos de los documentos utilizados en procesos de aislación y bloqueo de equipos. Es importante considerar que estos documentos se unen a otros, como el de análisis seguro de trabajo (AST), a fin de asegurar el desarrollo de las labores de mantenimiento bajo altos estándares de seguridad.

Control de fuentes de energía peligrosas

CONTROL DE FUENTES DE ENERGIA PELIGROSA				
PROYECTO		FECHA		
SUPERVISOR		COORDINADOR DEL CONTROL DE FUENTES DE ENERGIA		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				
DETALLE DE AISLACIÓN				
ENERGIA PELIGROSA	VOLTS	PRESIÓN	TEMPERATURA	OTROS
METODOS DE AISLACIÓN				
DESCONEXIÓN	PANTALLA	DESCONEXIÓN DE LA LINEA	OTROS	
AISLACIÓN DIRECTA	DOBLE VALVULA Y VENTEO	OPEN FLANGE	DESCONEXIÓN DE INSTRUMENTOS	
DISPOSITIVO DE AISLAMIENTO	TRABA NO	FECHA INSTALACIÓN:	FECHA REMOCIÓN:	

CERO ENERGIA VERIFICADA POR:_____ METODO:_____

Figura 20

Listado de empleados protegidos por el bloqueo de sistemas

LISTA DE LOS EMPLEADOS PROTEGIDOS POR EL BLOQUEO DE SISTEMAS						
APELLIDOS Y NOMBRES	LEGAJO	ENTRADA		APELLIDOS Y NOMBRES	LEGAJO	SALIDA

Figura 21

Actividad N° 4

Nociones de bloqueo de equipos

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	
Propuestas de situaciones problemáticas.	
Formulación de preguntas.	✓

Objetivos de aprendizaje

- Identificar los elementos de bloqueo y ubicar puntos estratégicos de bloqueo.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, podrán conocer los elementos de bloqueo más comúnmente usados en la industria de la minería través de un muestrario. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos elementos de uso común en la industria de la minería y en el oficio de operador planta base.

Materiales y recursos

Se recomienda que el Organismo Técnico de Capacitación prepare los muestrarios con los elementos mencionados. Estos artículos se consiguen con distribuidores especializados de equipos de bloqueo.

- Pinzas de bloqueo.
- Tarjetas de bloqueo.
- Dispositivos de bloqueo por cable.
- Dispositivos de bloqueo para válvulas de bola/mariposa.
- Dispositivos de bloqueo para válvulas de compuertas.
- Dispositivos para bloqueo de enchufes (cilíndricos y planos).
- Cajas de bloqueo.
- Elementos de bloqueo para interruptores eléctricos.

Desarrollo

El instructor deberá dividir al curso en grupos de acuerdo al número de muestrarios que tenga y tendrá que fotocopiar las fichas con la descripción del material para cada grupo.

Los materiales del muestrario deberán estar sin nombres con la finalidad de aprender a reconocerlos mediante la observación de sus características. De no tener muestrarios con los elementos solicitados se podrán usar las fotografías contenidas en el material didáctico como imágenes referenciales.

El instructor deberá recortar las fichas con las características de los dispositivos de bloqueo y sus usos. Luego deberá entregar los sets de fichas a los grupos y pedirles que identifiquen primeramente el nombre del material así como posteriormente sus usos.

Se pueden realizar diversas combinaciones con estas fichas para que la actividad sea más entretenida para los participantes. Se puede trabajar por ejemplo solo con las fichas de los usos para tratar de descubrir a que dispositivo de bloqueo se refiere o dividir en equipos al curso y tomar el tiempo de cuál es el equipo más rápido.

Se puede solicitar a los participantes que propongan sus propias maneras de trabajar con las fichas. Lo importante de esta actividad es que los conozcan elementos de bloqueo más usados y sus principales características.

Elemento de bloqueo	**¿Qué es?**	**¿Cuál es su uso?**

	Tarjetas de bloqueo de seguridad	Señalar y/o bloquear puntos clave de los equipos para evitar lesiones a las personas a causa del trabajo. Se utilizan mayormente durante operaciones de servicio, preparación o mantenimiento de máquinas y equipos.
	Candados de bloqueo (distintos tipos y colores)	Un candado de seguridad brinda una medida de seguridad más allá de la que ofrecen las tarjetas. Si se lo usa adecuadamente junto con un proceso de bloqueo bien planificado, el candado de seguridad ayuda a asegurar que los trabajadores no activen accidentalmente la pieza de un equipo mientras alguien esté trabajando allí.
	Pinzas de bloqueo	Mantiene el equipo sin energía e inoperante durante el mantenimiento y permite que varios candados sean utilizados para una misma fuente.
	Dispositivo de bloqueo por cable	Se utilizan para situaciones de bloqueo difíciles así como para válvulas de compuerta grande o dispositivos de medidas extra.
	Dispositivos de bloqueo para válvulas de bola/mariposa	Este dispositivo de bloqueos para válvulas puede también ser usados para bloquear palancas grandes y dispositivos mecánicos difíciles de asegurar.

	Dispositivos de bloqueo para válvulas de compuertas.	Este dispositivo bloquea válvulas de compuerta que regulan la energía hidráulica, neumática y química.
	Dispositivos para bloqueo de enchufes (cilíndricos y planos)	Bloquea una amplia gama de enchufes con cable para evitar que tomen corriente o se entren en contacto con fluidos corrosivos que pueden estar en los pisos.
	Elementos de bloqueo para interruptores eléctricos	Para interruptores que suelen ser sometidos a bloqueos de seguridad, que controlan el suministro eléctrico.
	Cajas de bloqueo	Asegura cada punto de bloqueo sobre una pieza de equipo con sólo un candado designado. Retiene las llaves de dichos puntos de bloqueo al colocarlas en la caja de bloqueo. Cada empleado autorizado coloca un candado personal en la caja y lo retira sólo cuando el trabajo se haya finalizado.

Cierre

La función de los elementos de bloqueo es indicar que existe un protocolo y orden lógico asociado. Hay personas encargadas de cada proceso en cada etapa. El mantenedor debe tener presente todo el procedimiento sin olvidar cuál es su función y donde está ubicado dentro de este proceso. Esto responde al contexto de su trabajo.

Los participantes deben familiarizarse con los elementos de bloqueo para que cuando ellos estén realizando labores del oficio puedan asegurarse de que los equipos que van a mantener estén bloqueados correctamente por su propia seguridad.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200

www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD