



Cuaderno del Instructor Operador Especialista Procesamiento de Molibdeno

Una iniciativa de:



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
Álvaro Catalán C., Consultor de Proyectos

Equipo Codelco División Chuquibambilla

Pedro Juan Molinet, Gerente Concentradora
Martón Bravo T., Ejecutivo RRHH Concentradora
Hugo Miranda P., Supervisor Desarrollo de Personas
Jorge Torres S., Ingeniero Jefe de Operaciones
Claudia Blaña D., Ingeniero Jefe MOFI
José Vargas R., Jefe de Turno MOFI
Osvaldo Campos M., Ingeniero Jefe Relave
José Guzmán C., Ingeniero Jefe Senior Mantenimiento Mecánico
Jorge Uribe M., Superintendente Mantenimiento Eléctrico

Equipo Centro de Entrenamiento Industrial y Minero (CEIM)

José Antonio Díaz A., Gerente General
Fernando Villalobos S., Gerente Desarrollo de Competencias
María Arias Z., Directora de Proyecto
Mario Catalán M., Instructor Especialista Proc. Sulfuros
René Cisternas M., Instructor Especialista Proc. Sulfuros
Alex Vergara C., Instructor Senior Mant. Mecánico
Manuel Macías V., Instructor Senior Mant. Mecánico
Jorge Méndez C., Instructor Senior Mant. Eléctrico
Martín Baltazar R., Instructor Senior Mant. Eléctrico
Marcelo González M., Ingeniero Espec. Proc. Concentrado
Julio Arancibia C., Ingeniero Especialista Mant. Eléctrico
Fernando López P., Especialista Mant. Mecánico
Rafaella Sarroca D., Asesor Metodológico
Sebastián Montivero D., Editor Procesamiento Sulfuros
Constanza Escobar G., Editor Mantenimiento Mecánico
Yeliza Garcés A., Editor Mantenimiento Eléctrico
Patricia Cepeda A., Editor Mantenimiento Eléctrico
Melania Ortiz R., Carolina Pastenes P., Coordinadoras Proyecto

Consejo Minero

Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.

Teléfono: (562) 2347 2200

www.ccm.cl

Este material ha sido elaborado por el Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, con la colaboración metodológica de Innovum Fundación Chile, para la División Chuquicamata de Codelco. Esta institución ha dispuesto este material para el desarrollo del capital humano de la industria minera, permitiendo su utilización y distribución por parte del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero.

El siguiente 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 sus contenidos para fines de formación, citando siempre el documento fuente, pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción, adaptación o distribución 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 SIN FINES COMERCIALES.
© 2017, Corporación Nacional del Cobre de Chile.

Índice

Descripción del documento.....	13
Módulo I: Aislación y Bloqueo	14
1. Aislación y Bloqueo.	14
1.1 Protocolo de bloqueo y aislación de equipos.....	15
1.2 Procedimiento de Trabajo Seguro	18
2. Importancia del trabajo en equipo.....	19
2.1 Fundamentos del trabajo en equipo	19
2.2. Tipos de grupo:	20
2.3 Definición de Grupo y Equipo.....	20
2.4 Normas para el buen funcionamiento del equipo.....	21
2.5 El Rol del líder en un equipo de trabajo	21
2.6 Roles dentro del equipo:	22
2.7 Concepto de sinergia en equipo	23
2.8 Construcción de confianza.....	24
2.9 Empatía.....	25
2.10 Colaboración.....	26
3. Prueba de energías potenciales y residuales.	28
3.1 Aislamiento y disipación de la energía peligrosa.....	28
3.2 Pruebas de energía cero.	30
4. Manejo de sustancias y residuos peligrosos.	31
4.1 Introducción.....	31
4.2 Productos peligrosos y sustancias peligrosas	33
4.3 Clasificación de las sustancias peligrosas.	34
4.4 Sistema de identificación de riesgos en sustancias peligrosas.....	42
Actividad N° 1	45

5. Entrega y Recepción de Equipos	50
5.1 Procedimiento de bloqueo y entrega de equipos	50
5.2 House keeping del área	52
5.3 Protocolo de recepción de equipos	52
5.4 Anomalías durante un bloqueo	53
Actividad N° 2	55
Módulo II: Control de Pérdidas Operacionales	59
6. Control de Pérdidas Operacionales	60
6.1 Introducción	60
6.2 Términos y definiciones.....	61
7. Causas y consecuencias de los accidentes – incidentes.....	65
7.1 Introducción	65
7.2 Puntos claves en la definición de accidentes	65
7.3 Fuentes de accidentes	67
Actividad N° 3	71
7.4 Investigación y análisis de accidentes – incidentes.....	74
7.5 Secuencia del dominó.....	74
7.6 Falta de control – Administración	78
Actividad N° 4	81
8. Administración de Riesgos.....	84
8.1 Antecedentes Generales	84
8.2 Proceso de administración de riesgos	84
8.3 Liderazgo, responsabilidad y contexto	86
8.4 Identificación, análisis y evaluación del riesgo.....	90
8.5 Control del riesgo	95
8.6 Monitoreo del riesgo	98
8.7 Metodología HAZOP	99
9. Programa de control de pérdidas.....	100

9.1 Introducción	100
9.2 Fundamento de la administración de control de pérdidas	101
9.3 Objetivos generales	101
9.4 Metas para el desarrollo de los programas.....	102
9.5 Requerimientos operativos del control de pérdidas.....	103
9.6 Pasos para la puesta en marcha de un programa de administración de control de pérdidas.....	104
Módulo III: Elementos Básicos de la Cadena de Valor del Negocio	105
10. Creación del valor al trabajo	106
10.1 Valor	106
10.2 La cadena de valor.....	106
Actividad N° 5	110
10.3 Actividades de apoyo.....	113
10.4 Modelo de valor total	115
10.5 Escala de valor del cliente	116
10.6 Plan de acción básico para la creación de valor	116
10.7 La calidad	117
11. Desarrollo sustentable del negocio minero	118
11.1 Introducción	118
11.2 Conceptos y metas del desarrollo sustentable	119
11.3 Dimensiones del desarrollo sustentable	119
Actividad N° 6	121
12. Planificación del negocio minero	124
12.1 Introducción	124
12.2 Materialización del negocio.....	125
12.3 Ventas.....	132
13. Procesos productivos en una planta concentradora	133
13.1 Aspectos generales.....	133
13.2 Esquema Proveedores – Proceso - Clientes	133

14. Negocio minero como organización económica.....	136
14.1 Etapas de la inversión.....	136
14.2 Costos asociados al negocio minero.....	137
Módulo IV: Control de Proceso de Flotación en Columnas y Celdas	139
15. Control de procesos.....	140
15.1 Filosofía de Control.....	140
15.2 Objetivo del Control.	140
15.3 Definición de sistema	141
16. Tipos de control de proceso	146
16.1 Control clásico	146
16.2 Control digital directo (DDC)	147
16.3 Control de puntos de consigna (SPC)	149
16.4 Sistema de control distribuido (DCS).....	149
16.5 Controles automáticos	152
16.6 Control supervisor	152
17 Controladores de proceso.....	153
17.1 Finalidad del controlador	153
17.2 Opciones del controlador	153
17.3 Software de control.....	154
17.4 Controladores de lógica programable (PLC).....	154
17.5 Tipos de controles	154
17.6 Señales de transmisión	155
17.7 Función del control automático	157
17.8 Términos importantes	158
18 Tipos de sistemas de control.....	160
18.1 Clasificación de los sistemas de control.	160
18.2 Control con realimentación.....	161
18.3 Control con Prealimentado.	163

19 Tipos de respuestas del controlador	163
19.1 Control SI/NO.....	163
19.2 Acción proporcional.....	165
19.3 Acción integral o reset.....	166
19.4 Acción derivativa	166
19.5 Acción combinada PID	166
19.6 Razones del Control.....	167
Actividad N° 7	170
20 Control de variables en las celdas de flotación	174
20.1 Tipos de control más usuales en el proceso de flotación.....	174
21 Controles en flotación rougher o primaria.....	175
21.1 Control de densidad de la pulpa de alimentación.....	175
21.2 Control pH de la pulpa de alimentación celdas primarias.....	177
21.3 Control de nivel de las celdas de flotación.....	178
21.4 Comando de válvulas neumáticas ON-OFF.	179
21.5 Control en bombas de piso.....	181
22 Instrumentación.....	181
22.1 Acondicionamiento de pulpa.....	181
22.2 Flotación rougher o primaria.....	181
22.3 Remolienda de concentrado	182
22.4 Flotación cleaner o limpieza	182
22.5 Flotación recleaner o relimpieza	183
22.6 Distribución de reactivos	183
Actividad N° 8	184
23 Control de procesos columna de flotación	188
23.1 Criterio de control en una columna de flotación (celda columnar).	188
23.2 Control del nivel de celda de flotación en columna.	188
23.3 Control del nivel de la espuma	188

23.4 Instrumentación y control	188
23.5 Control flujo de agua lavado espuma.....	189
23.6 Control flujo de aire al difusor de la columna	190
23.7 Control de la densidad de pulpa y el porcentaje de sólidos en la alimentación	191
23.8 Sistema de control en una celda de columna	191
23.9 Instrumentación de terreno	193
24 Balance metalúrgico.	195
24.1 Objetivos del balance de masa.....	195
24.2 Datos para el cálculo del balance de masa.....	195
24.3 Red de flujos y ecuaciones del balance de masa.....	196
24.4 Balances de flujos másicos totales	196
24.5 Ejercicios de balance másico en un proceso de flotación.	197
25 Enclavamientos de equipos en planta flotación.....	208
25.1 Bombas alimentación hidrociclones.....	208
25.2 Válvulas de tapones de control de nivel celdas de flotación	208
25.3 Dosificadores de reactivos.....	208
25.4 Bombas de traspaso.	208
25.5 Posición falla de tapones y válvulas:	208
26 Clases de Instrumentos.....	209
26.1 Transmisores.	209
26.2 Elementos sensores.....	209
26.3 Medidores de caudal de fluidos	211
26.4 Medidores de presión.....	212
26.5 Medidores de flujo	213
26.6 Medidores híbridos	214
26.7 Medidores de flujo volumétricos	217
26.8 Medidores de flujo másicos.....	217
Actividad N° 9	219

Módulo V: Control de Proceso de Remolienda y Clasificación	223
27 Controlador proceso de remolienda y clasificación.....	224
27.1 Descripción de control lógico	224
27.2 Filosofía de control de operación del molino vertical (remolienda)	224
27.3 Objetivos del control en el proceso de remolienda – clasificación	227
27.5 Control manual y lazos de control.....	230
28 Variables controladas en la operación remolienda-clasificación	232
28.1 Control de nivel sumidero bomba alimentación hidrociclones.....	232
28.2 Monitoreo de presión alimentación a hidrociclones de remolienda:	233
28.3 Monitoreo de potencias. Consumo de energía del molino de remolienda	234
28.4 Control de densidad alimentación hidrociclones de remolienda.....	235
28.5 Nivel del cajón de descarga molino de remolienda	237
28.6 Control de pH.....	238
28.7 Control de agua de sello	239
Descripción de instrumentos en Figura 125:.....	240
29 Enclavamientos del molino de remolienda	240
29.1 Enclavamientos del molino vertical como remolienda	242
30 Control dosificación de reactivos	245
30.1 Control de reactivos de flotación	245
30.2 Flujo de colector primario al estanque de alimentación a primera limpieza.....	246
30.3 Flujo de espumante al estanque de alimentación a primera limpieza	247
30.4 Preparación.....	249
30.5 Importancia y dosificación.....	249
30.6 Riesgos en la manipulación de reactivos.....	250
30.7 Variables de control de los reactivos de flotación	251
Actividad N° 10	253
Módulo VI: Control Espesamiento de Concentrado (Molibdeno)	257
31 Controlador espesamiento de concentrado.	258

31.1 Descripción del control de espesadores.....	258
31.2 Procedimiento de partida espesador desde sala de control.....	258
31.3 Procedimiento de detención del espesador.....	261
31.4 Balance metalúrgico.....	263
Actividad N° 11	265
Módulo VII: Control de Filtrado de Concentrado.....	268
32 Controlador de proceso de filtrado.	269
32.1 Descripción del proceso filtrado filtro de presión.....	269
32.2 Control porcentaje de sólidos en la pulpa.....	270
32.3 Control de nivel de pulpa en el TK alimentación filtro.....	271
32.4 Control de velocidad bomba alimentación filtro.....	272
32.5 Alimentación agua al filtro de presión	274
32.6 Control del tiempo lavado tubo alimentación filtro.....	274
32.7 Control del tiempo lavado mangueras alimentación filtro.....	275
32.8 Procedimiento para reconocer las alarmas del filtro en pantallas de sala de control.....	275
32.9 Procedimiento para modificar variables de filtrado desde panel de control.....	277
32.10 Alimentación de aire al filtro de prensa	279
32.11 Control de presión mínima de aire de prensado.....	280
33 Filtrado de concentrado.....	281
33.1 Control del tiempo de alimentación a filtro	281
33.2 Control de la presión en tubo de alimentación.....	282
33.3 Control del peso en etapa de alimentación al filtro	282
33.4 Control de la diferencia de presión entre diafragma y tubo de alimentación.....	282
33.5 Tiempo de prensado.....	283
33.6 Control de presión de diafragma en prensado.....	283
33.7 Presión de los tubos de alimentación en prensado	284
33.8 Tiempo de secado.....	284
33.9 Presión de soplado	285

33.10 Descarga del concentrado	285
33.10 Control del peso del queque descargado en el ciclo	286
33.11 Contenido de humedad en el queque descargado.	287
33.12 Chutes de descarga del filtro	287
Actividad N° 12	288
Módulo VIII: Control Proceso de Secado de Concentrado de Molibdeno	292
34 Secador Rotario y Componentes.	293
34.1 Propósito del secado	293
34.2 Condiciones de un buen secado	293
34.3 Filtro de mangas	297
34.4 Control en la inyección de combustible en un secador.....	299
34.5 Sistema de control del quemador del secador.....	300
34.6 Secuencias de encendido automático	302
34.6 Lazo de control proceso de secado	303
Actividad N° 13	310
Operación del secador.....	310

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 Especialista Procesamiento de Molibdeno.

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 indican 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 objetivos planteados para 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, favoreciendo también el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto de 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 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 correctas.

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

Módulo I: Aislación y Bloqueo

1. Aislación y Bloqueo.

1.1 Protocolo de bloqueo y aislación de equipos.

El procedimiento de bloqueo y aislación de equipos implica las metodologías a seguir para proteger al personal al realizar trabajos de mantención, inspección, limpiezas, etc., asegurando que no haya presencia de fuentes de energía potencial o residual que puedan poner en movimiento el equipo, maquinaria y/o dispositivos cuando se está interviniendo y que pueda ocasionar un incidente o lo que es peor un accidente de graves consecuencias, para así cuidar la integridad física de todas las personas que lo están interviniendo. Esto involucra a toda persona que realice trabajos de forma directa o indirecta en el equipo, maquinaria y/o dispositivo intervenido.

Toda persona que deba ejecutar trabajos de mantención, reparación, limpieza, etc. a un equipo y/o sistema accionados por cualquier tipo de energía y, requiera aplicar el procedimiento de aislación y bloqueo deberá presentar aptitudes técnicas, físicas y psicológicas adecuadas, es decir deberá estar técnicamente apto.

El líder del área o del grupo de personas que van a ejecutar el trabajo deberá instruir previo a la actividad instrucción sobre el uso correcto y cuidado de equipo de protección básico y específico de seguridad.

El personal que intervendrá el equipo, maquinaria y/o sistema energizado deberá ser instruido por el líder del grupo o del área sobre el reglamento de aislación y bloqueo y, deberán contar entrenamiento específico sobre los riesgos y control de las distintas fuentes de energía.

Todas las personas responsables de la intervención de la maquinaria, equipo y/o sistema accionado por cualquier tipo de energía deberán personalmente instalar y posteriormente desinstalar sus dispositivos de bloqueo e identificación.

La supervisión a cargo de la intervención deberá verificar el cumplimiento del procedimiento de aislación y bloqueo cada vez que se realice la actividad de mantenimiento e intervención de un equipo, maquinaria y/o sistema accionado por cualquier tipo de energía.

El reglamento o procedimiento de aislación y bloqueo deberá establecer los siguientes elementos:

- Contener el paso a paso de la tarea de aislamiento y bloqueo.
- Detallar los tipos de bloqueo que se deben efectuar.
- Detallar todos los elementos o accesorios de bloqueo a ocupar (candado personal y/o departamental, tenazas o pinzas, tarjetas de identificación, canastillos de bloqueo, etc.)
- Tipos de energías presentes en la actividad a desarrollar.
- Sistemas de aviso, advertencia y registro (letreros, libros, etc.).

- Conceptos de energía cero.
- Roles de los participantes de la actividad y sus responsabilidades.
- Contingencias y excepciones.
- Protocolo de comunicaciones e interferencias.
- Protocolo de entrega de equipo, maquinaria y/o sistema desenergizado.
- Protocolo de recepción de equipo, maquinaria y/o sistema energizado.
- Protocolo de puesta en marcha equipo o maquinaria.

Cuando en la intervención participen más de 10 trabajadores, se deberá disponer de una caja o canastillo de bloqueo para guardar las llaves de los candados personales y/o departamentales utilizados para bloquear las fuentes de energía.

El líder o supervisor a cargo de la actividad, usará un candado con llave única para bloquear cada fuente de energía. Después de bloqueado el equipo, maquinaria y/o sistema accionado por cualquier tipo de energía, cada trabajador colocará su candado personal en la caja de bloqueo, junto con la tarjeta personal de identificación.

La caja de bloqueo se deberá instalar en un lugar visible, fijo y de fácil acceso, cerca del equipo, maquinaria o sistema a intervenir. En la caja de bloqueo se deberá colocar la hoja de bloqueo que indica los puntos de bloqueo y el personal que bloqueó.

El uso de la caja o canastillo de bloqueo, facilita la gestión de los bloqueos múltiples y evita el uso de muchas pinzas o tenazas para este fin, ordenando de esta forma el bloqueo.



Figura 1 Bloqueo desordenado

El líder o el supervisor a cargo de las instalaciones o del trabajo deberán hacer lo siguiente antes de iniciar la actividad o trabajo a ejecutar:

- a. Instruir en forma oportuna y conveniente el procedimiento de aislación y bloqueo a todo el personal involucrado en la mantención, reparación, limpieza, etc.
- b. Deberá verificar la aplicación del procedimiento de trabajo seguro a todo el personal involucrado en la actividad.
- c. Verificar que todo el personal asignado a la actividad cuenten con los elementos de protección personal y que los utilicen correctamente en el trabajo o actividad.
- d. Verificar que todos los trabajadores dispongan de los materiales y herramientas necesarios para el desarrollo de la actividad y que estas se encuentren en buen estado.
- e. Verificar que todo el personal involucrado en la actividad las desarrolle bajo las normas establecidas por el procedimiento de aislación y bloqueo.
- f. Verificar que todo el personal que desarrollará la actividad efectúen las acciones correspondientes cuando se observen desviaciones.
- g. Dar aviso de inmediato a la jefatura superior y/o al asesor de prevención de riesgos sobre cualquier anomalía que se presente en terreno y que comprometa la seguridad a las personas o a los equipos.

El líder o el supervisor a cargo de las instalaciones considerarán terminado el bloqueo cuando:

- a. Se haya verificado el retiro de todos los dispositivos de bloqueo y de señalización.
- b. Se haya efectuado la evacuación de todos los participantes de la intervención.
- c. Se hayan reinstalados todas las protecciones.

Las empresas mineras tienen cada una sus propios procedimientos para dar cumplimiento a estas normativas.

Con respecto a los Procedimientos de aislación y Bloqueo, estos son un estándar para cumplir los pasos establecidos para llevar a cabo un bloqueo de manera segura. Estos implican roles con tareas específicas y un orden en el cuál se llevan a cabo dichas tareas.



Figura 2 Bloqueo de válvulas

1.2 Procedimiento de Trabajo Seguro

Propósito

Un Procedimiento de Trabajo Seguro tiene como objetivo principal prevenir la ocurrencia de eventos no deseados y/o incidentes que puedan ocasionar daños a las personas, daños a la propiedad, fallas en la operación, etc., donde establece la obligatoriedad de contar con este permiso autorizado por el jefe de turno o el líder de un área, donde se autoriza la realización de trabajos o cualquier tipo de intervención en equipos, maquinarias y/o dispositivo y, solo se podrán ejecutar si cumplen con todos los requerimientos y medidas de seguridad establecidas por normas o procedimientos del área.

Los propósitos del procedimiento de trabajo seguro son:

- a. Asegurar que todas las personas que ejecuten un trabajo o actividad en una área restringida o potencialmente peligrosa, han sido informadas e instruidas en forma oportuna y convenientemente sobre los riesgos operacionales asociados a la actividad, y de las medidas de seguridad, prevención y control de riesgos y ambientales adecuadas que se deben adoptar frente a los riesgos.
- b. Definir la naturaleza y duración del trabajo a ejecutar.
- c. Asegurar que los procedimientos de trabajo seguro aplicables son comprendidos y conocidos por todo el personal involucrado en la actividad en una área restringida o potencialmente peligrosa.
- d. Proveer un archivo documentado de trabajos clasificados como potencialmente peligrosos, que requieren la otorgación del Permiso de Trabajo Seguro.

- e. Asegurar, mediante una evaluación y planificación de seguridad previa, que las actividades se ejecutarán en condiciones de riesgos operacionales bajo control.

El Procedimiento de Trabajo Seguro se aplica tanto al personal de la empresa, los contratistas y subcontratistas de empresas colaboradoras que deban ejecutar trabajos o actividades en áreas de una empresa, clasificadas como restringidas o potencialmente peligrosas y que requieren de un Permiso de Trabajo Seguro para realizarlas.

2. Importancia del trabajo en equipo

2.1 Fundamentos del trabajo en equipo

Introducción

Todas las personas tenemos necesidades sociales y objetivos que necesitan de la concurrencia de otras personas para ser satisfechos y/o logrados. Esta es la razón de ser de los grupos humanos.

Esto mismo ocurre en las organizaciones, que están formadas por personas con sus necesidades sociales y sus metas. Es por esto que en las organizaciones también existen grupos, ya sean formales o grupos informales, basados en la atracción entre las personas que los forman, independientemente de la posición que ocupan en el organigrama de la empresa. Ambos tipos de grupos son necesarios para que tanto las organizaciones, como las personas que las integran, puedan lograr sus metas y objetivos.

En este marco, el trabajo en equipo es una de las respuestas al reto de la productividad. La cohesión de los equipos de trabajo, el fomento del espíritu cooperativo, la identificación de las personas con los objetivos de la empresa y la comunión de intereses y esfuerzos hacia el fin común son aspectos fundamentales sobre los que trabajar para cimentar el éxito o el fracaso.

Objetivos:

- Manejar y aplicar técnicas para la formación de equipos de trabajo según sea tarea.
- Identificar, analizar y manejar estrategias comunicacionales, que se dan entre individuos, grupos y estructura organizacional
- Analizar, comprender y aplicar técnicas de resolución de conflicto en relaciones de tipo supervisor-empleado; supervisor y cliente.

2.2. Tipos de grupo:

Grupos Funcionales: son aquéllos que se forman en torno al desempeño de tareas permanentes, tienden a ser formales en función a que permanecen en el tiempo y están sometidos a supervisión.

Grupos de Tarea: son aquéllos que se forman para abordar un problema específico, permanecen mientras está el problema y ejercen una función integradora y ayudan a la autoridad.

Grupos de Interés: son aquéllos que se forman en torno a la defensa de intereses particulares, tales como los sindicatos (aparece el problema del conflicto, cooperación, antagonismo).

Grupos de Amistad: son aquéllos que se forman por afinidad y complementariedad entre los miembros.

El trabajo en equipo implica un grupo de personas trabajando de manera coordinada en la ejecución de una meta

El trabajo en equipo se basa en las "5 C":

1. Complementariedad.
2. Coordinación.
3. Comunicación
4. Confianza
5. Compromiso

2.3 Definición de Grupo y Equipo

Grupo: Es un conjunto de dos o más individuos interdependientes que interactúan junto con otros para el propósito de lograr uno o más objetivos dentro de la organización.

Equipo: El equipo es más que un conjunto de individuos, es en parte una entidad emocional que intercomunica los sentimientos tanto como los pensamientos de sus miembros, cuida activamente del bienestar del equipo.

Diferencias en un equipo y un grupo:

EQUIPO	GRUPO
El equipo responde del resultado final	El grupo responde de cada uno de sus miembros de forma independiente
En el equipo de trabajo cada miembro	En el grupo de trabajo sus miembros

domina una faceta determinada y realiza una parte concreta del proyecto (sí son complementarios).	tienen formación similar y realizan el mismo tipo de trabajo (no son complementarios).
En el equipo es necesario la coordinación	En el grupo de trabajo cada persona puede tener una manera particular de funcionar

Tabla 1

2.4 Normas para el buen funcionamiento del equipo

- La elección de las personas que forman el equipo de trabajo, buscando sinergias entre sus características diferenciales.
- Establecer claramente los objetivos, y organizarse del mejor modo para el logro de los mismos.
- Los componentes del equipo deben respetar las ideas y puntos de vista de los demás.
- Compartir éxitos y fracasos.
- Cumplimiento de las normas establecidas (turnos de intervención, formas de tomar decisiones, etc.).
- Realizar críticas constructivas.
- Controlar las emociones.
- Negociar
- Convencer o ceder, no intentar imponer las ideas por la fuerza.

2.5 El Rol del líder en un equipo de trabajo

El liderazgo es el proceso de influir en otros y apoyarlos para que trabajen con entusiasmo en el logro de objetivos comunes. Se entiende como la capacidad de tomar la iniciativa, gestionar, convocar, promover, incentivar, motivar y evaluar a un grupo o equipo.

"El líder" es el que moldea o da forma a la estructura de cada grupo. Con su conducción el líder puede o no formar grupos de personas que funcionen como *equipo de trabajo*. El buen líder con su accionar desarrolla equipos de trabajo, utilizando la mezcla adecuada de lealtad, motivación y confianza que todo ser humano necesita para creer y emprender en pos de los objetivos grupales.



Figura 3 Rol del líder

2.6 Roles dentro del equipo:

Dentro de un equipo de trabajo se pueden encontrar roles muy característicos, algunos positivos para el desempeño del equipo, mientras que otros muy negativos.

Lo usual es que cada persona asume un rol según su personalidad. Hasta el momento, no existe una clasificación de roles con los que todos los teóricos estén de acuerdo, sin embargo, se puede intentar la siguiente clasificación: moderador, colaborador, creativo, relacionista y evaluador.

El moderador dirige, coordina, orienta, motiva y controla a los otros integrantes, dependiendo de quien asuma este rol, puede ejercerlo de forma autocrática, consultiva, democrática, anárquica, orientadora o relajada.

El colaborado, complementa, apoya, sustenta y respalda la labor de todo el equipo, especialmente de quien asuma el rol de moderador.

El creativo sugiere, innova, crea y propone nuevas cosas y nuevas formas de hacerlas.

El relacionista cuida todo lo que tiene que ver con la armonía tanto entre los integrantes del equipo, como con las personas ajenas a él.

El evaluador es el crítico, el que vuelve a centrar al equipo cuando éste se dispersa y evaluar tanto los resultados como los procedimientos.

- **Metas y objetivos del equipo de trabajo**
 - Otorga oportunidad de aprendizaje mutuo.
 - Agiliza planes y programas – Ahorra tiempo.
 - Favorece la identidad de las personas con su organización.
 - Permite acciones más asertivas, eficaces y creativas.
 - La persona se siente parte de los logros.
- **Factores que facilitan el trabajo en equipo con otros equipos y áreas en la organización**
 - Buen liderazgo.
 - Coherencia.
 - Participación activa de los miembros del equipo.
 - Organización interna.
 - Experiencia y disposición para el aprendizaje.
 - Flexibilidad.
 - Tener clara la misión, visión, propósitos, objetivos y metas comunes.
 - Conocer la etapa de desarrollo del equipo.
 - Buen clima interno.
 - Voluntad para el trabajo en conjunto.
- **Valores intransables al interior de un equipo de trabajo**
 - Respeto
 - Compañerismo
 - Lealtad
 - Empatía

2.7 Concepto de sinergia en equipo

El concepto de sinergia es clave en el trabajo en equipo. Supone que los resultados de un equipo de trabajo pueden ser superiores a la suma de los esfuerzos y capacidades de cada uno de los miembros de ese equipo. Ello va a depender de una buena organización y de que el objetivo sea realmente común, comprendido y aceptado por todos los componentes del equipo de trabajo.

Cuando tiene lugar el efecto sinergia, los resultados del equipo trabajo son superiores a los esperados, generando una gran motivación y una gran cohesión o unidad del equipo

Para lograr una interacción efectiva el equipo debe construir cuatro elementos básicos: Confianza, Consenso, Compromiso y Colaboración.

Cada atributo se construye sobre el atributo anterior, es decir no puedo lograr Compromiso si no hay Consenso, y no puedo lograr Consenso si no hay Confianza.

Existe asimismo un quinto atributo que es la Comunicación abierta, el cual fluye durante el proceso de construcción de la confianza, el consenso, el compromiso y la colaboración

2.8 Construcción de confianza.

El primer atributo es la confianza, sobre ella se construye el resto de los atributos y es la base primaria de la creación de equipos.

Muchas veces se intenta lograr Compromiso entre los miembros de un equipo sin antes lograr la confianza entre ellos, el resultado es un compromiso frágil que se desmorona ante la adversidad.

¿Cómo se construye la confianza?

La confianza es un fenómeno individual y grupal, hay personas que tienden a confiar más en los otros y hay personas que demoran más en establecer vínculos de confianza.

Por otro lado hay entornos que son más propicios a la creación de confianza y otros que no. El líder del equipo tiene un rol importante en generar un ambiente donde se establezca confianza.

Hay tres elementos claves para la construcción de la confianza: Liderazgo, Hechos y Comunicación Abierta.

La creación de confianza requiere de un ambiente propicio para que esta surja, y es el líder de un equipo el principal encargado de construir este ambiente mediante su propio ejemplo y guiando a los demás miembros del equipo a que establezcan la relación de confianza.

La confianza se construye más con hechos que con palabras. Cuando se puede confiar varias veces en el equipo o en alguno de sus miembros, y las personas no se han sentido defraudadas, es allí cuando se empieza a establecer un vínculo de confianza sólido. La comunicación dentro de un equipo puede referirse a dos tópicos:

Conversaciones sobre los temas en los que está operando el equipo o conversaciones sobre la interacción misma del equipo.

A veces ocurre algo aún peor, los problemas de interacción del equipo no se hablan como un tema en sí mismo, sino que son abordados conjuntamente con las conversaciones sobre la operación del mismo.

Consenso.

“Podemos estar de acuerdo o no, pero una vez que alcancemos el consenso y salgamos de este cuarto la decisión fue del equipo y todos debemos apoyarla.”

El consenso no es la mayoría ni la decisión de los que tienen más poder.

El consenso se construye a través de la práctica del dialogo y la escucha activa. Si previo a la búsqueda de consenso los equipos ya han establecido confianza mutua, el camino al consenso es mucho más corto.

Si ya hay confianza entre los miembros del equipo no se discuten posiciones, sino que se dialoga sobre los distintos puntos de vista. Cuando existe la confianza el consenso se basa en hechos y no en posturas personales.

Hay algunos elementos que ayudan a construir consenso:

Escuchar activamente, entender en profundidad el razonamiento de otros. Eliminar subjetividades, y si esto no es posible explicitarlas.

2.9 Empatía.

Compromiso ético y responsabilidad

Muchos podemos estar en un equipo y no estar comprometidos con el objetivo del mismo, simplemente estamos y cumplimos.

En esta situación no estamos dispuestos a dar lo mejor de nosotros mismos, ni de ir “más allá” en búsqueda de aportar el mayor valor al equipo.

Cuando nos comprometemos damos lo mejor de nosotros y nos esforzamos plenamente para alcanzar los objetivos del equipo.

La falta de compromiso puede estar dada por muchos factores, pero quizás uno de los factores que más atentan contra el compromiso es la falta de alineación con los objetivos del equipo.

Construir compromiso es una tarea difícil porque tiene que ver con los intereses y valores de los integrantes de un equipo, las personas se comprometen en la medida en que se sienten parte de algo, pero son muy variadas las maneras en las que nos sentimos parte de algo.

Creo que una de las maneras más eficaces de construir Compromiso es identificar las motivaciones de las personas que queremos que se comprometan en un equipo.

Todos tenemos distintas motivaciones, y las mismas varían con el transcurso del tiempo por eso creo que el líder de un equipo tiene que estar constantemente revisando los factores que motivan a los miembros del mismo para asegurarse que dichos factores sean atendidos y así generar compromiso.

2.10 Colaboración.

La colaboración se genera cuando el compromiso de los miembros del equipo ya se ha construido.

La colaboración implica dar lo mejor de cada uno y fundamentalmente ayudar a cada miembro del equipo a alcanzar sus objetivos individuales.

Qué nos hace ser un equipo de trabajo

- Tener un propósito claro.
- Tener una comunicación efectiva hacia adentro y hacia afuera. Voluntad de aprender de los demás.
- Participación en el grupo.
- Orientación a la solución de problemas. Búsqueda de la excelencia.
- Celebración de los logros. Equipos multidisciplinarios.
- Búsqueda de la innovación. Compromiso.

Características personales necesarias en el equipo:

- Aceptar Crítica.
- Ser autocrítico.
- Respetar opinión disidente.
- Vencer temores y debilidades.
- Aprender a escuchar.
- Ser flexibles.
- Aprender de la experiencia de los compañeros.

Factores que dificultan el trabajo en equipo:

- Falta de tiempo
- Desconocimiento de la visión, misión, objetivos y metas de la organización
- Clima laboral inadecuado
- Falta de unidad
- Lucha por el poder
- Temor
- Desconfianza entre los integrantes.
- Falta o falla en el liderazgo
- Falta de reconocimiento de parte de los líderes de la organización
- Fracasos en los metas.

Algunos problemas en los integrantes del equipo:

- Rivalidad entre los miembros.
- Escasa innovación.
- Desmotivación en los integrantes.
- Resistencia al cambio.
- Negativismo.
- Poca participación.
- Acaparar la palabra.

Etapas en el desarrollo de un equipo:

1. Formación – Inicio.
 - Optimismo.
 - Análisis.
 - Información.
2. Intranquilidad.
 - Primeras dificultades.
 - Tensión – Roces.
 - Aparecen las diferencias de carácter y personalidad.
3. Acoplamiento.
 - Superan dificultades
 - Se observan avances
 - Desarrollo de Habilidades
4. Madurez.

- Equipo acoplado.
- Aprenden a trabajar juntos.

5. Agotamiento.

3. Prueba de energías potenciales y residuales.

3.1 Aislamiento y disipación de la energía peligrosa.

La energía es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en los sistemas. Las energías de un sistema son:

- Eléctrica
- Mecánica
- Hidráulica
- Potencial
- Cinética
- Química
- Térmica
- Radiante
- Condiciones del área y,
- Mi propia conducta.

Los dispositivos para liberar las energías residuales, se deben incorporar a la máquina cuando esta energía pueda dar origen a un riesgo. Tales dispositivos incluyen frenos destinados a absorber la energía cinética de las partes móviles, sistemas de trabas mecánicas para impedir el movimiento de correas, resistencia para descargar condensadores eléctricos y válvulas o dispositivos similares para despresurizar los acumuladores de fluidos, entre otros.

Se deben proporcionar dispositivos en terreno, tales como manómetros o puntos de prueba, para verificar la ausencia de energías (aislamiento) en las partes de una máquina, en las cuales se debe intervenir. El manual de instrucciones de la máquina debe proporcionar una guía precisa acerca de los procedimientos de verificación seguros. Cuando los montajes se pueden sacar o desmontar, se deben fijar etiquetas permanentes que adviertan contra los peligros, debido a la energía almacenada o residual, por ejemplo, resortes comprimidos u otra condición de peligros potenciales.

El procedimiento de prueba de energías potenciales y residuales consta de los seis pasos siguientes:

1. Desconexión y/o separación de la máquina o de las partes o secciones definidas, desde todos los alimentadores de potencia.
2. Verificación mediante instrumentos de la ausencia efectiva de energía, como Tester, probador de tensión, manómetro, contador Geiger, instrumentos en línea (transmisores de flujo, presión, temperatura) u otro mecanismo que compruebe que el equipo, sistema o área está libre de energías peligrosas.
3. Liberación y/o disipación de cualquier energía almacenada que pueda dar origen a un peligro en partes mecánicas que continúen moviéndose por inercia, por gravedad y/o descarga de condensadores y acumuladores, de fluidos presurizados (líquidos, gases y vapores), etc.
4. Instalación de elementos mecánicos como candados, cadenas, pasadores y frenos, que impidan que las energías aisladas puedan llegar nuevamente a accionar el equipo, maquinaria, instalación o sistema (esto se conoce como Bloqueo).
5. Verificación mediante el uso de un procedimiento para comprobar, que las medidas tomadas de acuerdo con el punto 1, 2, 3 y 4 antes descritas, han sido aplicadas.
6. Delimitación de la zona de trabajo, para restringir el acceso a esta zona, sólo al personal autorizado para ello.

¿Qué puede pasar si una energía vence la resistencia del cuerpo?

- La muerte
- Lesiones graves e incapacitantes
- Lesiones leves, etc.
- No se puede predecir con exactitud lo que puede pasar ya que va a depender de las circunstancias en que se tome contacto, el tipo y el nivel de energía; sin embargo la potencialidad de recibir lesiones graves es alta.

¿Qué se debe hacer antes de intervenir un sistema?

- Identificar las energías del sistema a intervenir.

Por cada energía:

- Identificar y ubicar los dispositivos de aislamiento que deben ser bloqueados.

- Analizar el o los métodos para retirar y/o controlar la energía almacenada y evitar re acumulación.

Ejemplos de intervención en planta de beneficio:

Si se va a realizar cambio de polines en una correa transportadora:

- Al intervenir la correa, ésta se puede poner en movimiento (energía cinética)
- Al intervenir la correa, ésta puede ser energizada (energía eléctrica)
- Al levantar la correa se pueden cortar las eslingas (energía potencial)

3.2 Pruebas de energía cero.

Es la condición que permite asegurar por personal calificado y autorizado, que están aisladas todas las energías principales y residuales, dentro de la zona de influencia de una máquina, equipo o instalación.

Control de energía cero.

Es importante recordar lo que control de energía cero significa:

Antes de iniciar el trabajo, el líder o supervisor verificará de que se examinen y liberen las energías (residuales y potenciales) de todos los mecanismos con posible energía almacenada, provenientes de fuentes de vapor, circuitos hidráulicos y neumáticos, resortes comprimidos, cargas suspendida, condensadores e inductancias, fuentes radiactivas, elementos y compuestos reactivos, y todo otro elemento que pudiera poner en peligro la integridad del personal que trabaja en el área.

La desenergización de un equipo y/o proceso (aislación) significa que todos los dispositivos de aislación de energía involucrados deberán ser ubicados y operados de tal manera que lo aíslen de todas las fuentes de energía.

Se deberá comprobar ausencia de tensión en el lugar más cercano posible al elemento de desconexión. Para ello, se deben utilizar equipos de prueba, certificados por algún organismo que de fe de su correcto funcionamiento.

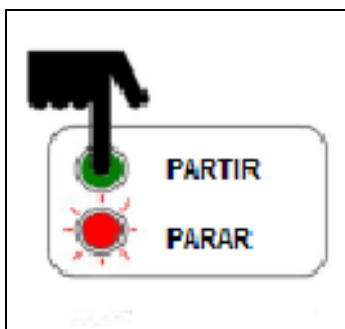


Figura 4 Prueba de energía cero

4. Manejo de sustancias y residuos peligrosos.

4.1 Introducción.

La industria química produce una gran variedad de nuevos productos químicos, que las personas no pueden asimilar, y si llegan a estar expuestos se producen efectos adversos en su metabolismo.

Cuando estos productos químicos tienen tal característica, se denominan Sustancias Peligrosas.

Las empresas han debido implementar planes de manejo, transporte y almacenamiento de sustancias y residuos peligrosos para minimizar las pérdidas por los riesgos asociados, pero ninguno de estos planes tendrá la eficacia adecuada si las personas no tienen los conocimientos previos para llevar a la práctica la forma correcta de ejercer las labores en que están expuestos a tales riesgos específicos. Algunos conceptos principales son:

Sustancias peligrosas. Aquéllas que por su naturaleza puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud de las personas, a los animales, al medio ambiente, etc.

Sustancia explosiva. Sustancia o mezcla de sustancias, capaz de hacer explosión, por ejemplo las sustancias pirotécnicas.

Residuos peligrosos. Residuo o mezcla de residuos que presentan riesgos para la salud y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar las características de ser corrosivos, reactivo, tóxico (agudo, crónico o extrínseco) y/o inflamable.

Riesgo. Situación que puede conducir a una consecuencia negativa, no deseada en un acontecimiento, o bien probabilidad que suceda un determinado peligro potencial.

Toxicidad. Propiedad de una sustancia que, por acción de contacto o que sea absorbida por un organismo, por vía oral, respiratorio o cutáneo, es capaz de ser letal o de producir efectos tóxicos

acumulables. La toxicidad es la medida usada para determinar el grado venenoso de algunos elementos químicos.

Las sustancias peligrosas se categorizan según las características predominantes que las representen. Estas características son:

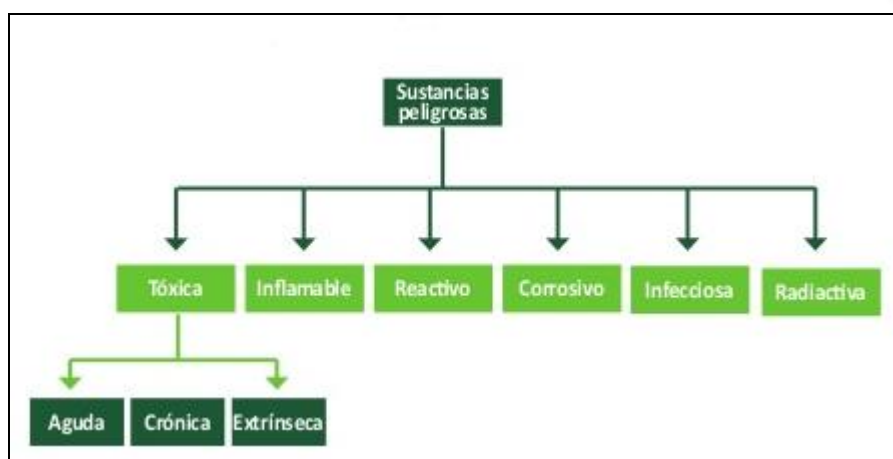


Figura 5 Características de las sustancias peligrosas

Las actividades que se requieren para controlar una emergencia con materiales peligrosos se basan en la identificación de los materiales o sustancias peligrosas involucradas. La facilidad y rapidez para hacerlo varía considerablemente a diferencia de que no se tenga ningún sistema de identificación.

En algunos casos, las placas (rótulos), etiquetas, papeles de embarque o envío y el conocimiento acerca de las sustancias almacenadas en la instalación o el informe de un testigo ocular, suponiendo que éste sea creíble, pueden hacer relativamente fácil el proceso de identificación. En otros casos, puede tomar una cantidad considerable de tiempo determinar la identidad de un material en un accidente o los productos de combustión presentan problemas especiales al determinar los peligros que puedan encontrarse.

Cuando no se conoce cuáles son los materiales involucrados, se debe suponer que existe una situación grave y se deben tomar las medidas de seguridad y precauciones máximas para prevenir cualquier efecto indeseable en el personal de emergencia o en cualquier otra persona en el área. Una vez que se ha identificado el material, se pueden determinar los peligros asociados con él y se puede hacer una evaluación de su impacto potencial. Se pueden establecer las medidas de control más apropiadas para ese tipo de material y sus peligros, así como medidas de seguridad tanto para

el personal que atiende la emergencia como para el resto de la gente, respecto a los peligros que se corren.

Los materiales peligrosos son transportados y almacenados frecuentemente en grandes cantidades. Un escape accidental de estos materiales presenta un peligro potencial para el público y el medio ambiente. El accidente puede ser manejado más rápidamente cuando el material peligroso es identificado y caracterizado específicamente. Desafortunadamente, el contenido de los tanques o camiones de almacenaje puede que no esté especificado o adecuadamente identificado. Puede ser que los papeles de embarque o registros no estén disponibles. Incluso con tal información, se necesita una persona con experiencia para definir los peligros y su gravedad.

Debido a la necesidad inmediata de información concerniente a un material peligroso, se han desarrollado varios sistemas de identificación de estos materiales. Todos ayudan a que los que participan en el accidente se enfrenten con rapidez y seguridad a un problema que puede originar peligros a la salud o al medio ambiente.

4.2 Productos peligrosos y sustancias peligrosas

Según la Norma Chilena 382, oficial del año 89, una sustancia peligrosa es aquella que, por su naturaleza produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y a elementos materiales tales como instalaciones, maquinarias, edificios, etc.

Los criterios que definen la peligrosidad son la inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad, infecciosidad y radiactividad.

Sustancias peligrosas

De acuerdo a la Norma Chilena NCH 382 las sustancias peligrosas son: “Aquellas materias, sustancias o elementos que por su volumen o peligrosidad implican un riesgo alto y cierto, más allá de lo normal, para la salud, los bienes y el medio ambiente durante su extracción, fabricación, almacenamiento, transporte y uso”.

El uso de materiales riesgosos se ha masificado en estos últimos años, pues se pueden encontrar en combustibles, medicinas, productos de limpieza, plaguicidas, en procesos industriales, etcétera.

Sustancias peligrosas más comunes

Las que estadísticamente se ven más involucradas en incidentes peligrosos son:

Gasolina o bencina

Petróleo

Gas licuado

Otras sustancias peligrosas son: ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico, amoníaco, hidróxido de sodio y muchos otros que se generan en el sector industrial y laboratorios.

4.3 Clasificación de las sustancias peligrosas.

Las sustancias peligrosas se han clasificado de acuerdo a los riesgos de asociados en relación con la salud, estabilidad o reactividad química, peligro de incendio, explosión y riesgos específicos.

Los materiales o sustancias peligrosas se clasifican en nueve grupos o clases, las cuales se subdividen a su vez en otros grupos denominados “clase de riesgo”, normalizados por las Naciones Unidas, con el fin de contar con una terminología concordante en todo el mundo.

Las sustancias peligrosas se dividen en las siguientes clases:

La norma chilena 2120 clasifica las sustancias peligrosas en nueve categorías:

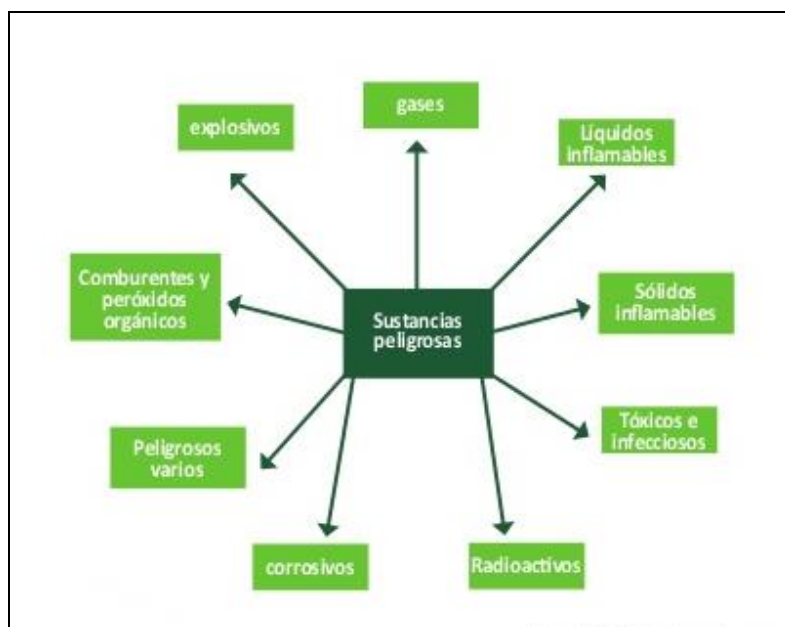


Figura 6 Clasificación de las sustancias peligrosas

Clase	Tipo de riesgo
1	Sustancias y objetos explosivos
2	Gases comprimidos, licuados, disueltos a presión o criogénicos
3	Líquidos inflamables
4	Sólidos inflamables
5	Sustancias comburentes, peróxidos orgánicos
6	Sustancias venenosas (tóxicas); sustancias infecciosas
7	Sustancias radiactivas
8	Sustancias corrosivas
9	Sustancias peligrosas varias

Tabla 2 Clasificación de las sustancias peligrosas

1 Explosivo: Un explosivo es cualquier dispositivo, mezcla o compuesto químico cuyo propósito principal es funcionar mediante explosión, es decir con liberación instantánea de gas y calor .Existen 3 clases de explosivos y 6 divisiones

Los explosivos **clase A:** son aquellos materiales que presentan un peligro máximo a través de una detonación masiva. Un ejemplo de explosivo de esta clase es la dinamita: que se utiliza fundamentalmente en la minería y construcción.

Los explosivos **clase B:** son aquellos materiales o dispositivos que presentan un peligro de inflamación, además arden con llama pero sin explosión.

Por ejemplo: fuegos artificiales de exhibición.

Los explosivos **clase C**: son aquellos materiales que contienen cantidades restringidas tanto de explosivos de la clase A como de la clase B, pero que de todas formas, presentan un peligro. Por ejemplo, fuegos artificiales comunes y municiones de armas pequeñas entre otros.

Las divisiones en los explosivos son:

División 1.1 (A). Presentan el riesgo de explosión masiva, es decir, instantáneamente toda la carga (dinamita, TNT).

División 1.2 (A-B). Explosivos con riesgos de proyección (proyectiles o fragmentos, bengalas y cuerdas detonantes).

División 1.3 (B). Explosivos que tienen riesgos de incendios, además de voladura y de proyección (motores de cohetes y fuegos de artificios especiales).

División 1.4 (C). Riesgo menor de explosión (fuegos artificiales normales y munición de armas pequeñas).

División 1.5 (C) :(agentes detonantes): Explosivos con riesgos de explosión mínima, siendo estables con bajas posibilidades de explosión (nitrato de amonio, mezcla de aceites combustibles).

División 1.6. Extremadamente insensibles, con bajo riesgo de explosión en masa. Difícilmente pueden detonar de manera accidental.



Figura 7 Explosivos

2 Gases --Comprimidos, Licuados, Disueltos a Presión o Criogénicos: En términos generales, los riesgos asociados con gases incluyen la posibilidad de ruptura violenta, tanto bajo condiciones de fuego, como sin éste. A su vez, algunos pueden causar quemaduras y otros resultan venenosos. Cabe destacar que los gases se dividen en:

2.1 Gases Inflamables. Son aquellos que encienden de manera fácil y se queman rápidamente. Un gas inflamable corresponde a cualquier gas comprimido que puede incendiarse. Por ejemplo, el

hidrógeno, que se utiliza en procesos químicos. Además el propano y butano, que se usan como combustibles.

2.2 Gases no inflamables. Son gases comprimidos que no se queman y que soportan la combustión. Por ejemplo:

- Dióxido de carbono en bebidas gaseosas y agentes extintores.
- Oxígeno para sistema de apoyo de vidas. Y
- Argón, entre otros, para sistemas de refrigeración.

2.3 Gases venenosos. Material que se sabe o se presume es tóxico y que constituye un gran riesgo para la salud. Por ejemplo, cianuro de hidrógeno que se incorpora en fumigantes. Y fosgeno, entre otros, que se usa en procesos químicos y como gas de guerra.



Figura 8 Gases

3 Líquidos inflamables. Un líquido inflamable es cualquier líquido que tiene su punto de inflamación bajo los 37°C (100°F). Por ejemplo: gasolina; alcohol etílico, que se usa para la fabricación de licores, de pinturas, solventes y fármacos. En tanto, un líquido combustible es cualquier líquido que tiene su punto de inflamación sobre los 37°C y bajo los 93°C. Un ejemplo de este tipo de líquido inflamable el combustible de motor diésel. Finalmente, un líquido pirofosfórico es cualquier líquido que se inflama espontáneamente en aire seco o húmedo bajo los 130°F(54°C)



Figura 9 Líquidos inflamables

4 Sólidos Inflamables. Son sustancias que presentan riesgos de combustión espontánea y que en contacto con el agua desprenden gases inflamables. En otras palabras son cualquier material sólido, que no sea un explosivo, susceptible de causar fuego mediante fricción o el calor retenido en los

procesos de fabricación; que pueda inflamarse fácilmente y que al arder, se quema en forma tan vigorosa y persistente que puede causar un grave peligro. Los sólidos inflamables se dividen en:

4.1 Sustancias que, por sus propiedades, son susceptibles de ser encendidas fácilmente por fuentes exteriores, como chispas y llamas y de entrar en combustión o de iniciar incendios por impacto o frotamiento. Por ejemplo, sólidos combustibles (naftalina, parafina sólida, etc).

4.2 Los sólidos de combustión espontánea son sustancias que pueden calentarse espontáneamente en las condiciones normales de actividad o al entrar en contacto con el aire y que entonces pueden inflamarse. Algunos ejemplos de sólidos de combustión espontánea son: (fósforo blanco, fósforo rojo, hidrosulfito de sodio, carbón vegetal y natural, desechos de algodón aceitosos, etc.

4.3 Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables. De esta forma, por reacción con el agua pueden hacerse espontáneamente inflamables o desprender gases inflamables en cantidades peligrosas. Por ejemplo: anhídridos de ácidos orgánicos; carburo de sodio; carburo de potasio; hidruro de sodio; hidruro de litio, etc.



Figura 10 Sólidos inflamables

5 Sustancias comburentes –peróxidos orgánicos

5.1 Las sustancias comburentes o las mezclas de ellas, proporcionan oxígeno u otro elemento químico necesario para la combustión, acrecentando el riesgo de incendio de otras materias con las que entran en contacto o aumentando la intensidad con que éstas arden. Ejemplos: Nitrato de amonio, hipoclorito de calcio y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).

5.2 Los peróxidos orgánicos son sustancias orgánicas térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica auto acelerada. Además, pueden presentar una o varias de las siguientes propiedades:

- Ser susceptibles de una descomposición explosiva.
- Arder rápidamente.
- Ser sensibles al impacto o al frotamiento.
- Reaccionar peligrosamente al entrar en contacto con otras sustancias.

Además de mejorar la combustión de otros materiales pueden ser sensibles al calor, golpes y fricción. Muchos de éstos comienzan a descomponerse e inclusive se pueden encender si se permite que lleguen a una temperatura ambiente de interior, tal como es el caso del peróxido de benzol y peróxidos blanqueadores.



Figura 11 Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos

6 Sustancias venenosas (tóxicas) y sustancias infecciosas

6.1 Sustancias venenosas: Son aquellas capaces de causar daño a los organismos vivientes, incluyendo personas, animales y plantas. El daño puede presentarse al respirar el material, comerlo o absorberlo por la piel. Cabe destacar que entre las sustancias venenosas existen diversos tipos:

Un veneno **tipo A** es un gas o líquido venenoso de tal naturaleza que una pequeña cantidad de gas o vapor de líquido es peligroso para la vida de las personas. Por ejemplo: cianuro de hidrógeno, utilizado para fumigantes y cámara gases mortales. Un veneno **tipo B** es cualquier sustancia conocida por ser altamente tóxica para el ser humano, que podría ser muy grave para la salud si hay escape durante su transporte. Por ejemplo: anilina, que se utiliza en tinturas y tintas.

6. 2 Sustancias infecciosas: Son las que contienen microorganismos o toxinas de los que se sabe, o se sospecha, que pueden causar enfermedades en los animales o el hombre.

Por ejemplo:

Especies biológicas y virales, tales como el sarampión, virus de la rabia, del cólera, sida, hepatitis, etc.



Figura 12 Sustancias tóxicas e infecciosas

7 Sustancias radioactivas: En primer lugar cabe destacar que un material radiactivo es cualquier material que emite en forma espontánea radiación de iones.

Las sustancias radioactivas son todas aquellas que por su forma de ser emiten partículas alfa o beta o radiación gamma, que causan quemaduras o producen efectos biológicos

Dentro de las sustancias radioactivas encontramos las siguientes:

Yodo (radiactivo) y cobalto (radiactivo) que se utiliza en tratamientos médicos; el uranio enriquecido, que se usa como elemento combustible en plantas nucleares; y el plutonio, entre otros, que es material de desecho en plantas nucleares.

A su vez hay que destacar que existe una clasificación para las instalaciones radioactivas:

Primera categoría: dentro de ésta encontramos aceleradores de partículas; laboratorios de alta radio toxicidad; y radiografía industrial, entre otras.

Segunda categoría: laboratorios de baja radio toxicidad; rayos x (diagnóstico médico y dental); radioterapia, etc.

Tercera categoría: medidores de flujo y de nivel; detectores de humo; medidores de espesores; fuentes patrones de calibración; estimuladores cardíacos, etc.

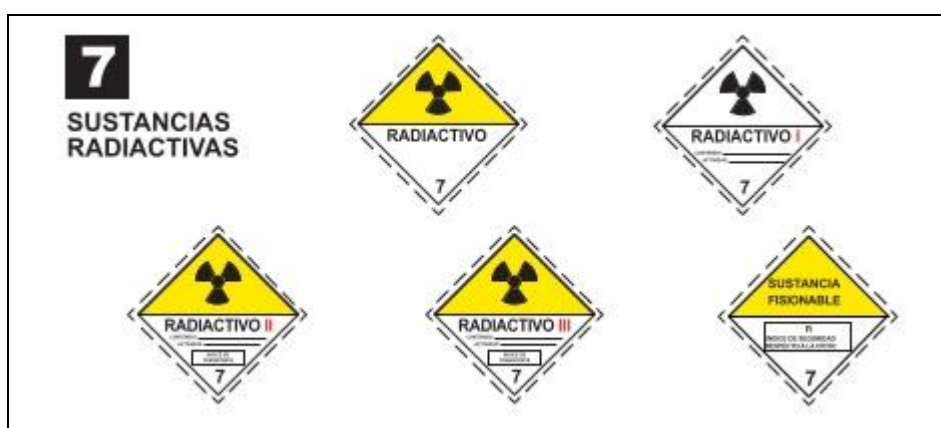


Figura 13 Sustancias radioactivas

8 Sustancias corrosiva. Son sustancias que por su acción química pueden causar lesiones graves a los tejidos vivos con que entran en contacto. A su vez, si se produce un escape o derrame del recipiente que contiene las sustancias corrosivas, éstas pueden causar daños de consideración a otras sustancias, mercaderías o a los medios de transporte, e incluso destruirlos, pudiendo generarse nuevos peligros.

Los vapores de los materiales corrosivos pueden ser venenosos o irritantes. Además algunos reaccionan con el agua. Un ejemplo de sustancia corrosiva es el ácido sulfúrico.



Figura 14 Sustancias corrosivas

9 Sustancias peligrosas varias. Sustancias que presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases, y que poseen suficientes características riesgosas en su transporte y almacenamiento para requerir alguna reglamentación. Existen 4 tipos:

Los **tipo A** son materiales que tienen propiedades anestésicas, irritantes, nocivas, tóxicas u otras similares y que pueden causar gran incomodidad y malestar a los pasajeros en caso de fuga (liberación). Por ejemplo: tetracloruro de carbono y cloroformo, entre otros, que se usa como solvente y en la fabricación de fumigantes

Los **tipo B** son materiales capaces de causar daños importantes a los vehículos de transporte por una fuga, tal como la cal viva.

Los **tipo C** son materiales poco apropiados para envío, a menos que sean identificados y preparados para su transporte, tales como virutas de madera y material magnetizado.

Los **tipo D** son materiales, tales como productos de consumo, que cumplen con la definición de materiales peligrosos, pero presentan un peligro limitado durante su transporte debido a su forma, cantidad y empaque.



Figura 15 Sustancias y objetos peligrosos varios

4.4 Sistema de identificación de riesgos en sustancias peligrosas

El sistema de rotulación de la asociación nacional de protección contra fuegos (**NFPA**) de EE.UU. es un sistema estandarizado que utiliza números y colores para definir peligros básicos de una sustancia peligrosa. Se utiliza en instalaciones fijas como fábricas, bodegas y también en embalajes no voluminosos y actualmente también se ha comenzado a usar en transporte.

El denominado **diamante del peligro**, es un sencillo y útil sistema de identificación de productos químicos peligrosos, cuyo fin es alertar apropiadamente y con información básica, para poder salvaguardar vidas, tanto de los usuarios de bodegas y lugares de almacenamiento, como de la comunidad circundante a una planta industrial, áreas de almacenaje o en emergencias durante el transporte

El diagrama identifica los peligros de un material entre las siguientes categorías: “salud”, “inflamabilidad” y “reactividad”, e indica el orden de severidad en cada una de las tres categorías, mediante cinco niveles numéricos, que oscilan desde cuatro (4), indicando el peligro más severo o peligro extremo, hasta cero (0), que indica la no existencia de un peligro especial.

ESCALA	SALUD	INFLAMABILIDAD	REACTIVIDAD
4	PELIGRO DE MUERTE PELIGRO SIN EQUIPO APROPIADO	A PRESION Y A TEMPERATURAS NORMALES. EVAPORAN CON PELIGRO	POR SI SOLAS PUEDEN DETONAR O ESTALLAR A PRESION Y TEMPERATURA NORMAL
3	PUEDEN CAUSAR LESIONES GRAVES O RESIDUALES. NO SE PUEDEN MANIPULAR SIN PROTECCION	LIQUIDOS Y SOLIDOS PUEDEN ARDER A TEMPERATURA AMBIENTAL	POR SI SOLAS PUEDEN DETONAR O ESTALLAR, PERO REQUIEREN FUENTE INICIAL REACCIONAN CON EL AGUA
2	EXPOSICION INTENSA O CONTINUA, PUEDEN CAUSAR LESIONES TEMPORALES O RESIDUALES	ARDEN CON TEMPERATURA SOBRE LO NORMAL	POR SI SOLAS SON INESTABLES PERO SIN DETONAR. REACCIONAN CON EL AGUA O FORMAN MEZCLAS EXPLOSIVAS
1	CON SU CONTACTO CAUSAN IRRITACIONES	SE DEBEN RECALENTAR PARA QUE PUEDAN ARDER	POR SI SOLAS SON ESTABLES, PERO REACCIONAN A T° Y PRESIONES ALTAS. GENERAN ENERGIA EN CONTACTO CON EL AGUA
0	NO GENERAN RIESGO DE EXPOSICIONES NI AUN EN CASO DE INCENDIO	MATERIAS QUE NO SE ENCENDERAN	POR SI SOLAS SON ESTABLES, INCLUSO EN PRESENCIA DEL FUEGO. NO REACCIONAN CON EL AGUA

Figura 16 Sistema de identificación de riesgos en sustancias peligrosas



Figura 17 Rombo NFPA

Los tipos de riesgos básicos, asociados con materiales peligrosos son:

- Toxicidad
- Inflamabilidad
- Reactividad.

Es importante guardar todas las precauciones necesarias cuando se trabaja con sustancias peligrosas y siempre recordar que estas pueden afectar a:

La Salud. Efecto a corto o largo plazo; daño temporal o permanente y muerte.

Medio Ambiente. Contaminación atmosférica, de aguas y suelo, lo que puede ser temporal o permanente.

Bienes. Incendio, explosión y pérdidas.

Sustancias peligrosas**Introducción a la actividad.**

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, podrán definir los diferentes grupos o clases que la norma chilena NCH 2120 clasificó las sustancias peligrosas que pueden ocasionar daños a las personas al entrar en contacto con ellos, en forma directa o indirecta, durante actividades de mantenimiento, revisión, reparación, limpieza, etc.

Además los participantes deberán identificar y definir cinco (5) de las energías mecánicas (potencial y cinética) del total del muestrario entregado por el instructor, los cuales tiene que controlar con los dispositivos de aislación y bloqueo.

El objetivo de la actividad es familiarizar a los participantes con esta clasificación de las sustancias peligrosas y que son de uso común en la industria y, tener presente sobre el control permanente de las energías que pueden también ocasionar daños a las personas al entrar en contacto con ellas.

Además el participante desarrollará un informe ejecutivo que les permita preparar una exposición de su trabajo.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla

Definir los estándares y requerimientos que deban cumplirse para el control de las energías potencialmente peligrosas y de las sustancias peligrosas, según procedimientos

Estrategia Metodológica para el Instructor

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

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 3

Materiales y Recursos

Notebook

Data

Actividad impresa

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder, respondiendo cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.

Los materiales del muestrario de las sustancias peligrosas deberán estar sin nombres con la finalidad de aprender a reconocerlos mediante la observación de sus características. De no contar con muestrarios, el instructor podrá usar impresiones a color de cada uno de estos como material didáctico. Además entregará al participante una impresión de la clasificación mostrada en el recuadro de las sustancias peligrosas para facilitar el entendimiento sobre la materia.

El objetivo de la actividad es que el participante pueda identificar los tipos de energía y la clasificación de las sustancias peligrosas.

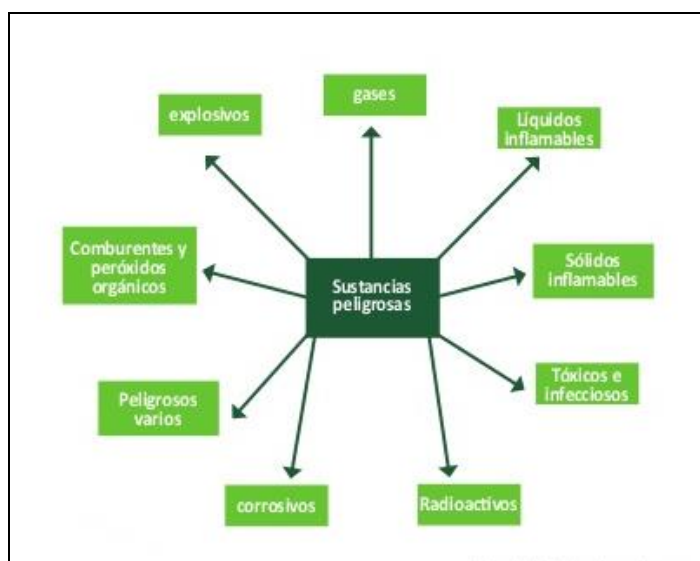


Figura 18

Las tablas donde deberá responder el participante son las siguientes:

Clase	Tipo de riesgo	Ejemplo práctico
1		
2		
3		
4		
5		
6		

7		
8		
9		

Tabla 4

El instructor deberá entregar las impresiones de los tipos de energía a cada participante y solicitarles que describan 5 de estas en la siguiente tabla, que entienda de cada tipo de energía y los escenarios reales donde se presentan.

Tipos de Energía

Tipo de energía	Defina el tipo de energía y cite un ejemplo donde está este tipo de energía

Tabla 5

Cierre

Los participantes deben comprender la importancia de controlar las fuentes de energía y las sustancias peligrosas que tengan relación directa o indirecta con el equipo a intervenir y, que puedan lesionar a las personas, dañar algún equipo o las instalaciones de un proceso.

Esto se realiza mediante el correcto uso de dispositivos de bloqueo en base a candados personales o departamentales y sus correspondientes tarjetas de advertencia de bloqueo, garantizando con esto la ausencia total de cualquier tipo de energía no controlada.

5. Entrega y Recepción de Equipos

5.1 Procedimiento de bloqueo y entrega de equipos

El procedimiento de Bloqueo de Seguridad deberá ser usado para dejar inoperativa una fuente de energía, tal como un sistema eléctrico, bombas, líneas de productos, válvulas y otras fuentes de energía que podrían accidentalmente ser energizadas o puestas en funcionamiento mientras el personal se encuentra trabajando en ellas o antes que éstas estén mecánicamente listas para ser puestas en servicio, además de ser aplicado únicamente por personal entrenado y autorizado para esta tarea. Todo el personal involucrado deberá conocer y dar cumplimiento al presente procedimiento.

El procedimiento normal de bloqueo de equipos es el siguiente:

1. Identificar el lugar donde efectuará el trabajo o actividad.
2. El responsable del grupo de trabajo pide al trabajador o al grupo de trabajadores calificados que va a desarrollar el trabajo que identifique las energías que están presentes o podrían estar presentes en el trabajo y la secuencia en que debe desenergizarse.
3. El responsable del grupo de trabajo solicita la detención del equipo al encargado del área de operaciones.
3. El responsable del grupo de trabajo solicita al o los trabajadores autorizados que desenergicen y apliquen los mecanismos de bloqueo.
4. El o los trabajadores autorizados dejan llaves de candados de bloqueo en una caja de bloqueo y cierran esta, aplicando sus candados personales de bloqueo.
5. El o los autorizados llenan el libro de bloqueo y el encargado de grupo llena el libro de bloqueo e instala su candado personal en la caja de bloqueo, retirando la llave al sector de la tarea para ser depositada en la caja de bloqueo portátil de terreno.
6. El encargado de grupo y todos los trabajadores que intervienen el equipo colocan su candado personal de bloqueo en la caja de bloqueo de terreno.
7. El encargado de grupo y todos los trabajadores que intervienen el equipo llena el hoja de bloqueo, indicando que se bloqueó y la hora del bloqueo. Esta hoja siempre debe estar adjunta a la caja de bloqueo de terreno.

8. El encargado de grupo pide al operador del equipo que de partida para verificar que éste no parte (prueba de energía cero).
9. Una vez realizada la operación de Verificación, el encargado de grupo llena el libro de bloqueo con la verificación.
10. Todos los trabajadores pueden pedir verificar, incluso después de iniciada la tarea, verificación de energía cero.
11. Si la tarea no se termina durante el turno los trabajadores retiran sus candados y al último retira el encargado de grupo, al mismo tiempo el encargado del grupo entrante coloca su candado. Si la tarea queda pendiente y no se continúa en el turno entrante se debe considerar bloqueo de área.
12. Llena el libro de bloqueo. Repitiendo desde el punto 6
13. El resto de los trabajadores que ingresan repiten de igual forma los mismo pasos desde el punto seis.
14. Para aquellos trabajos que durarán más de 1 turno, siempre debe usarse el candado departamental correspondiente, el cual debe ser instalado por el Jefe General o su reemplazo

El libro de registro de bloqueo es el respaldo de los eventos y responsables asociados a la práctica de bloqueo, el cual es llenado a mano por los mismos trabajadores y/o supervisor.

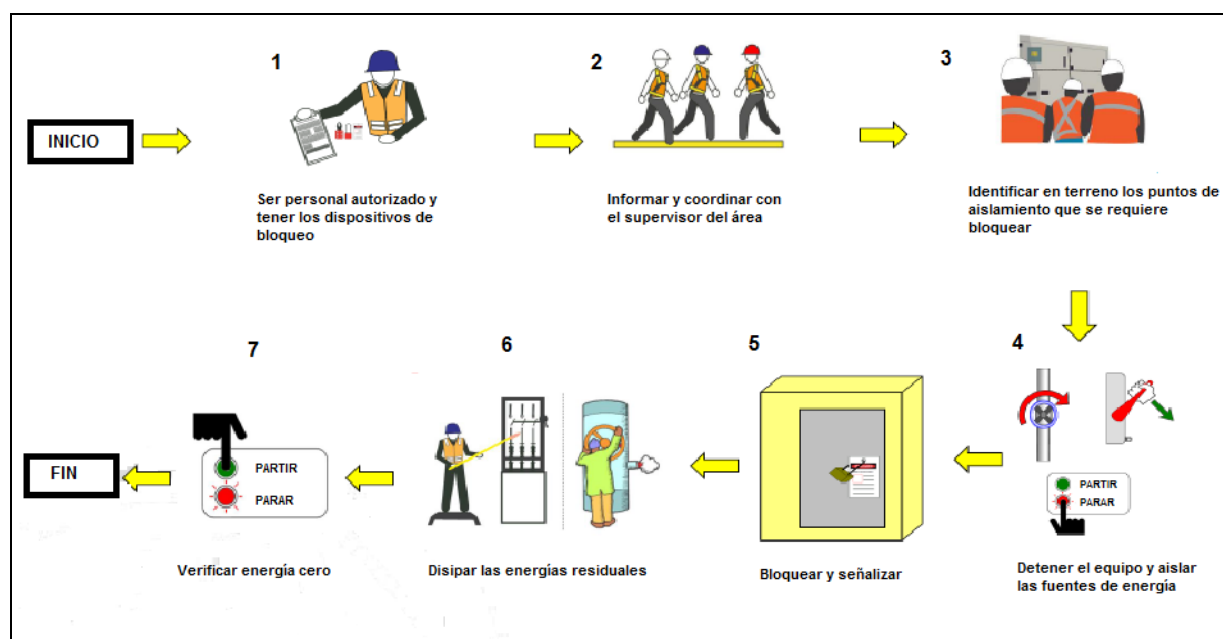


Figura 19 Pasos de un procedimiento de aislamiento y bloqueo

5.2 House keeping del área

El orden y el aseo en el trabajo son factores de gran importancia para la salud, la seguridad, la calidad de los productos y en general para la eficiencia del sistema productivo. También son factores esenciales para la convivencia social, tanto dentro del hogar como de nuestra comunidad y lugar de trabajo. Como tal requieren de unos estándares claros de desempeño, un trabajo en equipo y de la participación responsable de todos

El orden y el aseo en los lugares de trabajo, se inician desde la construcción y diseño de las edificaciones; se mantienen eliminando lo innecesario y clasificando lo útil, acondicionando los medios para guardar y localizar el material fácilmente, evitando ensuciar y limpiando enseguida y promoviendo los comportamientos seguros. Como resultado de lo anterior se logra:

- Salud y eficiencia personal.
- Seguridad y eficiencia del sistema productivo.
- Reducción de los costos.
- Conservación del medio ambiente.

Cada vez que se termina el trabajo hay que como mínimo lo siguiente:

- Ejecutar una buena limpieza el área de trabajo, eliminando los desechos y residuos industriales de acuerdo a la clasificación de incidentes ambientales.
- Recolectar y devolver las herramientas y equipos a su lugar de almacenaje.
- Recolectar y clasificar en contenedores adecuados los residuos peligrosos generados y de acuerdo a normativa.
- Limpiar y ordenar todo el lugar.

5.3 Protocolo de recepción de equipos

Una vez que se termina el trabajo que le fue encomendado y antes de la entrega del equipo a operaciones, se debe realizar:

- Retiro de bloqueos.
- Coordinar con operaciones y eléctricos el retiro de bloqueos.
- Proceder a entregar el equipo a operaciones para realizar las pruebas y continuar con el desarrollo del proceso.
- Notificar a sala de control o a quien corresponda, que el trabajo ha concluido y el equipo se encuentra en condiciones para operar.
- Realizar los comentarios a la orden de trabajo y generar los avisos subsecuentes.

- Cargar histórico del trabajo y horas trabajadas.
- Terminar orden de trabajo.
- Finalizar OT realizando cierre técnico.

Al momento de finalizar el trabajo y una vez verificada la actividad realizada por parte del operador, todos retiran sus candados y al final retira el encargado de grupo se deja activado el tablero, equipo o maquinaria en la cual se realizó el trabajo, siempre y cuando éste haya quedado en perfectas condiciones de operación, notificando a todos los trabajadores del área y jefe directo, las condiciones en las cuales se deja el equipo, informando además cualquier tipo de inconvenientes que se hayan presentado durante su manipulación.

Al terminar el servicio y/o mantenimiento y el equipo está listo para operaciones normales de producción, el líder revisará el área alrededor de las máquinas y equipo para asegurar que nadie esté expuesto.

Después de que todas las herramientas hayan sido quitadas de la máquina o equipo, las cubiertas o protecciones regresadas a sus lugares y los empleados fuera de peligro, el líder ordenará quitar todos los mecanismos de bloqueo o rotulación y posteriormente solicitará al personal autorizado operar los interruptores de energía para activar la máquina o equipo.

Una vez terminada la tarea o actividad del equipo, maquinaria y/o sistema accionado por cualquier tipo de energía, se realiza el siguiente protocolo de recepción de equipos:

El encargado de la actividad solicita al personal el retiro de las herramientas y materiales empleados.

Llenan la hoja de bloqueo indicando la hora del desbloqueo.

5.4 Anomalías durante un bloqueo

Aunque no pareciera que pudieran ocurrir estos, es muy frecuente que los trabajadores cometan errores u omisiones en el bloqueo, por lo que el supervisor o líder deberá estar atento cuando se tenga que realizar algún trabajo o actividad, velando el fiel cumplimiento del procedimiento de aislación y bloqueo.

Fusibles: El quitar fusibles no es sustituto de bloquear. La caja de fusibles tiene que tener candado para proporcionar bloqueo positivo.

Máquinas que funcionan intermitentemente: Algunas máquinas, tales como ventiladores, bombas, sopladores, y compresores funcionan de manera intermitente (encendida y apagada). No presuma que el equipo esté apagado porque no esté en estado de “encendido” durante la inspección. Revise la desconexión y bloquéelo en la posición de “apagado.”

Fuentes Múltiples de Energía: En alguna maquinaria pesada, tales como las prensas de punzonar, que se impulsan con hidráulicos o neumáticos junto con energía eléctrica, no bloquear solamente una fuente de energía presumiendo así de un bloqueo total. Asegúrese inspeccionar todas las fuentes aplicables de energía según sea el caso.

Interruptores y Controles Remotos: No suponga cuales controles se aplican a cuales máquinas. Todas las desconexiones y válvulas tienen que estar claramente marcadas y las conexiones múltiples del mismo panel identificadas de manera positiva.

Control de Llaves: Nunca preste la llave del candado de seguridad a otra persona. *Usted es personalmente responsable de su propia seguridad.*

Verificación de Aislamiento: Siempre verifique un bloqueo antes de comenzar de nuevo trabajo de reparación en equipo que ha sido bloqueado o rotulado. No suponga que esté seguro.

Errores cometidos con frecuencia en un bloqueo.

Estos errores son los que no debería permitir el líder o supervisor que ocurran:

- 1.- Dejar de utilizar los candados (Solo tarjeta).
- 2.- Colocar el candado en el ojal del candado de otro.
- 3.- Dejar la llave en el candado.
- 4.- Pedir a alguien que ponga el candado de uno.
- 5.- Inmovilizar los circuitos de control y/o botoneras o paradas de emergencias, en lugar de los interruptores o de conexiones principales (MCC) en sala eléctrica.
- 6.- Por apuro o desconcentración bloquear equipo incorrecto o no bloquear.
- 7.- Dejar de probar equipo desenergizado (no verificar energía cero).
- 8.- No retirar el candado una vez finalizado el trabajo.

Introducción a la actividad.

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán identificar y explicar los pasos o el orden estricto que debe aplicar en un bloqueo de equipos, maquinarias y/o sistema accionado por cualquier tipo de energía, según el procedimiento normal de bloqueo de equipos.

El procedimiento de Bloqueo de Seguridad deberá ser usado para dejar inoperativa una fuente de energía, tal como un sistema eléctrico, bombas, líneas de productos, válvulas y otras fuentes de energía que podrían accidentalmente ser energizadas o puestas en funcionamiento mientras el personal se encuentra trabajando en ellas o antes que éstas estén mecánicamente listas para ser puestas en servicio.

El objetivo de la actividad es evaluar la rigurosidad en que los participantes cumplirán cabalmente con el orden establecido por procedimiento de cada organización, para bloquear y controlar cualquier tipo de energía presente al tener que desarrollar alguna actividad de mantención, revisión, limpieza, etc., la cual beneficia la seguridad de estas personas involucradas directa o indirectamente.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla

Definir el protocolo para el control del bloqueo de equipos, maquinarias y/o instalaciones accionadas por cualquier tipo de energía, para trabajos de mantenimiento, revisión, reparación, limpieza, etc., siguiendo procedimiento.

Estrategia Metodológica para el Instructor

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

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 6

Materiales y Recursos

Notebook

Data

Lápiz

Actividad impresa

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder, respondiendo cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.

El instructor deberá explicar a los participantes la importancia de aplicar secuencialmente en terreno el procedimiento de bloqueo de equipos establecido por procedimiento, para que el control de cualquier energía presente sea efectivo.

Las tablas donde deberá responder el participante es la siguiente:

Pasos o secuencia de aplicación del procedimiento de bloqueo de equipos:

N°	Detalle de la secuencia
1	
2	
3	

4	
5	
6	
7	
8	
9	

10	
11	
12	

Tabla 7

Cierre

Los participantes deben comprender la importancia de aplicar de forma rigurosa todos los pasos establecidos por los procedimiento de bloqueo de cada organización, para anular todos los tipos de energías presentes en la actividad a desarrollar, y de esa forma poder trabajar de forma segura.

Módulo II: Control de Pérdidas Operacionales

6. Control de Pérdidas Operacionales

6.1 Introducción

Un sistema eficiente de administración de seguridad provee estrategias, políticas, directrices y lineamientos estructurados para mejorar la gestión, cumplimiento de las metas organizacionales y optimización del proceso productivo.

El control de pérdidas puede ser definido como una práctica administrativa que tiene por objeto neutralizar los efectos destructivos de las pérdidas potenciales o reales, que resultan de los acontecimientos no deseados relacionados con los peligros de la operación. Este es una parte vital del trabajo de cada supervisor, a todo nivel de la organización. Para ser llevado a cabo en forma efectiva, requiere de un enfoque administrativo profesional. Las tres razones más importantes para que esto sea así son:

- Los gerentes son responsables por la seguridad y la salud de todos los trabajadores de la organización.
- La administración de la seguridad proporciona oportunidades importantes para manejar costos.
- La administración de la seguridad y el control de pérdidas proporcionan estrategias operacionales para mejorar la administración del control de pérdidas en su totalidad.

El control de pérdidas es un programa preparado para reducir o eliminar los accidentes o incidentes, que pueden dar como resultado lesiones personales o daños a la propiedad, e incluye lo siguiente:

- Prevención de lesiones mediante el control de los accidentes que dan como resultado lesiones personales.
- Control de accidentes que producen daño a la propiedad.
- Prevención de incendios.
- Seguridad industrial.
- Higiene y salud industrial.
- Control de la contaminación.
- Responsabilidad sobre el producto.

Administrar la seguridad y otras áreas relacionadas con las pérdidas, proporciona oportunidades significativas para administrar los costos.

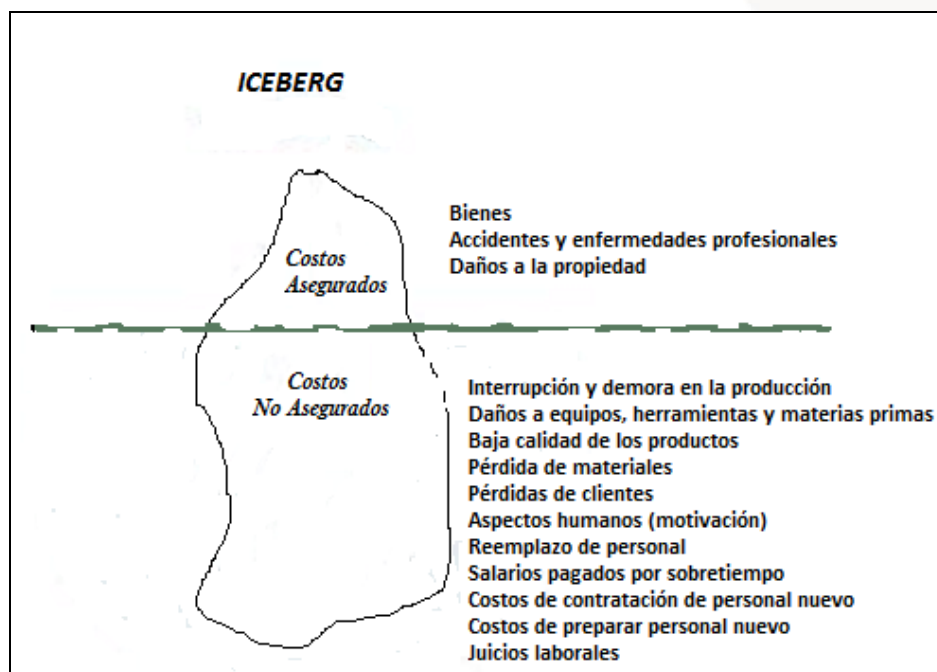


Figura 20 Costos asegurados y costos no asegurados

La administración del control de pérdidas puede describirse como la aplicación de los conocimientos, técnicas y habilidades administrativas profesionales a métodos y procedimientos de trabajo que tienen por objeto específico disminuir las pérdidas relacionadas con los acontecimientos no deseados, que incluye los siguientes factores: seguridad, calidad y medio ambiente, con la finalidad de identificar todos los riesgos potenciales de pérdidas y que son críticas para la operación.

La administración de seguridad se orienta hacia un área específica del **control de pérdidas**, mientras al mismo tiempo interactúa con otras áreas y si es introducida adecuadamente e internalizada por los empleados tendrá un resultado positivo en la gestión global de la organización.

6.2 Términos y definiciones

A continuación se entrega un resumen de las principales palabras y definiciones usadas frecuentemente en el curso.

Accidente: es todo suceso repentino, no deseado, que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión, enfermedad, daño, muerte o produzca pérdida material.

Actividad crítica: es una actividad o un conjunto de actividades, donde conductas fuera del desempeño esperado tienen el potencial de producir un evento mayor (accidente).

Administración: es el arte de aplicar los principios de planeamiento, organización, dirección y control a seguridad, control de pérdidas, calidad, producción y costos.

Peligro: condición o acto con potencial intrínseco para que un agente, actividad, proceso, actos o condiciones inseguras conduzca a un incidente o pérdida por accidente.

Pérdida: derroche innecesario de cualquier recurso.

Administración del control de pérdidas: es la aplicación de los conocimientos y técnicas de administración profesional, hacia aquellas actividades específicas con la intención de reducir las pérdidas de los riesgos puros del negocio.

Administrador: es toda persona que supervisa y logra a través de las cuatro funciones del administrador profesional (planeamiento, organización, dirección y control), aplicadas al control de pérdidas, calidad, producción, costos, y que la gente que trabaja lo haga más eficientemente.

Análisis de tareas: es el estudio de cada paso de una tarea determinada, que asegura que todos los aspectos importantes de ella se han considerado y evaluados, antes de determinar el procedimiento para realizarla en forma eficiente y correcta.

Auditoria: examen metódico de carácter predictivo que permite evaluar objetivamente el desempeño de personas, procedimientos y equipos, comparándolos con estándares previamente establecidos y aceptados.

Cambio: es cualquiera alteración interna o externa en el estado de equilibrio dinámico de una actividad, tarea u operación que la haga diferente a lo que era antes, o a lo que debería ser, ya sea en su secuencia planificada y/o requisitos de ejecución, en los recursos que ocupa, o en los resultados que debería producir, y cuyo efecto posible sea la perturbación del funcionamiento esperado o normal.

Consecuencia: el concepto incluye, dentro de este alcance, los impactos, efectos adversos potenciales sobre las personas, medioambiente, instalaciones, propiedad, comunidad o combinación de éstos.

Control de pérdidas: es cualquier acción intencional de la administración orientada a evitar o reducir las pérdidas que puedan resultar de los riesgos.

Cuantitativo: es la información expresada en términos numéricos.

Cuasi accidente: un acontecimiento no deseado que, bajo ciertas circunstancias un poco diferentes, pudo haber resultado en daño físico o daño a la propiedad.

Desarrollo del orgullo por el trabajo: es un método utilizado para mejorar el desempeño de los trabajadores en el trabajo, su habilidad y su eficiencia. Abarca a la “persona completa”.

Emergencia: evento no planeado, poco frecuente y cuyas consecuencias constituyen un riesgo para las personas, instalaciones, medio ambiente y la continuidad de la operación y mantención, y que si no se controla podría tener el potencial de transformarse en una situación de crisis.

Equipo crítico: es un equipo o estructura cuya falla o no funcionamiento dentro de las especificaciones de diseño, tiene el potencial de resultar en un evento de accidente mayor.

Evento de accidente mayor: cualquier incidente con el potencial de conducir a cualquiera de los siguientes resultados:

- Fatalidad simple o múltiple o lesiones incapacitantes permanentes superiores a 30%.
- Efectos ambientales graves, incluyendo daños a las funciones del ecosistema.
- Problemas sociales significativos continuos.
- Atención adversa significativa de parte de los medios nacionales u organizacionales no gubernamentales (ONG), o pérdida de licencia para operar.

Impacto ambiental: cualquier cambio adverso en el ambiente, que es el resultado total o parcial de las actividades, procesos, productos o servicios.

Estándar: nivel de desempeño requerido. Parámetro de medida cuantitativa y/o cualitativa que fija las expectativas.

Incidente: es cualquier ocurrencia que tiene el potencial para resultar en consecuencias adversas para las personas, medioambiente, planta o propiedad, comunidad o una combinación de estos. Es un evento, suceso o acontecimiento ocurrido por causa del descontrol de la variabilidad de los procesos.

Lesiones de trabajo:

Primeros auxilios: son las lesiones o enfermedades ocupacionales que requieren solamente tratamientos de primeros auxilios y en que el único tiempo perdido de trabajo fue el que se necesitó para recibir la atención.

Incapacitantes: son las lesiones o enfermedades ocupacionales que requieren atención médica y el tiempo de incapacidad para trabajar es superior a la jornada de trabajo (un día o más).

Las lesiones incapacitantes se dividen en temporal, invalidez parcial, invalidez total y gran invalidez, dependiendo de la gravedad de la lesión o enfermedad y la recuperación del lesionado.

Nodo de estudio: corresponde a un segmento de un proceso o subproceso, que se analiza individualmente, donde se especifica el equipo o equipamiento analizado, el propósito y los parámetros de operación relacionados.

Observación planeada: es un método sistemático para determinar, a través de la observación personal, si una tarea se ha hecho de acuerdo al procedimiento establecido.

Operación normal: aquel estado regular planificado, ya sea de producción, mantención, abastecimiento, puesta en marcha de equipos o procesos, etc.

Probabilidad: expectativa de que un suceso peligroso resulte en una pérdida.

Procedimiento: es un método que orienta y enseña la manera más sistemática de hacer una tarea específica, en forma consistente, con un máximo de eficiencia.

Riesgo: la posibilidad conocida de ocurrencia de un incidente con una determinada consecuencia (impacto sobre las personas, el medio ambiente, planta, propiedad y/o comunidad) también conocida y dimensionada.

Riesgo residual: nivel de riesgo tolerado, que queda después de haber implementado las medidas de control y verificado la efectividad de ellas.

Suceso peligroso: una ocurrencia poco deseada, en que se combina un peligro con alguna actividad o persona y que puede terminar en un incidente/accidente.

7. Causas y consecuencias de los accidentes – incidentes

7.1 Introducción

Para que profesionales y supervisores puedan entender la secuencia de acontecimientos que pueden llevar a una pérdida no deseada, es esencial que entienda primero que se está tratando de prevenir o controlar.

Uno de los principales objetivos es poner en evidencia que los mismos principios efectivos de administración pueden ser usados para controlar los incidentes que afectan a la producción y a la calidad, como también a la seguridad y salud.

Al prevenir y controlar los incidentes mediante el control de pérdidas, se protege en general la seguridad de las personas, equipos, materiales y ambiente. La eliminación o control de todos los incidentes debería ser el objetivo final de la empresa u organización.

7.2 Puntos claves en la definición de accidentes

El accidente es un acontecimiento no deseado

La mayoría de las personas está de acuerdo en que generalmente nadie quiere lesionarse o que la propiedad sufra daño. Algunas veces se podrá poner en tela de juicio el respeto que alguna persona tiene por la propiedad de los demás, pero en definitiva, una persona generalmente no quiere tener accidentes o provocarlos.

Jerome Lederer, director de la oficina de seguridad de los vuelos espaciales de la NASA, dijo en una conferencia, al empezar los vuelos comerciales:

“Este país se construyó corriendo riesgos. Riesgos personales al desafiar al desierto, riesgos financieros en los negocios, riesgos al explorar científicamente lo desconocido, riesgos tremendos de ingeniería, riesgos de administración. Debemos continuar corriendo riesgos, aún mucho más grandes que en el pasado, pero las consecuencias del fracaso serán menos permitidas. Los riesgos políticos, sociales, así como también los económicos y personales, que acompañan nuestras aventuras, pueden tener repercusiones enormes cuando se fracasa. Debemos hacer frente a los riesgos en constante aumento, en una forma mucho más amplia de la que nuestra abundancia y aislamiento nos lo permitieron en el pasado”.

Lederer dio a entender en su mensaje que los accidentes no son siempre acontecimientos inesperados o no planeados.

Cuando un ejecutivo o supervisor está tomando una decisión que descarta las condiciones de seguridad que deben ir acompañándola, está prácticamente decidiendo o planificando un accidente.

El objetivo de la administración debería ser lograr que las consecuencias de correr riesgos fueran tan poco atractivas, que la gente no quisiera correrlos. Al fin de lograr este objetivo, la administración debe desarrollar conciencia sobre la gravedad de correr riesgos, reflejado en las decisiones que toma y en los actos que ejecuta.

El accidente da como resultado un daño físico.

La expresión “daño físico”, en la definición, incluye las lesiones y enfermedades profesionales como así las consecuencias emocionales, nerviosas o en algún sistema del organismo, que resultan de una exposición o circunstancia que se presenta en el curso del trabajo. Para simplificar se usa la expresión “daño físico”.

En 1969 Frank Bird Jr, Presidente del International Loss Control Institute de EUA, completó un estudio mientras era director de Seguridad y Servicios de Ingeniería de la Compañía de Seguros de Norteamérica. Se analizaron 1.753.498 accidentes informados por 297 compañías que participaron. Estas compañías representaban 21 grupos industriales diferentes, que empleaban 1.750.000 trabajadores, que trabajaron más de 3 mil millones de horas hombre, durante el período de exposición analizado.

Del estudio de los accidentes informados, surgieron las siguientes conclusiones:

Por cada lesión seria o incapacitante informada, hubo 9,8 lesiones de primeros auxilios.

Un 47% indicó que habían investigado todos los accidentes con daño a la propiedad y un 84% declaró que investigaron los accidentes graves y con daños serios. El análisis final indicó que por cada accidente grave o lesión incapacitante, se habían informado 32,2 accidentes con daño a la propiedad.

Parte del estudio correspondió a 4000 horas de entrevista hechas a empleados por los Coordinadores de Control de Pérdidas, sobre los incidentes que en circunstancias ligeramente diferentes podrían haber resultado en lesiones o daños a la propiedad. De estas entrevistas se estableció que, por cada accidente serio o incapacitante, ocurrían 600 incidentes.

Al mencionar la proporción 1 – 10 – 30 – 600, deberá recordarse que las cantidades representan accidentes e incidentes informados y no el total de accidentes o incidentes que realmente ocurrieron en el período de estudio.

Al analizar la proporción se observa que se informaron 30 accidentes con daño a la propiedad, por cada lesión seria e incapacitante. Los accidentes con daño a la propiedad le cuestan a las empresas miles de millones de pesos anualmente y, aun así, frecuentemente se les denominan a ellos como “cuasi-accidente”. De esta forma de pensar se reconoce el hecho de que cada situación con daño a la propiedad puede haber dado probablemente por resultado lesiones personales.

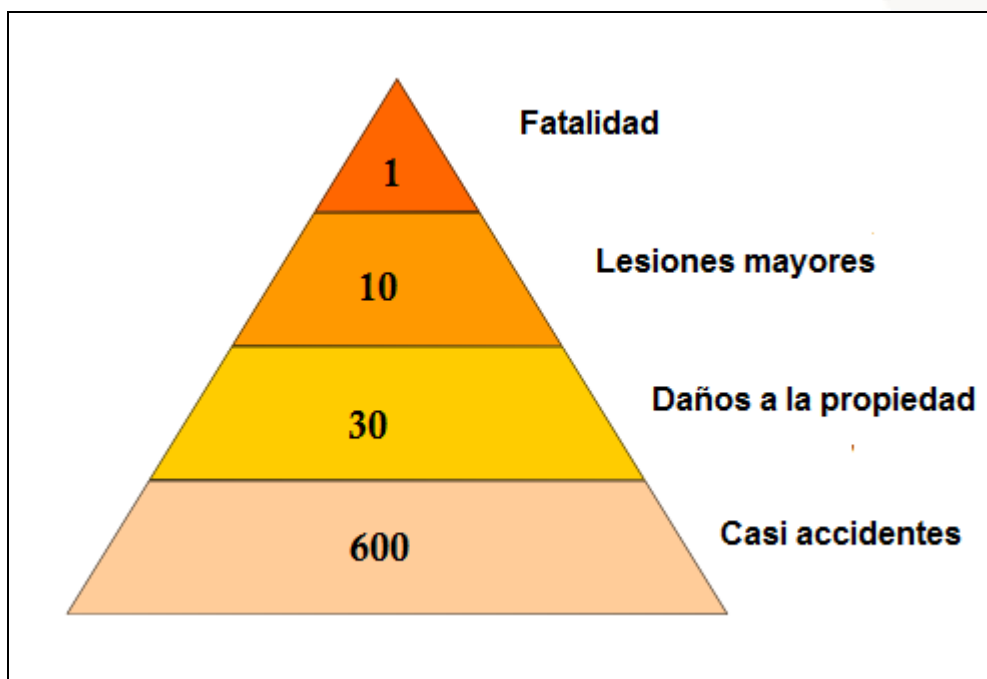


Figura 21 Estudio de las proporciones – F. Bird 1969

La relación 1 - 10 - 30 - 600 en la proporción, pareciera indicar con bastante claridad que dirigir todos los esfuerzos al número reducido de acontecimientos que dan por resultado lesiones serias e incapacitantes, cuando hay un total de 640 incidentes que brindan un terreno mucho más amplio para un control más efectivo de todas las pérdidas.

7.3 Fuentes de accidentes

Los investigadores han publicado, a través de los años, miles de artículos sobre la naturaleza compleja de los errores y los problemas que causan los accidentes en el mundo industrial.

Estos acontecimientos se producen cuando una serie de factores se combinan en circunstancias propicias; en muy pocos casos o casi nunca es una sola la causa que ocasiona un accidente con consecuencias para la seguridad, producción y calidad.

La información disponible ha llevado a los profesionales que administra el Control de Pérdidas a aceptar las siguientes conclusiones:

- Los accidentes que generan daño a la propiedad no suceden; son causados.
- Las causas de los accidentes pueden ser determinadas y controlados.

Los cuatro elementos principales o sub-sistemas involucrados en entender mejor las causas de los accidentes en la operación total de la empresa son:

Personas – Equipo – Material – Ambiente (PEMA).

Estos cuatro elementos deben relacionarse o interactuar correctamente para evitar que ocurra un accidente. En la medida que exista un problema en uno de estos subsistemas, afectará a los otros que están unidos y relacionados. No se puede dedicar atención únicamente a un elemento, sin considerar los otros.

Personas:

Este elemento incluye a los administradores empleados del área operaciones, mantenimiento, administrativos, contratistas, clientes, visitas, proveedores, público y ejecutivos de la empresa. Debe considerarse las personas relacionadas con el trabajador (familia). El trabajador generalmente se encuentra involucrado en la mayoría de los accidentes.



Figura 22 Personas de una organización

Equipo

Este elemento incluye las herramientas, máquinas, vehículos y equipos con las que trabaja el personal. Este elemento o sub-sistema de ha sido una de las partes principales de accidentes desde 1900 y uno de los blancos de las causas de accidentes con mayor gravedad.



Figura 23 Equipo de trabajo accidentado

Material

El material con que la gente trabaja y/o utiliza es otra fuente de accidentes. Los materiales pueden ser cortantes, pesados, tóxicos, abrasivos o pueden ser manipulados como trabajo en caliente, además incluyen materias primas, sustancias, químicos, etc.

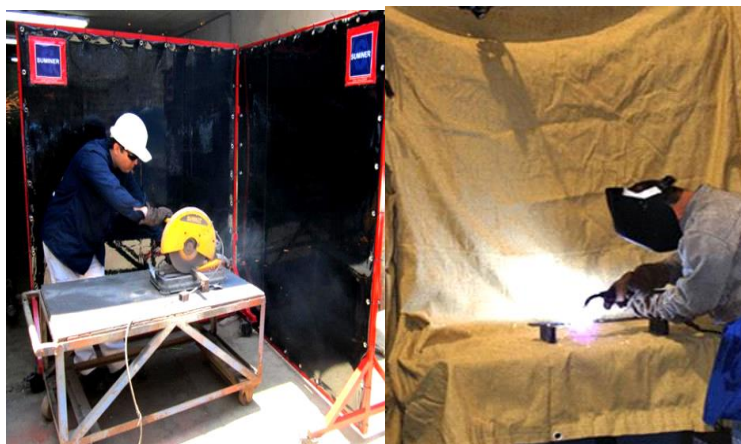


Figura 24 Material de trabajo

Ambiente

El ambiente está formado por las instalaciones que rodea a la gente. Incluye edificios, fluidos, aire, además de los peligros químicos, biológicos, físicos, los fenómenos atmosféricos y meteorológicos. Este elemento representa la fuente de las causas de un número en aumento de enfermedades y ha sido señalado como la causa del ausentismo y mala calidad del trabajo.

En resumen, los cuatro elementos (PEMA) de la operaciones, individualmente o combinados, proveen las causas que contribuyen a que se produzcan accidentes.



Figura 25 Contaminación ambiental

Fuente de accidentes

Introducción a la actividad.

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán identificar y explicar las fuentes de accidentes, las que se han clasificado en cuatro elementos principales, que la administración del control de pérdidas ha aceptado para generar conclusiones de las causas de los accidentes.

El objetivo de la actividad es entender mejor las causas de los accidentes en la operación total de la empresa donde los estudios han demostrado que estos acontecimientos se producen cuando una serie de factores se combinan en circunstancias propicias; en muy pocos casos o casi nunca es una sola la causa que ocasiona un accidente con consecuencias para la seguridad, producción y calidad.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla

Identificar los conceptos básicos de administración de control de pérdidas, según estándares y requerimientos.

Estrategia Metodológica para el Instructor

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

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 8

Materiales y Recursos

Notebook

Data

Lápiz

Actividad impresa

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la evaluación escrita, respondiendo cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.

El instructor deberá explicar a los participantes la importancia de controlar o administrar las fuentes de los accidentes que ocurren dentro de la organización, las que se pueden determinar y controlar a tiempo.

La tabla donde el participante deberá responder qué situación explica el dominó es la siguiente:

Fuente	Descripción de la Fuente
P _____	
E _____	
M _____	

A _____	
---------	--

Tabla 9

Cierre

El instructor analizará con los participantes las respuestas obtenidas de la evaluación, y deberá resaltar la importancia de conocer y administrar las cuatro fuentes de accidentes para evitar incidentes o accidentes dentro de la organización.

Los participantes deben comprender que las causas y consecuencias en los incidentes y accidentes que ocurren dentro de la organización se producen por una mala administración o control de estas fuentes principales.

El instructor deberá resaltar en la clase a los participantes que la información disponible ha llevado a los profesionales que administra el Control de Perdidas a aceptar que los accidentes que generan daño a la propiedad no suceden, son causados y, que las causas de los accidentes pueden ser determinadas y controlados.

7.4 Investigación y análisis de accidentes – incidentes

La investigación de accidentes involucra el examen metódico de un evento indeseado que resultó o pudo haber resultado en daño físico a la gente, daño a la propiedad, pérdidas en el proceso o daños al medio ambiente. Las actividades de investigación se dirigen hacia la definición de hechos y circunstancias relacionadas con el evento, a la determinación de las causas, y al desarrollo de las acciones para controlar los riesgos. Los análisis de accidentes revelan que existen factores causales similares para todo tipo de pérdidas como lesiones, accidente con daños, incendios, derrames. La investigación de todos los accidentes – incidentes contribuyen a la identificación de las causas básicas, acciones correctivas y controles preventivos.

Este elemento busca proporcionar a la línea de mando un medio para obtener, de manera sistemática, información sobre los accidentes y cuasi-accidentes ocurridos en su área de gestión y poder así corregir eficazmente la falta o falla de control administrativo que permitió la generación de esos hechos no deseados.

El análisis de accidentes–incidentes implica una revisión metódica de las causas y consecuencias reales o potenciales de los accidentes o incidentes ocurridos en la empresa en un cierto período.

Mediante la revisión y análisis de los informes de accidentes e incidentes y sus causas, los gerentes de la organización pueden identificar las tendencias repetitivas de las exposiciones a pérdidas, de los riesgos evaluados indebidamente y de los controles inadecuados. Este tipo de información es importante porque provee retroalimentación que es útil para efectuar los ajustes necesarios a la administración de control de pérdidas.

Este elemento evalúa como el sistema utiliza y aprovecha la información obtenida de la investigación de accidentes–incidentes, en el control de los accidentes, enfermedades profesionales y daños a equipos e instalaciones.

7.5 Secuencia del dominó

Una forma que habitualmente se usa para explicar la secuencia de situaciones que desencadenan en un incidente o accidente, es a través de las piezas de un dominó, Figurando que al caer la primera ficha, botará las siguientes:

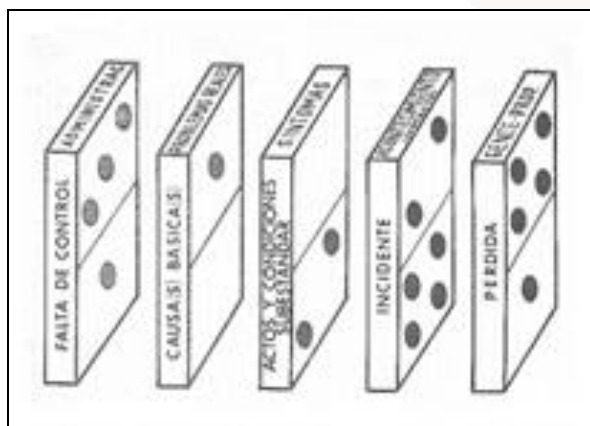


Figura 26 Piezas del dominó

La secuencia de situaciones que desencadenan en un accidente se explica en el análisis de la última ficha del dominó, que es la pérdida.

Gente – Propiedad: Pérdida

Una vez que la secuencia completa ha tenido lugar, hay un impacto a la persona y/o la propiedad. Los resultados de los accidentes se pueden evaluar de acuerdo al daño físico de las personas y daños a la propiedad, como también a los efectos humanos y económicos.

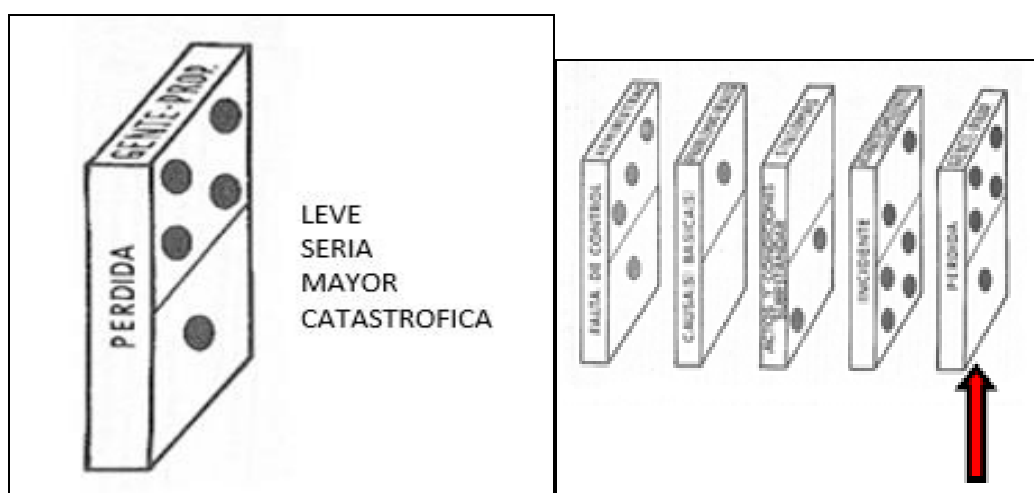


Figura 27 Pérdida por accidente

Accidente – Contacto

Cuando se produce el contacto con la fuente de energía, sobre la capacidad límite del cuerpo o estructura se produce el accidente que genera un daño.

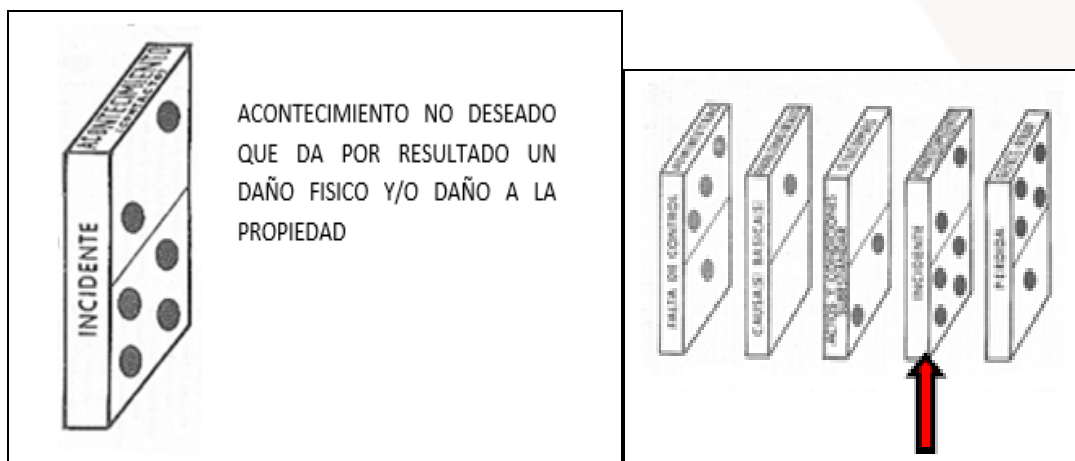


Figura 28 Accidente por contacto

Causas inmediatas – Síntomas

Los accidentes tienen causas y las causas se pueden conocer, determinar, eliminar o controlar. En Control de Pérdidas hablamos de actos y condiciones sub-estándares.

Al dirigir la atención al control de todos los accidentes, es adecuada la palabra “sub-estándar”, ya que se relaciona con un “estándar” de desempeño en el proceso productivo.

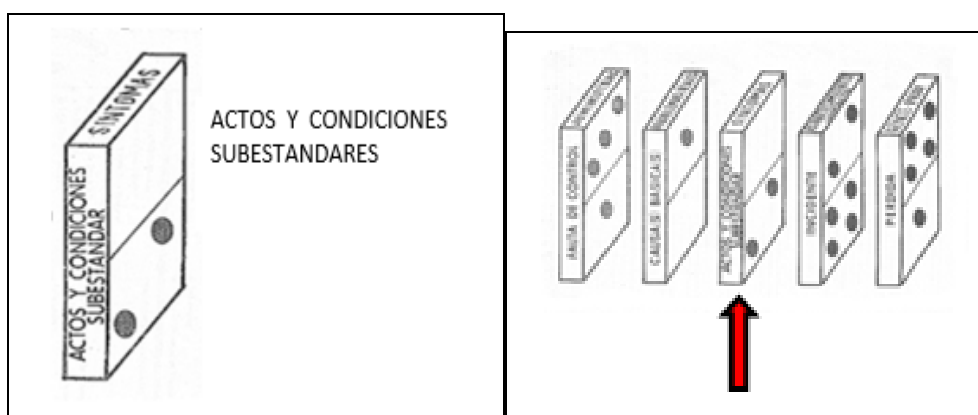


Figura 29 Accidentes por actos y condiciones sub estándares

El acto sub-estándar o acto inseguro se define como una desviación que se produce bajo los niveles que se han establecido como correctos o que se aceptan como tales.

La condición sub-estándar o condición insegura se define como un cambio físico que se produce en el ambiente, equipo o materiales, bajo los niveles que se han establecido como correctos o que se aceptan como tales.

Factores personales y factores del trabajo

Cuando se pone énfasis en corregir los actos y condiciones sub-estándar que provocan los accidentes, se están corrigiendo los “síntomas” y no los “problemas reales” que han dado origen a estos actos o condiciones.

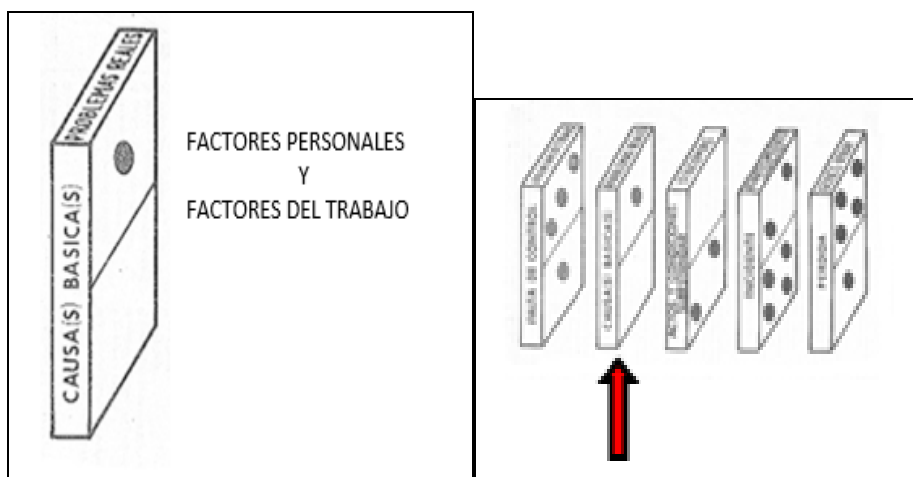


Figura 30 Accidente por factor del trabajo o factor personal

Las causas básicas se clasifican en dos grupos:

Factores personales

- Falta de conocimiento o capacidad
- Motivación incorrecta
- Problemas físicos o emocionales

Factores del trabajo

- Desgaste normal

- Mal uso y abuso
- Diseño inadecuado
- Mantención deficiente

Las causas básicas designadas como “factores personales”, explican por qué la gente no actúa como debería hacerlo.

Es lógico suponer que una persona no puede seguir un procedimiento correcto si nunca se lo han enseñado.

En la misma forma, las causas básicas designadas como factores de trabajo, explican por qué existen o se crean condiciones sub-estándares. Si el mantenimiento de un equipo se crea condiciones sub-estándares o si el mantenimiento de un equipo es inadecuado o se abusa del uso de un equipo, este se dañará o funcionará en forma inadecuada, provocando una condición sub-estándar.

Las malas especificaciones de compra, por ejemplo, un cable de un montacargas, puede ser causa de una pérdida por desgaste prematuro del equipo o daño que provoque lesiones a las personas.

Las causas básicas son sin lugar a dudas el origen de los actos y condiciones sub-estándares.

7.6 Falta de control – Administración

Esta última ficha, o primera que desencadena la caída de los siguientes, representa la “Falta de Control” de la administración. La palabra “control” se usa aquí para referirse a una de las cuatro funciones de todo administrador.

- Planificación
- Organización
- Dirección
- Control

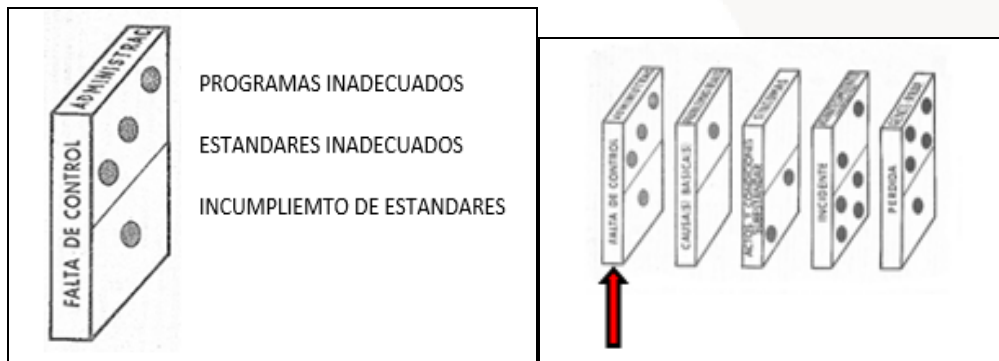


Figura 31 Accidente por mala administración

Todas estas funciones se relacionan con el trabajo de cualquier miembro de la administración, ya sea el gerente de la empresa o supervisor de primera línea.

Esta ficha se relaciona con la deficiencia organizativa y administrativa general de la empresa, hay programas inadecuados, estándares inadecuados o incumplimientos de estos. Si no se define un programa de entrenamiento, los trabajadores no van a saber hacer su trabajo; si no se define el programa de selección y ubicación del personal, en cuanto a conocimientos y aptitudes físicas.

El simple hecho que muchos supervisores no tienen conciencia de la participación que se espera de ellos en un programa de Seguridad y Control de Pérdidas, les impide hacer el trabajo correctamente y esto solamente puede producir la caída del primer dominó, iniciando la secuencia de acontecimientos que llevará a pérdidas.

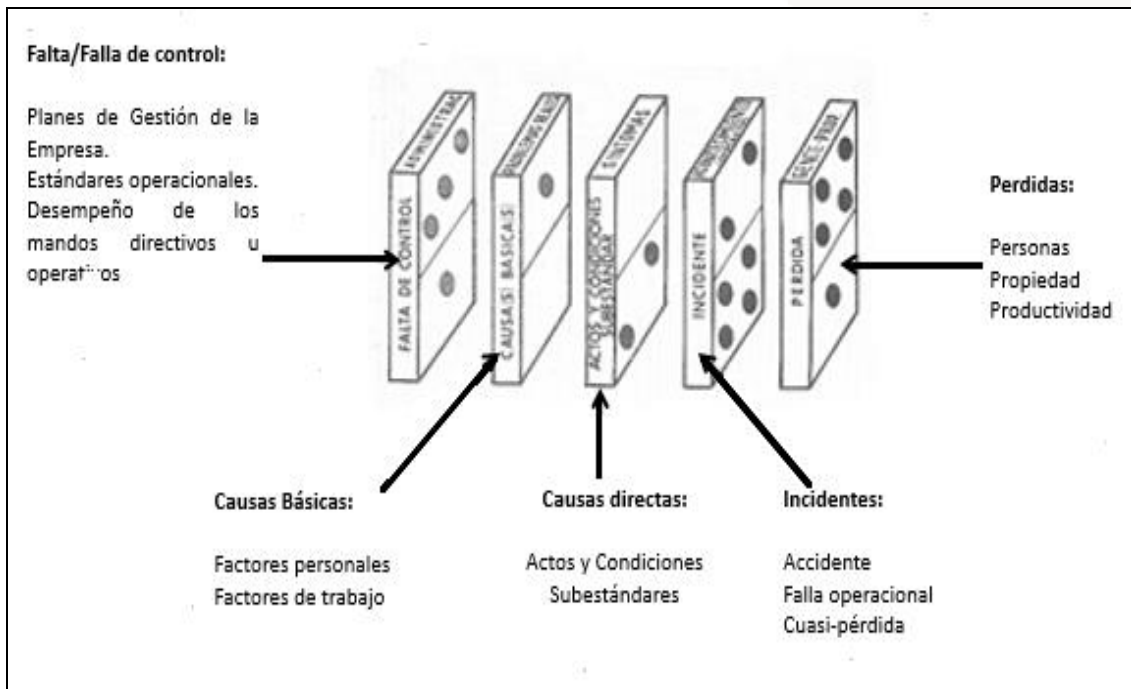


Figura 32 Secuencia completa del dominó

Secuencia del dominó

Introducción a la actividad.

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán identificar y explicar la secuencia de situaciones que desencadenan en un incidente o accidente, la que es explicada a través de las piezas de un dominó, Figurando que al caer la primera ficha, botará las siguientes.

El objetivo de la actividad es evaluar la secuencia de situaciones que desencadenan en un accidente, la que se explica en el análisis de la última ficha del dominó.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla

Identificar causas y consecuencias de los incidentes y accidentes en una organización, según estándares.

Estrategia Metodológica para el Instructor

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

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 10

Materiales y Recursos

Notebook

Data

Lápiz


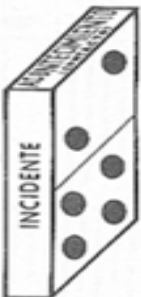

Actividad impresa

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la evaluación escrita, respondiendo cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.

El instructor deberá explicar a los participantes la importancia de entender las causas y consecuencias en los incidentes y accidentes que ocurren dentro de la organización.

La tabla donde el participante deberá responder qué situación explica el dominó es la siguiente:

Dominó	Situación que explica el dominó
	
	
	



	
	

Tabla 11

Cierre

Los participantes deben comprender la importancia de entender las causas y consecuencias en los incidentes y accidentes que ocurren dentro de la organización situación.

El instructor deberá resaltar en la clase a los participantes que cuando se produce el contacto de la persona con una fuente de energía, y esta exceda la capacidad límite del cuerpo o estructura se produce el accidente que genera un daño.

8. Administración de Riesgos

8.1 Antecedentes Generales

El objetivo de la administración de riesgos es identificar éstos para instalar las barreras necesarias que permitan prevenir y evitar las pérdidas. En este contexto, la administración de riesgos HSE se utiliza para:

- Identificar los riesgos de la operación y sus servicios de soporte
- Establecer nuevos controles o incorporar mejoras a los controles existentes.
- Identificar las desviaciones de los controles establecidos
- Jerarquizar los controles de las tareas

Los principales equipos y materiales que deben ser consultados al momento de iniciar el proceso de administración de riesgo son los siguientes:

- Procedimiento de administración de riesgos
- Inventario de riesgo vigente
- Diagrama de procesos de la gerencia y/o superintendencia
- Análisis de observaciones preventivas, principalmente aquellas definidas con potencial de incidentes graves y/o fatales
- Listado de incidentes nivel 4 (salud- seguridad) y nivel 3 (medio ambiente) ocurridos durante un período, reales y potenciales
- Listado de alertas tempranas
- Aprendizajes extraídos de eventos ocurridos en otras empresas
- Estándares operativos de la organización

8.2 Proceso de administración de riesgos

Este proceso contempla una secuencia de etapas que aseguran un tratamiento sistemático de los riesgos HSE, es decir, que existe una mirada cíclica desde la identificación del peligro hasta el monitoreo de los controles, detectando así cambios que ameriten una nueva evaluación de riesgo.

Una descripción breve de cada una de las etapas es la siguiente:

Liderazgo, responsabilidad y contexto

El nivel ejecutivo de la compañía debe velar que la clasificación de riesgos HSE definida, sea consecuente con el concepto de riesgos materiales y tolerancia de la unidad de riesgos, como

también el término de incidente y riesgo significativo derivado de la responsabilidad de HSE de la corporación.

El nivel de Gerencia tiene la responsabilidad de aprobar las evaluaciones de riesgos y sus controles, considerando en dicha aprobación la evaluación de la efectividad de estos últimos.

La organización también definirá los límites dentro de los cuales se desarrollará la evaluación de riesgo HSE, es decir, proveerá información descriptora de sus procesos, actividades, servicios de soporte e instalaciones físicas sobre las cuales se realizará la administración de riesgos.

Identificación, análisis y evaluación del riesgo

Esta etapa es clave en el proceso de administración de riesgos, ya que permite recoger información de riesgos jerarquizados y a través de esta planificar los controles necesarios.

La identificación de peligros se realiza sobre las tareas asociadas a cada etapa del proceso, en las cuales existen personas expuestas. Mientras que la evaluación se realiza considerando las variables de *Severidad y Posibilidad*.

Luego de la evaluación, los riesgos son clasificados de acuerdo al valor de riesgo residual en algunas de las siguientes categorías:

- Intolerable,
- Tolerable, o
- Aceptable.

Para asegurar el éxito de esta etapa es necesario la existencia de un equipo representativo de cada uno de los segmentos del proceso bajo análisis, todos debidamente interiorizado en el procedimiento de administración de riesgos HSE.

Control de Riesgos

En esta etapa se definen y establecen los nuevos controles de riesgos, para lo cual se debe tener en cuenta la jerarquía de control y la aplicación de principios como ALARP y mejora continua.

Además esta etapa procura medir la adecuación y desempeño de los controles de riesgo existentes, estableciendo acciones para corregir desviaciones o capturar oportunidades de mejora, aplicando de manera sistemática el principio de mejoramiento continuo.

Monitoreo de riesgos

El objetivo de esta etapa es detectar cualquier cambio que afecte las condiciones bajo las cuales el riesgo fue evaluado, en caso de identificar variaciones es pertinente realizar una revisión de la evaluación.

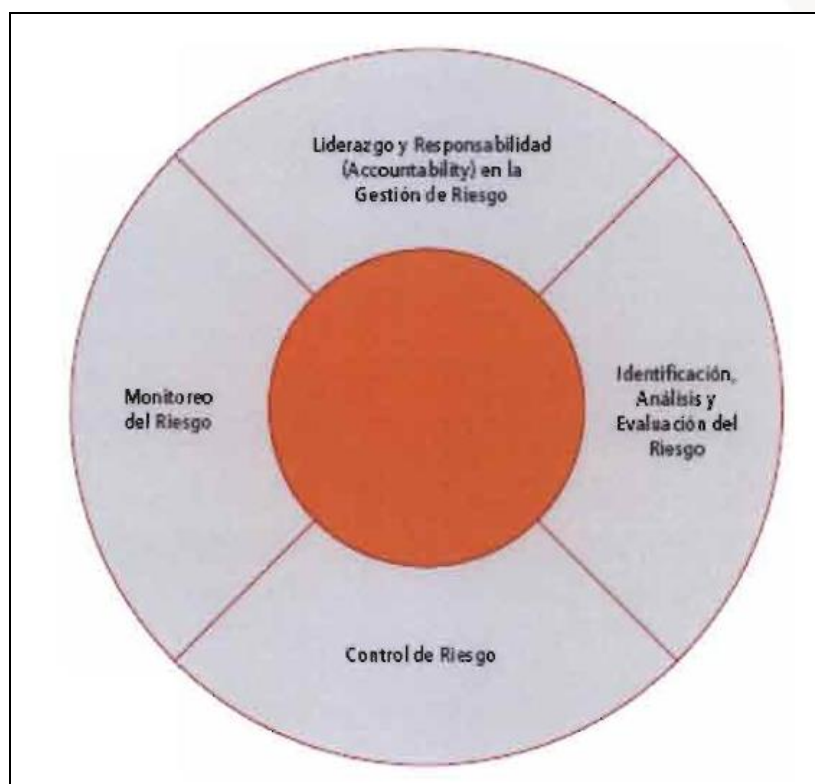


Figura 33 Proceso genérico de la administración de riesgos

8.3 Liderazgo, responsabilidad y contexto

El liderazgo es el proceso de influir en otros y apoyarlos para que trabajen con entusiasmo en el logro de objetivos comunes. Se entiende como la capacidad de tomar la iniciativa, gestionar, convocar, promover, incentivar, motivar y evaluar a un grupo o equipo.

"El líder" es el que moldea o da forma a la estructura de cada grupo. Con su conducción el líder puede o no formar grupos de personas que funcionen como *Equipo de trabajo*. El buen líder con su accionar desarrolla equipos de trabajo, utilizando la mezcla adecuada de lealtad, motivación y confianza que todo ser humano necesita para creer y emprender en pos de los objetivos grupales.

Roles dentro del equipo:

Dentro de un equipo de trabajo se pueden encontrar roles muy característicos, algunos positivos para el desempeño del equipo, mientras que otros muy negativos.

Lo usual es que cada persona asume un rol según su personalidad. Hasta el momento, no existe una clasificación de roles con los que todos los teóricos estén de acuerdo, sin embargo, se puede intentar la siguiente clasificación: moderador, colaborador, creativo, relacionista y evaluador.

El moderador dirige, coordina, orienta, motiva y controla a los otros integrantes, dependiendo de quien asuma este rol, puede ejercerlo de forma autocrática, consultiva, democrática, anárquica, orientadora o relajada.

El colaborador, complementa, apoya, sustenta y respalda la labor de todo el equipo, especialmente de quien asuma el rol de moderador.

El creativo sugiere, innova, crea y propone nuevas cosas y nuevas formas de hacerlas.

El relacionista cuida todo lo que tiene que ver con la armonía tanto entre los integrantes del equipo, como con las personas ajenas a él.

El evaluador es el crítico, el que vuelve a centrar al equipo cuando éste se dispersa y evaluar tanto los resultados como los procedimientos.

Metas y objetivos del equipo de trabajo

- Otorga oportunidad de aprendizaje mutuo.
- Agiliza planes y programas – Ahorra tiempo.
- Favorece la identidad de las personas con su organización.
- Permite acciones más asertivas, eficaces y creativas.
- La persona se siente parte de los logros.

Factores que facilitan el trabajo en equipo con otros equipos y áreas en la organización

- Buen liderazgo.
- Coherencia.
- Participación activa de los miembros del equipo.
- Organización interna.
- Experiencia y disposición para el aprendizaje.
- Flexibilidad.
- Tener clara la misión, visión, propósitos, objetivos y metas comunes.

- Conocer la etapa de desarrollo del equipo.
- Buen clima interno.
- Voluntad para el trabajo en conjunto.

Valores intransables al interior de un equipo de trabajo

- Respeto
- Compañerismo
- Lealtad
- Empatía

Concepto de sinergia en el trabajo en equipo

El concepto de sinergia es clave en el trabajo en equipo. Supone que los resultados de un equipo de trabajo pueden ser superiores a la suma de los esfuerzos y capacidades de cada uno de los miembros de ese equipo. Ello va a depender de una buena organización y de que el objetivo sea realmente común, comprendido y aceptado por todos los componentes del equipo de trabajo.

Cuando tiene lugar el efecto sinergia, los resultados del equipo trabajo son superiores a los esperados, generando una gran motivación y una gran cohesión o unidad del equipo.

Para lograr una interacción efectiva el equipo debe construir cuatro elementos básicos: Confianza, Consenso, Compromiso y Colaboración.

Cada atributo se construye sobre el atributo anterior, es decir no puedo lograr compromiso si no hay consenso, y no puedo lograr consenso si no hay confianza.

Existe asimismo un quinto atributo que es la comunicación abierta, el cual fluye durante el proceso de construcción de la confianza, el consenso, el compromiso y la colaboración.

La relación entre conceptos claves para la gestión de riesgos en materias de HSE se detalla a continuación.

Materialidad

El concepto de materialidad se refiere a aquellos riesgos que la organización considera importantes para el logro del objetivo, estrategias y planes. Estos riesgos pueden tener impactos financieros, HSE, legales, reputación, entre otros.

En el caso de riesgos con pérdidas cuyo impacto financiero sea mayor o igual a 20 millones de dólares, son considerados riesgos materiales para la organización.

En el caso de HSE, se considera como riesgo material aquellos impactos equivalentes a nivel 4 en salud, higiene y medio ambiente. Además, los riesgos HSE pueden ser clasificados como riesgos materiales si tienen una evaluación de riesgo residual mayor o igual a 90, independiente del nivel de su severidad.

Riesgos significativos

En materia HSE, se ha establecido el concepto de riesgo e incidente significativo como una herramienta preventiva para anticipar el control de situaciones indeseadas, aun cuando estas tienen el carácter de potencial.

Por lo tanto, se entiende por riesgo significativo todo evento que cause o tenga el potencial de causar un impacto, lesión o daño que podría resultar en un incidente significativo.

Un incidente significativo es toda ocurrencia que haya resultado realmente o haya tenido el potencial de resultar en un evento de lesión o enfermedad ocupacional de nivel 4 o superior a un evento ambiental de nivel 3 o superior.

Contexto

La primera tarea que se debe realizar es conformar un equipo de trabajo representativo del área dueña del proceso, asegurando su competencia para la tarea y el liderazgo por un empleado de amplia experiencia y/o un representante de alta jerarquía de la organización del área.

El equipo de cada área- gerencia y superintendencia asumirá la actividad de mapear o identificar las etapas del proceso que administra, considerando las entradas y salidas del segmento, energías comprometidas, insumos, entre otras. Luego de establecer el proceso sobre el cual se realizará el análisis, es pertinente identificar las tareas funcionales asociada a cada etapa de sus procesos. Entendiendo la relación entre etapa del proceso y tarea, el equipo deberá identificar los peligros a los cuales se encuentran expuestos las personas involucradas en cada tarea.

El equipo debe asegurar la recolección de toda la información histórica relevante para el ejercicio de identificación y evaluación de riesgos, tales como: inventario de riesgos vigentes, cambios en el área, período, etc.

8.4 Identificación, análisis y evaluación del riesgo

Esta es la etapa más relevante del proceso de administración de riesgos, en la cual se detectan los riesgos asociados a cada segmento del proceso que es objeto del análisis, se dimensionan y se establecen los controles o barreras para mantenerlos en un nivel tolerante.

Identificación y análisis de riesgo

Una vez establecido el contexto para el análisis de riesgo, se identifican los riesgos potenciales en cada etapa, teniendo presente la posibilidad de falla de elementos físicos o condiciones de comportamientos deficientes y/o la forma de hacer las tareas involucradas o procedimiento de trabajo.

Nº	Tipos de Incidentes o Contactos	Categoría
1	Golpeado contra alguna estructura o instalación	S
2	Golpeado por objeto en movimiento, herramientas, repuestos	S
3	Caída desde un mismo nivel	S
4	Caída desde distinto nivel (Altura)	S
5	Contacto con elementos cortantes o filosos	S
6	Atrapado en o entre	S
7	Contacto con energía, sustancias, ácidos, temperaturas extremas, radiación, ruido, partes biológicas	H
8	Sobre – esfuerzo, tensiones, horas prolongadas de trabajo	S
9	Volcamientos, choques	S
10	Derrames, fugas, filtraciones de líquidos	E
11	Roturas, fisuras de materiales, equipos y repuestos	S
12	Generación de residuos (líquidos, sólidos y gaseosos)	E
13	Inhalación de materiales particulado, gases, humos, aerosoles, nieblas	HE
14	Paralización de procesos	S

15	Restricciones de producción	S
16	Cortes de energía	S
17	Reproceso de tareas	S

Tabla 12 Pauta de identificación de incidentes potenciales

En el caso de procesos que utilizan o tengan relación con sustancias peligrosas, se recomienda utilizar la metodología HAZOP para la identificación de incidentes potenciales HSEC.

- **Causas Inmediatas:** es la acción y/o condición que precede inmediatamente el instante en que produce el evento, que resulta en una lesión o pérdida; generalmente se corresponde con un acto y/o una condición sub-estándar. Es preciso relacionar los planes de acción con las causas inmediatas de los incidentes, dejando latente la posibilidad que persistan si es que no son atacadas las causas básicas que originan la ocurrencia de ellos.
- **Las causas básicas:** corresponden al origen de los actos o condiciones sub estándares, siendo éste el motivo de su denominación. Sin ellas no podría ocurrir el contacto entre una energía o agente y cuando se le analiza normalmente se concluye que una parte del sistema de gestión que falló.
- **Consecuencias e impactos HSE:** en esta etapa se indica el aspecto HSE que impacta el incidente asociado a dicho peligro. En muchos de los casos puede impactar a más de un ítem, así puede implicar simultáneamente una lesión, con una intoxicación y un derrame de una sustancia peligrosa por ejemplo.
- **Medidas de control existentes** (incluye medidas de contingencia/recuperación) consiste en identificar todas las medidas de control que se establecen para manejar el riesgo. Los controles son medidas o barreras, que pueden ser subdivididas en duras y blandas; entre las primeras están las protecciones, barandas, jaulas, bloques físicos, etc., mientras que entre las blandas están los procedimientos, inspecciones, capacitaciones, etc.
- **Efectividad actual de la medida de control:** consiste en estimar la efectividad real de la medida, usando la experiencia del equipo evaluador y la información histórica, como las características de incidentes ocurridos en el pasado, reales o potenciales. La tabla siguiente se usa para evaluar los controles de todo aquellos riesgos clasificados como tolerables y aceptables, mientras que para los riesgos intolerables se debe completar la herramienta de auto evaluación de controles indicada en la gestión de riesgos. En el caso que la efectividad del control sea menor a 65% el control debe ser revisado en su diseño e implementación para generar acciones correctivas o en su defecto cambiar el control.

Descripción de estado actual de la medida	Efectividad (%)
Instalada hace poco, falta mejorar, insuficiente, todavía falta mucho trabajo por hacer	$E \leq 40$
Instalación o funcionamiento incompleto	$40 < E \leq 65$
Instalación total pero elementos pendientes o funcionamiento sub-estándar.	$65 < E < 90$
Control con buen funcionamiento, sólo debe ser monitoreado	$E \geq 90$

Tabla 13 Evaluación de efectividad de controles

Responsable de las medidas de control existentes: en este ítem se identifica a la persona o cargo responsable del cumplimiento de las medidas de control definidas.

Evaluación del riesgo

En esta etapa se determina el valor del riesgo residual, el cual corresponde al remanente que existe una vez que han implementado y verificado la efectividad de los controles existentes.

El cálculo del riesgo residual está determinado por el producto de las variables de severidad y posibilidad.

$$\text{Dimensión del Riesgo Residual} = \text{Factor de Severidad} * \text{Factor de Posibilidad}$$

Factor de severidad (S)

Es una estimación de la magnitud de las consecuencias con mayor posibilidad de ocurrencia, asociadas a un riesgo. Aquellas consecuencias podrían impactar negativamente al negocio, a su marca comercial y a sus socios estratégicos o ser el nivel esperado de oportunidad no realizada de una ganancia que se podría perder.

El método de evaluación provee una tabla de factores de severidad, la cual traduce la relación entre el nivel de severidad y tipos de impacto para HSE en un valor numérico.

Además, otros documentos de la corporación entregan un mayor detalle sobre impactos y su correspondencia con el nivel de severidad, particularmente en temas de medio ambiente y seguridad.

Factor de posibilidad (P)

Corresponde a una estimación del número de veces que un incidente puede ocurrir en el área en un cierto lapso. Esta estimación debe fundarse en la historia de accidentabilidad, la frecuencia, en los incidentes significativos potenciales reportados, debidamente calibrados por la experiencia del equipo.

Antes de aplicar el factor de posibilidad, se debe identificar si la evaluación de riesgos se está realizando sobre operaciones o proyectos, ya que ambas situaciones poseen una tabla de factores específica. Las tablas de factores de posibilidad son:

Dada la operación/sitio, la experiencia de la industria	Factor de posibilidad
Podría incurrirse más de una vez al año	10
Podría incurrirse durante el periodo presupuestario de uno a dos años	3
Podría incurrirse dentro de un periodo de planificación estratégica quinquenal	.1
Podría incurrirse dentro de un marco de tiempo de cinco a diez años	0.3
Podría incurrirse en un marco de tiempo de 20 a 30 años	0.1
Para una falla de sistema	0.03
Esta consecuencia no ha ocurrido en la industria en los últimos 50 años	
Para un riesgo natural	
El periodo de recuperación estimado de un evento de esta fuerza/magnitud es de uno en 100 años o mas	

Tabla 14 Factores de posibilidad para operaciones existentes

En base a la experiencia de las industria	Factor de posibilidad
Se podría esperar que ocurra más de una vez durante la entrega del estudio o del proyecto	10
Se podría comentar y generalmente ha ocurrido en estudios o proyectos similares	3
Ocurrió en una minoría de estudios o proyectos similares	1
Se sabe que ha ocurrido, pero sólo rara vez	0.3
No ha ocurrido en estudios o proyectos similares, pero podría	0.1
Plausible, pero sólo en circunstancias extremas	0.03

Tabla 15 Factores de posibilidad para proyectos

El valor de riesgo residual debe ser clasificado de acuerdo la categoría de riesgo HSE las cuales se indican a continuación:

Categoría	Rango
Intolerable	$RR \geq 90$
Tolerable	$90 > RR \geq 10$
Aceptable	$RR < 10$

Tabla 16

Prioridad	Categoría de Riesgo		Acción Sugerida	Tiempo Sugerido	Autoridad para tolerancia continuada del riesgo residual
1	Mayor o	Intolerable	Tomar acción	Inmediata y	Presidente

	igual a 90		para reducir riesgo residual a menos de 90	corto plazo (*)	
2	Menor que 90 , mayor o igual a 10	Tolerable	Asegurar la efectividad y vigencia de los controles para evitar ascenda a significativo	Permanente	VP y Gerentes
3	Inferior a 10	Aceptable	Baja prioridad. Requerirá de monitoreo para detectar cambios que pueden afectar su evaluación	Permanente	Superintendentes

Tabla 17 Pauta de prioridad

8.5 Control del riesgo

Para establecer nuevas medidas de control de riesgo o mejorar las existentes se deben clarificar los principios de ALARP, jerarquía de control y mejora continua, sobre los cuales se construyen los controles.

Principio ALARP

Para que un riesgo sea considerado ALARP debe ser posible demostrar que el costo de continuar reduciendo ese riesgo es desproporcionado en comparación con el beneficio que se obtendría. ALARP no es una medida cuantitativa de beneficio contra perjuicio, sino una práctica de juicio para obtener un equilibrio entre riesgo y beneficio.

Jerarquía de control

Corresponde a una serie de tipos de controles que debería aplicarse en el orden de prioridades, siendo posible considerar varias de estas opciones y aplicarlas en forma individual o combinada. El orden jerárquico de los tipos de control es:

- **Eliminar:** Se refiere a la completa eliminación del peligro
- **Sustituir:** Reemplazo del material, proceso o peligro por uno menos peligroso.
- **Rediseñar:** Aislamiento del peligro mediante guardas o su confinamiento, o alejando el personal.
- **Administración:** Entregar controles como capacitación, procedimientos, etc.
- **Elementos de protección personal y dispositivos de control de contaminación:** El uso de EPP de la talla correcta y/o equipos apropiados de control de contaminación en donde otros controles no son prácticos. Los EPP y los dispositivos de control de contaminación incluyen equipamiento de minimización de impacto tales como materiales de limpieza de derrames o medidas de supresión de polvo.

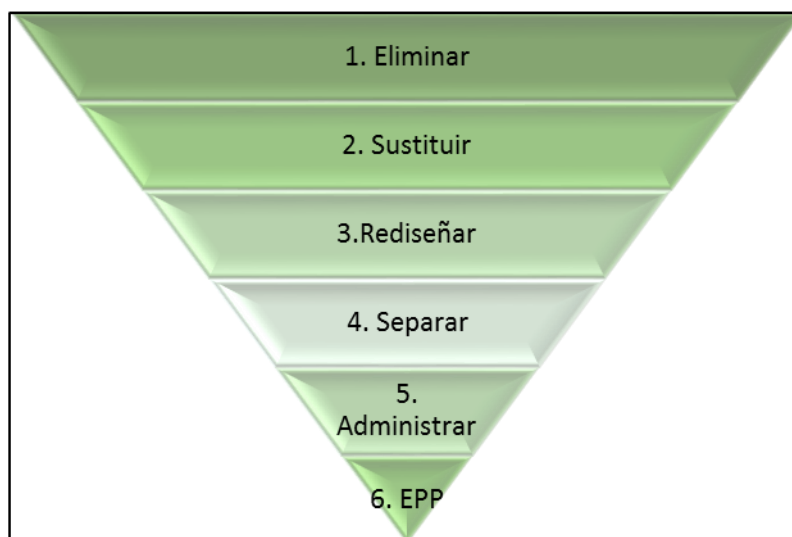


Figura 34 Jerarquía del control de riesgos

Mejora continua: Corresponde a un proceso permanente de mejora en el desempeño HSE y de los sistemas de gestión asociados, esto no ocurre necesariamente en todas las áreas de manera simultánea.

Controles existentes: En primer lugar, se debe verificar de acuerdo al estado del arte si la medida continúa cumpliendo con el principio de ALARP. Por ejemplo, un cambio tecnológico podría reducir el nivel de riesgo más allá del desempeño de la medida vigente, esta situación amerita realizar un cambio en el control.

En segundo lugar, se debe analizar el desempeño del control vigente e identificar brechas respecto del diseño, nivel de implementación y efectividad.

Por último, las brechas detectadas en el control se deben traducir en un plan de acción, el cual debe atender las causas básicas de este hallazgo.

Nuevos controles

Cuando se genera un nuevo control se debe asegurar que el diseño es coherente con el principio ALARP y la jerarquía de control, es decir, corresponde a la solución óptima tras evaluar la magnitud del riesgo, posibilidades de eliminar el riesgo, los beneficios derivados y el costo asociado. Luego de establecer el diseño óptimo de la medida, se requiere un plan de actividades para una adecuada implementación, donde se identifican responsables y fechas límites.

Una vez implementado el nuevo control, se debe evaluar la efectividad de este y el riesgo residual, dicha información que permite la clasificación del riesgo HSE (intolerable, tolerancia o aceptable).

Cuando un riesgo ha sido gestionado a través de las medidas de control factibles, según el estado del arte, llegando a niveles “razonablemente practicable” y aun su categoría es de intolerable, la administración en su mayor nivel jerárquico deberá autorizar la continuación de la operación bajo estas condiciones. Este criterio es aplicable para medidas de control nuevas y aquellas existentes.

Identificación de equipos y tareas críticas

Cuando se detecta algún riesgo significativo por su nivel de severidad en HSE (nivel 4 y nivel 3 HSE), todas las actividades, equipos y planta asociados a dicho riesgo serán identificados como equipos y tareas críticas.

Para todas las actividades críticas, se deberá generar un procedimiento de operación de actividades críticas.

Todos los equipos críticos deberán ser incorporados a los programas de mantención.

Programa HSE

El programa de HSE considera todas las actividades relevantes para administrar los principales riesgos de la operación. Por lo tanto se encuentra directamente relacionado con el resultado de la evaluación de riesgos y las medidas de control establecidas.

A través del programa HSE se realiza seguimiento periódico de la implementación de los controles de riesgos, su vigencia y sus mejoras. Dicho seguimiento se realiza en los principales niveles de la compañía, resultando así una guía para el trabajo HSE de cada gerencia.

8.6 Monitoreo del riesgo

Los factores de riesgos que pueden afectar la posibilidad de un evento o su consecuencia pueden cambiar, del mismo modo pueden cambiar los factores que afectan la adecuación o costo de las medidas de control. Es esencial la revisión continua para asegurar que el plan de acción de las medidas de control sea relevante y la efectividad de estos sea monitoreada para asegurar que el cambio de circunstancia sea analizado en su impacto en la gestión de riesgos.

La medición del progreso real de acuerdo a los planes de acción del control de riesgos es una importante herramienta de administración y se debe incorporar en el sistema. El monitoreo y revisión también incluye las lecciones de aprendizaje de los incidentes en términos de efectividad de los controles de riesgos existentes.

El análisis de causa de raíz debe llevar a una revisión del registro de riesgos pertinentes. Igualmente las actividades de seguridad tales como auditorías y control de auto evaluaciones deben conducir a volver a examinar, si se requiere, la revisión de riesgos.

Se debe realizar una revisión anual de los análisis de riesgos incorporados a los programas de HSE de los diferentes niveles cualquier organización.

El inventario de riesgos debe ser utilizado en las siguientes oportunidades:

- En la planificación de los trabajos, al momento de asignar los recursos y actividades a desarrollar.
- En la confección de los procedimientos, guías, estándares operativos, herramientas, preventivas o instructivos, al momento de incluir las precauciones y controles asociados a los riesgos de las actividades o tareas.
- Como charla de inducción y cumplimiento del decreto supremo 40 del derecho a saber de los riesgos asociados a las actividades o tareas a realizar.

- Cuando sea necesario revisar los riesgos que se pueden generar ante un cambio ya sea operacional u organizacional.

8.7 Metodología HAZOP

Para identificar los incidentes potenciales HSEC en un proceso que utiliza sustancias peligrosas, primero se debe seleccionar un nodo de estudio, luego identificar el propósito y los parámetros de operación del nodo de estudio. Esto se refiere a la función que cumple en el proceso, y los parámetros de operación son aquellas variables relacionadas con el funcionamiento del nodo de estudio (presión, temperatura, flujo, etc.).

Luego se deben establecer las desviaciones potenciales peligrosas (incidentes potenciales HSEC). Para obtener las desviaciones potenciales peligrosas, se debe relacionar cada uno de los parámetros de operación con una palabra guía.

Palabra Guía	Propósito
No	No se consiguen las intenciones previstas en el diseño Ejemplo: No hay flujo en una línea, no se abre la válvula de purga
Más / menos	Aumento o disminución cuantitativas sobre la intención de diseño Ejemplo: Más presión, menos flujo, más concentración
Además de	Aumento cualitativo, se cumplen las intenciones de diseño, pero ocurre algo mas Ejemplo: Se incluye otro compuesto, además del reactivo deseado
Parte de	Disminución cualitativa, solo una parte de los hechos, ocurren de acuerdo a lo previsto. Ejemplo: La composición del sistema es diferente a la prevista.
Inversión	Se obtiene el efecto contrario al deseado Ejemplo: El flujo ocurre en sentido inverso. La relación química se invierte

En vez de	No se obtiene el efecto deseado y ocurre algo completamente distinto. Ejemplo: Detención imprevista. Falla en el modo de operación de una unidad.
-----------	--

Tabla 18 Lista de palabras guía de uso frecuente

Un ejemplo de la metodología a realizar en para obtener la identificación de incidentes potenciales HSEC, mediante un análisis HAZOP, se muestra en la siguiente tabla:

Nodo de Estudio	Propósito	Parámetros de operación	Palabra Guía	Desviación o incidente potencial HSEC
Válvula	Controlar el flujo	flujo	No	No flujo
			Mas	Más Flujo
			Inversión	Inversión Flujo

Tabla 19 Ejemplo de elección de nodo de estudio

9. Programa de control de pérdidas

9.1 Introducción

El objetivo de mejorar los niveles de eficiencia de las operaciones, haciendo más rentables los recursos de que se dispone, es una responsabilidad básica y permanente de cada miembro de la administración de las organizaciones, cualquiera sea el nivel o área en que se desempeñe.

Los accidentes atentan directamente contra la eficiencia de las operaciones, ya que dañan a los trabajadores, deterioran los recursos materiales disponibles para producir y provocan efectos colaterales adversos que significan paralizaciones parciales y totales, interrupciones y retrasos en el proceso.

Todo miembro de la administración debe tener presente, además, que cada accidente que ocurre es un síntoma evidente de que hay cosas fuera de control que están afectando la eficiencia operativa en general, porque las causas de los accidentes son las mismas causas de bajos rendimientos, de problemas de calidad y de costos elevados.

La administración de control de pérdidas, tiene entonces como principal objetivo el proveer un efectivo sistema de control administrativo para actuar sobre las causas básicas de los accidentes y sus pérdidas inherentes y relacionadas. De esta manera, se pretende actuar sobre el origen del problema, ya que los accidentes, al igual que los problemas de producción, de calidad y de costos, son casi invariablemente el resultado de fallas, omisiones o debilidades de los sistemas con que administran las operaciones.

9.2 Fundamento de la administración de control de pérdidas

La Administración de Control de Pérdidas se basa en que este control es función de la administración de las empresas.

Esto significa, que la responsabilidad directa por el control de pérdidas recae en toda la línea de mando de la administración, desde el nivel más alto hasta la supervisión directa del nivel operativo.

La comprensión y aceptación plena de este principio es clave para el control de pérdidas. También hay que considerar que:

- “El Control de Pérdidas no es más que el resultado de un trabajo bien realizado” y es responsabilidad de la línea de supervisión que los trabajadores ejecuten sus tareas correctamente.
- “El Control de Pérdidas protege los recursos, tanto humanos como materiales, entregados a la administración para hacerlos productivos”. Y es de responsabilidad de la línea de supervisión de la protección de los recursos que se le asignan.
- “El Control de Pérdidas está totalmente relacionado con la eficiencia de las operaciones”. Y es de responsabilidad de la línea de supervisión lograr, mantener y mejorar esta eficiencia.
- “El Control de Pérdidas se orienta a la corrección de fallas y debilidades del sistema administrativo de las empresas”. Y esto también es responsabilidad de la línea de supervisión porque las fallas y debilidades que resultan en accidentes, también afecta la producción, calidad y costos de las operaciones.

9.3 Objetivos generales

Una adecuada definición de los objetivos tras los cuales se pondrá a trabajar el trabajador es, quizás, una de las manifestaciones más trascendentes del ejercicio racional del liderazgo que compete a la línea de supervisión de las empresas y resulta esencial para orientar un Programa de Control de Pérdidas.

Tradicionalmente, las empresas han fijado los objetivos de seguridad en sus operaciones en términos de una reducción de los niveles actuales de sus indicadores de consecuencias de accidentes, es decir, una reducción de sus índices de accidentabilidad, índice de frecuencia e índice de gravedad.

La mayoría de las veces, la expresión de estos objetivos se concretiza sobre la base de comparaciones con otras empresas de la misma actividad y similares características o estimando la reducción bajo consideración de la tendencia histórica; incluso, los objetivos llegan a especificarse como resultado de deseos acerca de la posibilidad o necesidad de lograrlos.

Esta manera de establecer objetivos de Control de Pérdidas, sin embargo solo tendrá sentido y será capaz de proveer alguna certeza en cuanto a su probable consecución, en la medida que previamente se haya definido el problema de pérdidas que tiene la organización y se haya seleccionado, planeado o implementado acciones específicamente destinados a lograr esos objetivos. Desafortunadamente estos requerimientos lógicos son usualmente omitidos, en especial, cuando se trata de indicadores de lesiones personales.

Consecuente con la Política de Control de Pérdidas implementadas por las empresas, mediante la integración de actividades sistemáticas a la gestión normal de la línea de supervisión, se establecen los siguientes objetivos:

- Proteger efectivamente de daños por accidentes a los trabajadores manteniendo los índices de accidentabilidad dentro de rangos aceptables y evitando todas las enfermedades profesionales.
- Mantener bajo control las pérdidas inherentes y relacionadas de los daños provocados a la propiedad e instalaciones.
- Mantener bajo control las pérdidas que resultan del insuficiente aprovechamiento de los recursos disponibles.
- Mejorar las comunicaciones, relaciones laborales y clima organizacional.

9.4 Metas para el desarrollo de los programas

La administración de las empresas debe definir claramente las metas que desea cumplir en un periodo determinado.

Estas metas estarán en relación a la amplitud de sus programa y a los elementos que el contenga, además de la profundidad de cada uno de ellos.

La orientación en este aspecto se puede basar en el Instrumento de Evaluación del Sistema Internacional de Evaluación de Programas de Seguridad (SIEPS).

9.5 Requerimientos operativos del control de pérdidas

La experiencia acumulada en la implementación de Programas de Control de Pérdidas, ha puesto claramente en evidencia que existen determinados “Aspectos Críticos” que gravitan fuertemente sobre los resultados, determinando el éxito o fracaso de los programa. Estos aspectos críticos son:

- Liderazgo efectivo del programa

El liderazgo que los niveles superiores de las empresas ejerzan sobre un Programa de Control de Perdidas, debe ser evidente y suficiente en cantidad y calidad como para crear con ello un clima de aceptación y contribución de todo el personal, para garantizar el éxito del programa.

Este liderazgo requiere que los niveles superiores, además de dar cabal cumplimiento a cada una de las actividades que se les asignen en el programa, estas sean ejecutadas con un entusiasmo y actitud positiva, que trascienda a todo el personal.

- Coordinación dinámica y asesoría suficiente

Siendo el Programa de Control de Pérdidas la concreción de un sistema administrativo integrado a la administración normal de las operaciones, se requiere de una coordinación dinámica que de coherencia y que sea consistente a las acciones que desarrolle la línea de supervisión. Para cubrir esta necesidad, las empresas pueden designar un Coordinador General para el Programa.

- Entrenamiento a la Línea de Supervisión

Si la línea de supervisión no está suficientemente entrenada en las técnicas de administración de Control de Pérdidas, es obvio que no podrá cumplir con sus responsabilidades o lo hará en forma deficiente.

Por esta razón, todos los integrantes de la línea de supervisión de las empresas, deben participar en un entrenamiento formal que los habilite para que puedan efectuar un adecuado planeamiento, ejecución y control de las actividades que se les asignan en el programa.

Además de ello, periódicamente se deberá reforzar y complementar este entrenamiento, a objeto de mantener actualizados y vigentes los conocimientos sobre materias de Control de Pérdidas y su Administración.

- Evaluación positiva del desempeño

La evaluación del desempeño de la línea de supervisión, tanto en forma cuantitativa y cualitativa, es fundamental para el desarrollo del programa de control de pérdidas. No obstante, estas evaluaciones solo tendrán un propósito de “diagnóstico o tratamiento”, lo que significa que los

desempeños bajo los estándares establecidos deben dar lugar al tratamiento que realmente corresponda, para que la línea de supervisión logre un mejoramiento constante.

En otras palabras, si un desempeño sub-estándar se debe a falta de conocimiento, habrá que reinstruir o reorientar; si se debe a falta de motivación, habrá que usar los mecanismos correspondientes, para motivar.

- Implementación administrativa adecuada

Todo sistema administrativo, de cualquier tipo, requiere de documentos y registros. Sin embargo, estos documentos y registros deben diseñarse en forma tal que se garantice el cumplimiento de sus propósito con la mayor simplicidad posible para su manejo, especialmente los que serán de uso de la línea de supervisión de operaciones.

- Visualización permanente de los objetivos

Cualquier esfuerzo, por importante que sea, si no está bien orientado, involucra una pérdida. Los programas se conciben para lograr ciertos objetivos en determinadas áreas de atención: lesiones, enfermedades profesionales, daños a la propiedad y clima organizacional. En consecuencia, se requiere que cada miembro de la línea de supervisión tenga siempre presente estos objetivos, tanto cuando planifica, programa, ejecuta y controla sus actividades.

Siempre hay que asegurarse que cada actividad que se realice represente una clara contribución al cumplimiento de los objetivos. Cuando los objetivos se pierden de vista, con los resultados tiende a pasar lo mismo.

Estos requerimientos operativos deben mantenerse en plena vigencia durante la administración del programa, puesto que ello contribuirá significativamente al éxito del mismo.

9.6 Pasos para la puesta en marcha de un programa de administración de control de pérdidas

- Confección del proyecto del programa
- Aprobación gerencial
- Designación coordinador del programa
- Emisión y difusión política gerencial
- Difusión a todo el personal
- Entrenamiento inicial de la administración y supervisión
- Fijación de estándares
- Definición de responsabilidades de la línea de supervisión
- Implementación del programa

Módulo III: Elementos Básicos de la Cadena de Valor del Negocio

10. Creación del valor al trabajo

10.1 Valor

En términos competitivos, el valor es la cantidad que los clientes están dispuestos a pagar por lo que una empresa les proporciona.

El valor se mide según el ingreso total, es un reflejo del producto en cuanto al precio y de las unidades que se pueden vender de este. Una empresa es lucrativa si el valor que impone excede a los costos implicados en crear el producto.

Entonces, el valor es la percepción que tiene el cliente de lo recibido, que hace que le produzca o no satisfacción, es evidente que no todo lo que agrega costo agrega valor. En consecuencia, ningún cliente aceptará a conciencia, pagar por nuestra ineficiencia.

Detectar lo que tiene valor para el cliente, se convierte en una búsqueda de oportunidades competitivas para el desarrollo de la empresa.

10.2 La cadena de valor

El valor del negocio es una cadena que muestra el valor total, pues considera a las principales actividades de una empresa como los eslabones de una cadena de actividades (las cuales forman un proceso básicamente compuesto por el diseño, producción, promoción, venta y distribución del producto), las cuales van añadiendo valor al producto a medida que éste pasa por cada una de éstas.

Las actividades de valor son las actividades físicas y tecnológicas que se desempeñan en una empresa. Estos son los cimientos por medio de los cuales una empresa crea un producto valioso para sus clientes.

El Margen en la Cadena de Valor del Negocio, es el incremento intangible de valor experimentado al percibir atributos nuevos en el producto, en la organización, por último en las personas que nos atienden.

El Margen de una empresa minera está limitado por el valor de sus productos minerales, que son función de los precios internacionales de los metales, por los costos de sus actividades primarias y actividades de apoyo.

Las actividades de la cadena en las que se debe de enfocar con prioridad la empresa minera hoy son:

- Desarrollo de tecnología,
- Operaciones, y
- Logística externa.

También se puede lograr crear valor revisando el detalle de las Ventas, Infraestructura Empresarial y la Administración de Recursos Humanos.

Margen es lo que experimentaría nuestro cliente del camión cuando vea que nuestra “manera de vender” es distinta a la competencia. Margen, es el agradecimiento a la Coca-Cola por haber puesto a disposición nuestra bebida preferida sin azúcar y que usted creía perdida para siempre por su condición de diabético. A eso se refiere el Margen en la Cadena de Valor.

Cada actividad de valor emplea insumos, recursos humanos (mano de obra y administración), y algún tipo de *tecnología* para desempeñar su función. Cada actividad de valor también crea y usa la información, como los datos del cliente (orden de entrada), parámetros de desempeño (pruebas) y estadísticas de fallas del producto.

Las actividades de valor también pueden crear activos financieros como inventario y cuentas por cobrar o compromisos como cuentas por pagar.

Identificación de las actividades de valor del negocio

La identificación de las actividades de valor requiere el aislamiento de las actividades que son tecnológica y estratégicamente distintas. Las actividades de valor se dividen en dos grupos.

Actividades primarias

Estas actividades primarias se refieren a la creación física del producto, diseño, fabricación, venta, servicio postventa. Hay cinco categorías genéricas de actividades primarias relacionadas con la competencia en cualquier empresa. Cada categoría es divisible en varias actividades distintas que dependen del sector industrial en particular y de la estrategia de la empresa.

a) Logística interna (de entrada)

Las actividades relacionadas con la recepción, almacenamiento y distribución de insumos necesarios para fabricar el producto, como manejo de materiales, almacenamiento, control de inventarios, programación de vehículos, etc.

b) Operaciones

Actividades relacionadas con la transformación de insumos en la forma final del producto, como perforación, tronadora, carguío y transporte, chancado, molienda, flotación, espesamiento, filtrado, etc.

c) Logística externa (de salida)

Actividades relacionadas con la recopilación, almacenamiento y distribución física del producto terminado a los clientes, como bodegas, manejo de materiales, operación de vehículos de entrega, procesamiento de pedidos y programación de estos, etc.

d) Marketing y ventas

Actividades relacionadas con el acto de dar a conocer, promocionar, vender y proporcionar un medio por el cual los clientes puedan comprar el producto.

e) Servicio post ventas

Actividades relacionadas con la prestación de servicios complementarios para realizar o mantener el valor del producto, como la instalación, reparación, entrenamiento, repuestos y ajuste del producto.

Cada una de las categorías puede ser vital para la ventaja competitiva, dependiendo del sector industrial. Para un distribuidor, la logística interna y externa son lo más crítico. Para una empresa que proporciona el servicio en sus instalaciones, como un restaurante o un minorista, la logística externa puede casi no existir y pasa a ser las operaciones la categoría vital. Sin embargo, en cualquier empresa todas las categorías de las actividades primarias estarán presentes hasta cierto grado y jugarán algún papel en la ventaja competitiva.

La cadena de valor de una empresa se debe enlazar con las cadenas de valor de sus proveedores, distribuidores y clientes. Una red de valor consiste en sistemas de información que mejoran la competitividad en toda la industria promoviendo el uso de estándares y al dar a las empresas la oportunidad de trabajar de manera más eficiente con sus socios de valor.

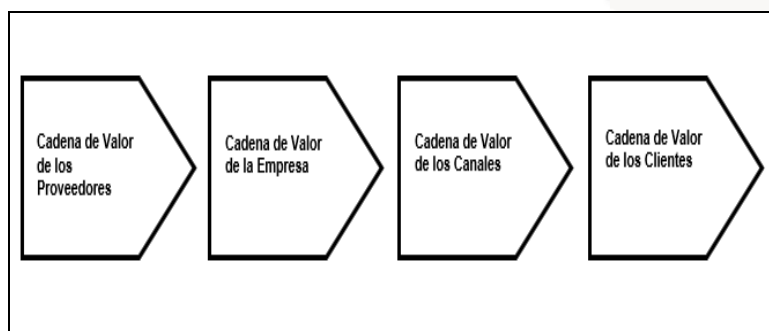


Figura 35 Sistema de valor

Los proveedores tienen cadenas de valor que crean y entregan los insumos comprados en la cadena de una empresa. Los proveedores no sólo entregan un producto sino que también puede influir el desempeño de la empresa de muchas otras maneras. Además, muchos productos pasan a través de los canales de las cadenas de valor en su camino hacia el comprador, así como influye en las propias actividades de la empresa. El producto de una empresa eventualmente llega a ser parte de la cadena de valor del comprador. La base última para la diferenciación es una empresa y el papel de sus productos en la cadena de valor del comprador, que determina las necesidades del comprador. El obtener y mantener la ventaja competitiva depende de no solo comprender la cadena de valor de una empresa, sino cómo encaja la empresa en el sistema de valor general.

Introducción a la actividad.

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, deberán definir los lazos que unen las diferentes actividades que forman la cadena de valor entre la organización y los demás actores, mejorando la competitividad, lo que permite trabajar de manera más eficiente con sus socios de valor.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla

Identificar los conceptos de los elementos básicos de la cadena de valor del negocio, según estándares.

Relacionar los elementos del valor del negocio en la minería, según estándares.

Estrategia Metodológica para el Instructor

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

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 20

Materiales y Recursos

Notebook

Data

Lápiz

Actividad impresa

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la evaluación escrita, respondiendo cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.

El instructor deberá explicar a los participantes la importancia de entender lo que es la cadena de valor y, donde se enlazan los valores de la empresa con los valores de las demás actividades que conforman la cadena de valor.

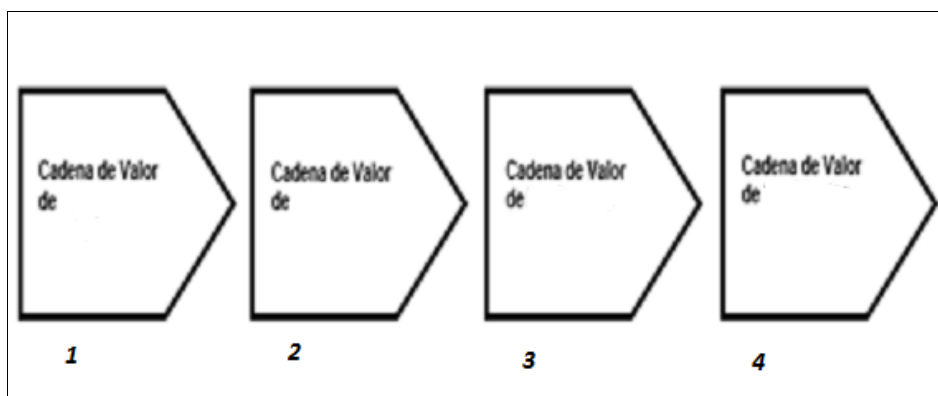


Figura 36

La tabla donde el participante deberá responder es la siguiente:

Nombre de la Actividad de la Cadena de Valor	Definición de la Actividad
1	
2	
3	

4	

Tabla 21

Cierre

Los participantes deben comprender la importancia de entender las actividades que se enlazan formando las cadenas de valor del negocio. Una red de valor consiste en sistemas de información que mejoran la competitividad en toda la industria promoviendo el uso de estándares y al dar a las empresas la oportunidad de trabajar de manera más eficiente con sus socios de valor.

10.3 Actividades de apoyo

Las actividades de valor de apoyo implicadas en la competencia en cualquier sector industrial pueden dividirse en cuatro categorías genéricas.

Como con las actividades primarias, cada categoría de actividades de apoyo es divisible en varias actividades de valor distintas que son específicas para un sector industrial dado. En el desarrollo tecnológico, por ejemplo, las actividades discretas podrían incluir el diseño de componentes, diseño de características, pruebas de campo, ingeniería de proceso y selección tecnológica.

Similarmente, el abastecimiento puede estar dividido en actividades como la calificación de nuevos proveedores, abastecimiento de diferentes grupos de insumos comprados y un monitoreo continuo del desempeño de los proveedores.

- Compras o abastecimiento

El abastecimiento se refiere a la función de comprar insumos que serán usados en las actividades o cadena de valor de la empresa. Los insumos comprados incluyen materias primas, provisiones y otros artículos de consumo, así como los activos como maquinaria, equipo de laboratorio, equipo de oficina y edificios. Aunque los insumos comprados se asocian comúnmente con las actividades primarias, están presentes en cada actividad de valor, incluyendo las actividades de apoyo. Por ejemplo, los materiales de laboratorio y los servicios independientes de pruebas son insumos comúnmente comprados en el desarrollo de tecnología. Como todas las actividades de valor, el abastecimiento emplea una "tecnología", como los procedimientos para tratar con los vendedores, reglas de calificación y sistemas de información.

El abastecimiento tiende a esparcirse en toda la empresa. Algunos artículos, como la materia prima, se compran por el tradicional departamento de compras, mientras que otros artículos son comprados por los gerentes de planta (ej. máquinas). Una actividad de abastecimiento dada puede asociarse normalmente con una actividad de valor específica o con las actividades que apoya, aunque con frecuencia el departamento de compras sirve a muchas actividades de valor y las políticas de compras se aplican en toda la empresa.

- Desarrollo de tecnología

Cada actividad de valor representa tecnología, o sea conocimientos, procedimientos, o la tecnología dentro del equipo de proceso. El conjunto de tecnologías empleadas por la mayoría de las empresas es muy amplio, abarca desde el uso de aquellas tecnologías para preparar documentos y transportar bienes, a aquellas tecnologías representadas en el producto mismo.

Además, la mayoría de las actividades de valor usan una tecnología que combina varias sub-tecnologías diferentes que implican diversas disciplinas científicas. La flotación, por ejemplo, implica metalurgia, electrónica y mecánica. El desarrollo de la tecnología consiste en un rango de actividades que pueden ser agrupadas de manera general en esfuerzos por mejorar el producto y el proceso. El desarrollo de tecnología tiende a estar asociado con el departamento de ingeniería o con el grupo de desarrollo, ocurre reiteradamente en muchas partes de una empresa, aunque no se reconozca explícitamente. El desarrollo de tecnología es importante para la ventaja competitiva en todos los sectores industriales, siendo la clave en algunas. En el cobre, por ejemplo, la tecnología del proceso de la empresa es el factor más importante en la ventaja competitiva.

- Administración de recursos humanos

La administración de recursos humanos consiste de las actividades implicadas en la búsqueda, contratación, entrenamiento, desarrollo y compensaciones de todos los tipos de personal. Respalda tanto a las actividades primarias como a las de apoyo (ej. contratación de ingenieros) y a la cadena de valor completa (ej. negociaciones laborales.)

Las actividades de administración de recursos humanos ocurren en diferentes partes de una empresa, como sucede con otras actividades de apoyo. La administración de recursos humanos afecta la ventaja competitiva en cualquier empresa, a través de su papel en determinar las habilidades y motivación de los empleados y el costo de contratar y entrenar. En algunos sectores industriales sostiene la clave de la ventaja competitiva.

- Infraestructura de la empresa

La infraestructura de la empresa consiste de varias actividades, incluyendo la administración general, planificación, finanzas, contabilidad, asuntos legales gubernamentales y administración de calidad. La infraestructura, a diferencia de las otras actividades de apoyo, normalmente apoya a la cadena completa y no a actividades individuales.

La filosofía de la cadena de valor permite examinar en forma sistemática todas las actividades y procesos que una empresa desempeña y cómo interactúan para conocer las fuentes de ventajas competitivas con las que cuenta.

En una empresa minera típica, la cadena de valor estaría definida de la siguiente manera:



Figura 37 Esquema de los componentes de la cadena del valor del negocio

10.4 Modelo de valor total

Modelo de valor: es la combinación de cosas y experiencias que crean en el cliente una percepción del valor total recibido por la empresa.

No podemos hablar de calidad, sin pensar en un modelo de valor, donde el producto y sus circunstancias son cosas inseparables. El desafío es superar la brecha que existe, entre lo que valora la empresa, (personal, proveedores, vendedores, etc.) y lo que el cliente aprecia, adaptando a sus expectativas nuestro concepto de valor total.

Resulta arrogante creer, que podemos saber perfectamente lo que el cliente valora sin preguntárselo. Conocer al cliente es la manera de empezar cualquier proceso que tenga como meta satisfacerlo, porque es mucho más rápido y económico consultarlo, que experimentar por el método de prueba y error.

El silencio del cliente no debe ser tomado como un síntoma de satisfacción, porque 96% de los clientes insatisfechos no se quejan, aunque transmitirán su frustración a 11 personas aproximadamente. En cambio aquellos que estén satisfechos lo dirán a lo sumo a 3 personas.

Al margen del valor que nosotros le adjudiquemos a lo que entregamos; el cliente es quien tiene el voto final y vota con su dinero.

10.5 Escala de valor del cliente

Podemos hablar de cuatro niveles que representan el efecto que lo recibido produce en el cliente.

Básico. Son los atributos mínimos, sin ellos no tiene sentido alguno entrar en competencia. Sin embargo existen empresas en este nivel cuando gozan de privilegios y se forma un monopolio u oligopolio.

Esperado. Son los atributos que los clientes están seguros de recibir.

Deseado. Son los atributos que el cliente no necesariamente espera pero conoce y aprecia.

Imprevisto. Son los atributos excepcionales que agregan valor sorpresa para el cliente, una vez que el cliente los conozca, se convertirán en deseados. Es en este nivel es donde comienza la excelencia.

10.6 Plan de acción básico para la creación de valor

La creación de valor dentro de la cadena de valor puede lograrse por medio de la creación de un margen hacia el cliente interno, o sea generando valor al trabajo que se realiza diariamente, hacia el cliente que se encuentra dentro de la empresa, indicado en la **Figura 38**.

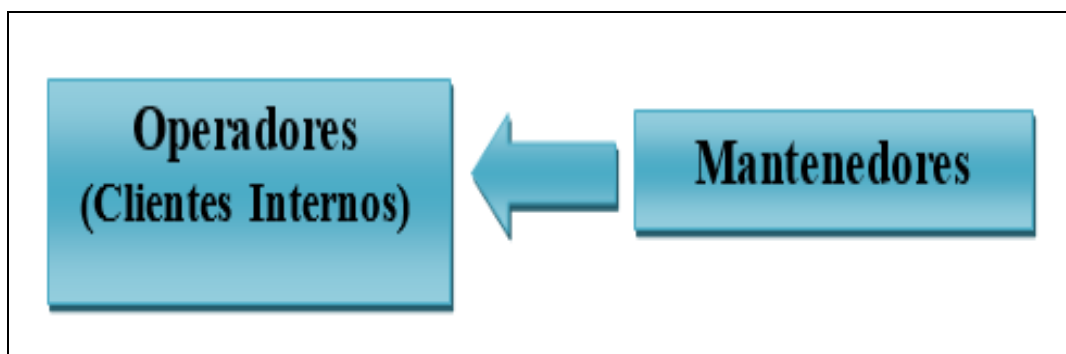


Figura 38 Ciclo de acción de creación de valor

Definir nuestro modelo de valor puede transformarse en un debate entre lugares comunes y divagaciones cósmicas. Para evitarlo podemos concentrarnos en estos cuatro pasos:

- Investigar los atributos valorados por el cliente.
- Determinar el peso individual que el cliente le da a esos atributos.
- Comparar nuestra posición con la de nuestros competidores en dichos atributos.
- Proponer nuestro propio modelo para superar la propuesta de valor de la competencia.

Para diseñar modelos de valor, es necesario reunirse en grupos y deben hacerse preguntas como:

- ¿Qué cosas de las que hago son valoradas por el cliente? (Sumar valor)
- ¿Qué cosas que el cliente no valora puedo suprimir? (Bajar costos)
- ¿Qué podemos hacer para agregar valor para el cliente en nuestra actividad? (Definir objetivos)
- ¿Cómo lo voy a medir? (Establecer metas y parámetros)
- ¿Por cuál empezamos? (Ordenar las prioridades).

10.7 La calidad

La calidad significa aportar valor al cliente, esto es, ofrecer condiciones de uso del producto o servicio superiores a las que el cliente espera recibir y a un precio accesible. También, la calidad se refiere a minimizar las pérdidas que un producto pueda causar a la empresa, mostrando cierto interés por parte de la empresa a mantener la satisfacción del cliente.

Todas las organizaciones a nivel mundial están certificando la norma ISO 9001 de Gestión de Calidad, la cual está diseñada para organizaciones de cualquier tamaño y sector.

La norma **ISO 9001** es la base del sistema de gestión de la calidad, ya que es una norma internacional y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

Un sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008 ayuda a controlar y gestionar de forma continua la calidad en todas sus operaciones. Como es la norma de Gestión de Calidad más reconocida en todo el mundo, establece los métodos para obtener un desempeño y servicio constantes, al tiempo que sirve como índice de referencia. Con la norma ISO 9001 se puede establecer procesos que permiten mejorar el modo en que trabaja la empresa a todos los niveles.

Los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta acreditación porque de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad (SGC).

Al mejorar los sistemas de gestión de calidad, la empresa podrá aumentar positivamente su rentabilidad y si la empresa demuestra que está realmente comprometido con la calidad de los productos y servicios, podrá transformar su cultura empresarial, ya que como resultado, los trabajadores entenderán la necesidad de mejorar continuamente.

La norma ISO 9001:2008 se basa en ocho principios de gestión de calidad:

- Enfoque al cliente.
- Liderazgo.
- Participación del personal.
- Enfoque basado en procesos.
- Enfoque de sistema para la gestión.
- Mejora continua.
- Enfoque basado en hechos para la toma de decisión.
- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

Algunas de las ventajas al estar certificado con la norma ISO 9001 de Gestión de Calidad son:

- Permite a la empresa convertirse en un competidor más constante en el mercado.
- Una mejor Gestión de la Calidad le ayuda a satisfacer las necesidades de los clientes.
- Los métodos más eficaces de trabajo le ahorran tiempo, dinero y recursos.
- Un mejor desempeño operativo reduce errores y aumenta los beneficios.
- Motiva y aumenta el nivel de compromiso del personal con procesos internos más eficientes.
- Consigue clientes de más valor con un mejor servicio de atención al cliente.
- Amplía las oportunidades de negocio demostrando conformidad con las normas.

La certificación de la norma ISO 9001:2008 permite demostrar alto nivel de calidad de servicio, además, un certificado ISO 9001 válido demuestra que la empresa sigue los principios de gestión de calidad internacionalmente reconocidos.

11. Desarrollo sustentable del negocio minero

11.1 Introducción

El desarrollo sustentable es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida. Para competir en mercados nacionales y extranjeros el sector productivo debe incorporar la sustentabilidad en sus operaciones, relaciones con los trabajadores y la comunidad.

11.2 Conceptos y metas del desarrollo sustentable

La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, establecida por las Naciones Unidas en 1983, definieron el desarrollo sustentable como el *"desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades"*. En Chile se utiliza la palabra "sustentable" como un anglicismo de la palabra "sustainable", referida a algo capaz de sostenerse indefinidamente en el tiempo sin agotar nada de los recursos materiales o energéticos que necesita para funcionar. Por esta razón, también muchos autores y publicaciones extranjeras hablan de "sostenible".

El desarrollo sustentable implica pasar de un desarrollo pensado en términos cuantitativos, basado en el crecimiento económico, a uno de tipo cualitativo, donde se establecen estrechas vinculaciones entre aspectos económicos, sociales y ambientales, en un renovado marco institucional democrático y participativo, capaz de aprovechar las oportunidades que supone avanzar simultáneamente en estos tres ámbitos, sin que el avance de uno signifique ir en desmedro de otro. Es lo que algunos académicos y autoridades han comenzado a llamar el *"círculo virtuoso del desarrollo sustentable"*, basándose en casos donde se han logrado superar los antagonismos entre crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental, reforzándose mutuamente y con resultados satisfactorios para todas las partes involucradas (es decir, relación ganar - ganar).

11.3 Dimensiones del desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable implica avanzar simultáneamente en cinco dimensiones: económica, humana, ambiental, institucional y tecnológica. Las características de este proceso serán diferentes dependiendo de la situación específica en que se encuentre un determinado país, región o localidad.

Dimensión económica.

La actividad económica bajo la perspectiva de la sustentabilidad no puede seguir funcionando bajo el lema de "pase lo que pase, el negocio continúa". Se debe avanzar para cambiar el paradigma de "el que contamina paga" al de "lo que paga es prevenir la contaminación". El mercado puede aprovechar a su favor y en favor del desarrollo sustentable las oportunidades que supone la aplicación de regulaciones ambientales nacionales e internacionales, la puesta en marcha de procesos de producción más limpia y eficiente y la agregación de valor a las materias primas. En un esquema de sustentabilidad lo que cuenta no es el crecimiento de la producción sino la calidad de los servicios que se prestan.

Dimensión humana.

El desarrollo sustentable se orienta a una mejor calidad de vida (superar la pobreza, satisfacer las necesidades básicas humanas e igualar los ingresos), reasignando los recursos económicos para atender estas necesidades. La reducción de la pobreza necesitará un crecimiento económico considerable, a la vez que desarrollo, pero las limitaciones ecológicas son reales y este mayor crecimiento de los pobres tiene que compensarse con una estabilización de la producción para los ricos. Asimismo es de máxima importancia lograr la estabilidad demográfica, detener el sobreconsumo, y avanzar hacia la formación del capital humano y social.

Dimensión ambiental.

No es posible concebir el desarrollo ni la vida humana sin el sustento de la naturaleza. Los modelos de desarrollo están inevitablemente vinculados a lo ecológico y ambiental. En un modelo sustentable la utilización de los recursos naturales y energéticos se limita a la capacidad de regeneración de éstos y la generación de los residuos a la capacidad de asimilación del ecosistema.

Dimensión institucional.

Un escaso nivel de representatividad de la población en las iniciativas y la acción del Estado así como un excesivo centralismo son claramente insustentables. La sustentabilidad implica realizar progresos significativos en la descentralización política administrativa de las decisiones, para estimular nuevas formas de organización y participación ciudadana.

Dimensión tecnológica.

Se requiere una aceleración de la innovación y el desarrollo tecnológicos para reducir el contenido en recursos naturales de determinadas actividades económicas, así como para mejorar la calidad de la producción. La dimensión tecnológica implica la búsqueda y cambio hacia tecnologías más eficientes en el caso de los países industrializados y el desarrollo de tecnologías más eficientes y limpias en países en vías de rápida industrialización. En los países en desarrollo con economías basadas en la agricultura, es necesario desarrollar tecnologías apropiadas y de pequeña escala para el incremento de la productividad agrícola.

Introducción a la actividad.

Los participantes guiados por el instructor individualmente o en grupos, deberán definir qué entiende por desarrollo sustentable y, además deberán mencionar y definir las dimensiones del desarrollo sustentables, que son un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida.

El objetivo de la actividad es evaluar el grado de entendimiento del participante sobre el desarrollo sustentable que definió la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, establecida por las Naciones Unidas en 1983.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla

Identificar conceptos y metas del desarrollo sustentable, según estándares y requerimientos.

Estrategia Metodológica para el Instructor

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

Recurso Plataforma Web	
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 22

Materiales y Recursos

Notebook

Data

Lápiz

Actividad impresa

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá guiar a los participantes, entregando instrucciones claras sobre cómo proceder en la evaluación escrita, respondiendo cualquier duda sobre la actividad a desarrollar.

El instructor deberá explicar a los participantes la importancia de entender lo que es el desarrollo sustentable, referida a algo capaz de sostenerse indefinidamente en el tiempo sin agotar nada de los recursos materiales o energéticos que necesita para funcionar.

Las tablas donde el participante deberá responder son las siguientes:

Defina que es Desarrollo Sustentable	
---	--

Tabla 23

Nombre de la dimensión	Definición de la dimensión

Tabla 24

Cierre

Los participantes deben comprender la importancia de entender las causas y consecuencias en los incidentes y accidentes que ocurren dentro de la organización situación.

El instructor deberá resaltar en la clase a los participantes la importancia del desarrollo ambiental, la cual es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida.

El participante deberá comprender que las industrias para competir en mercados nacionales y extranjeros, el sector productivo debe incorporar la sustentabilidad en sus operaciones, mejorando las relaciones con los trabajadores y la comunidad.

12. Planificación del negocio minero

12.1 Introducción

La Planificación del Negocio Minero es una herramienta para tomar decisiones y es necesario establecer los modelos básicos necesarios para su desarrollo. Sin embargo, debido al grado de complejidad en la planificación del negocio minero, muchas decisiones se toman en escenarios de gran incertidumbre. La misión de los geólogos es determinar dónde está el depósito de mineral y cuáles son sus características. El trabajo de los ingenieros es cómo llegar al depósito y como extraer el mineral. Errores en las características del depósito o en su ubicación tiene impacto en el trabajo de los ingenieros. Los dos trabajos son diferentes pero complementarios y debe existir un flujo de información entre ellos para obtener el resultado deseado y evitar tensiones. Un modelo que normalmente se aplican en la Planificación del Negocio Minero es la que muestra la Figura 39:

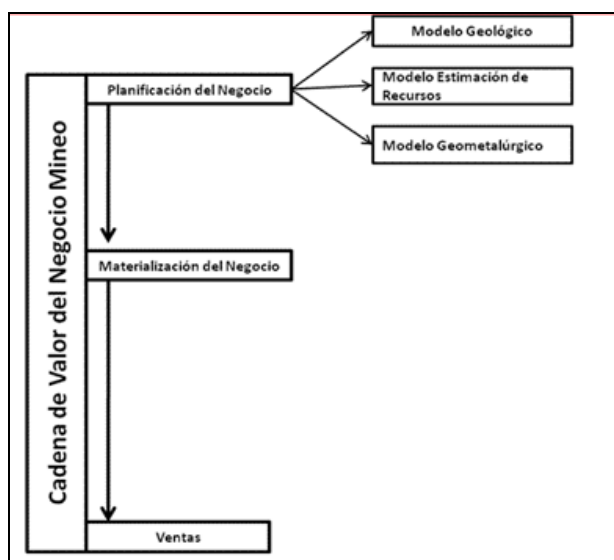


Figura 39 Planificación del negocio minero

El modelo *Geológico* sirve de punto de partida para la realización de la planificación minera y de los planos de producción. Sirve para determinar dónde y cómo realizar la extracción y se puede representar la distribución espacial de los minerales, accidentes tectónicos, geomorfológicas, etc.

El modelo *Estimación de Recursos Mineros* tiene por objeto obtener una estimación sin sesgo en volúmenes, leyes, tonelajes y cantidad de mineral o metal. La estimación de los recursos mineros es dependiente de la calidad de los datos, de la calidad del modelo geológico y está limitada por el número de muestras disponibles.

El modelo *Geometalúrgico* es básico para el diseño de plantas metalúrgicas. Las empresas mineras requieren realizar pruebas metalúrgicas como complemento de la caracterización de los yacimientos realizada por los dos modelos anteriores, los cuales por si solos, no garantizan el éxito del negocio. Se requiere de un desarrollo con una adecuada planificación geometalúrgica que minimice la incertidumbre y los riesgos.

Por medio de pruebas metalúrgicas se debe definir, entre otras, la mineralogía, fracturación, tamaño máximo de alimentación a la planta y rendimiento a la disolución con solventes, etc.

12.2 Materialización del negocio

En la etapa de Materialización del Negocio se desarrolla la Planificación de Corto Plazo y la Explotación de la mina. El flujo de información entre geólogos e ingenieros es fundamental para el éxito del negocio y se da en cada una de las etapas de la planificación.

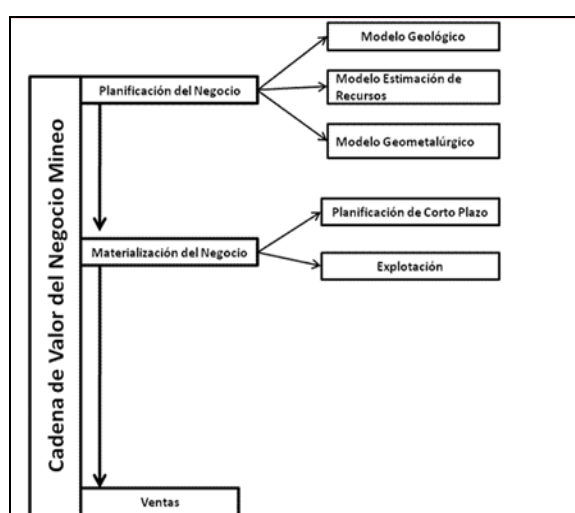


Figura 40 Materialización del negocio

La materialización del negocio continúa a través del beneficio del mineral, indicado en la Figura 41:

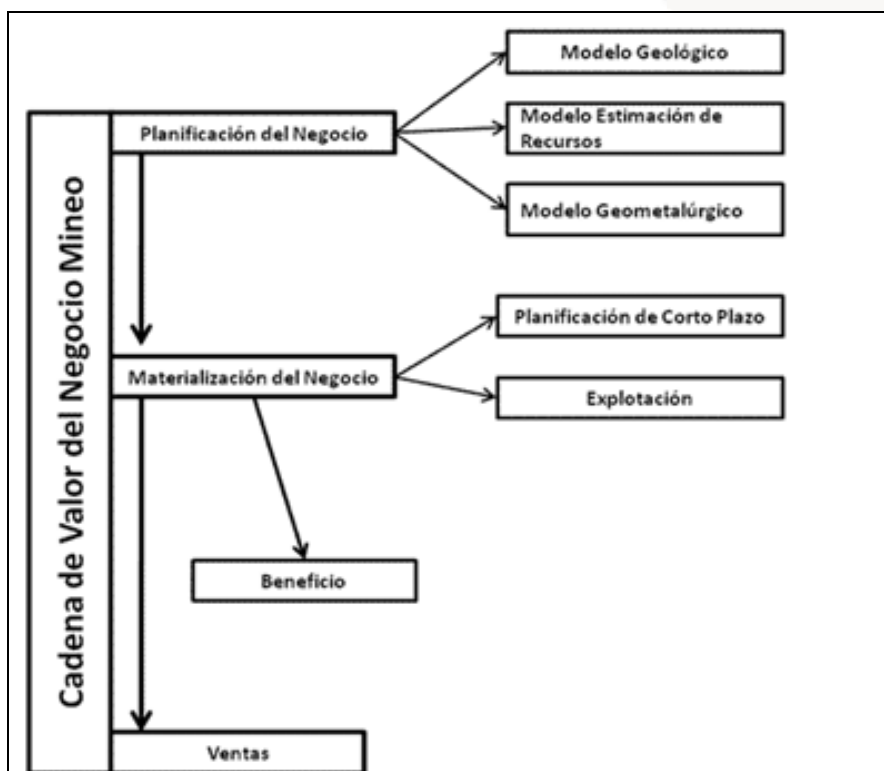


Figura 41 Beneficio del mineral

Cuando se pasa de la etapa de desarrollo de la operación minera a la etapa de producción del mineral aparece el problema de control de la calidad del mineral a extraer de la mina, la cual debe mantenerse con la menor variabilidad posible a través del tiempo y en todos los turnos operacionales. La variabilidad influye directamente en el beneficio del mineral. Para lograr la mayor recuperación posible del mineral de interés y la eliminación de elementos indeseables es necesario mantener una constancia en su calidad a través de las etapas de Concentración, Fundición y Refinación.

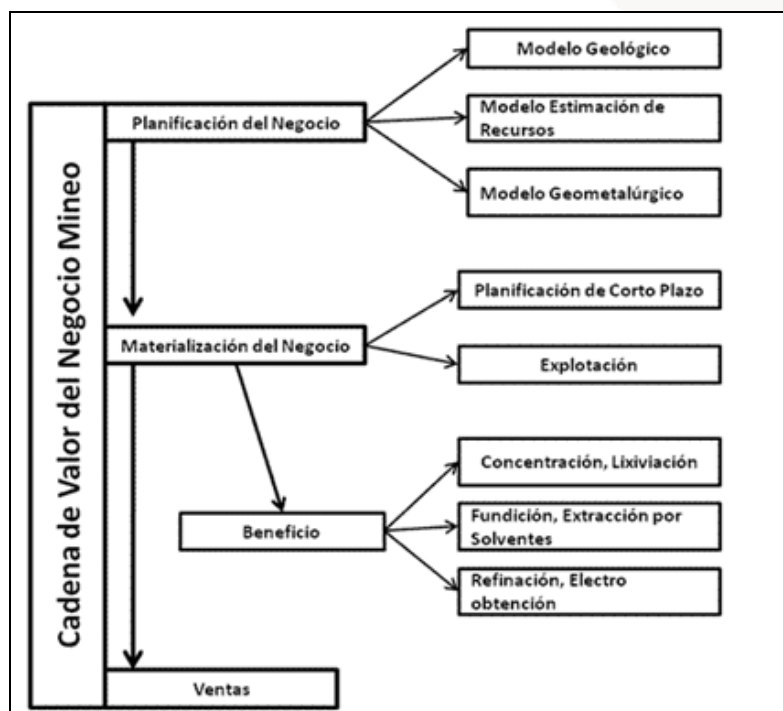


Figura 42 Etapas del beneficio de mineral

El control de la variabilidad de la calidad del mineral y el control de la variabilidad de los procesos es fundamental para lograr la mejor recuperación posible.

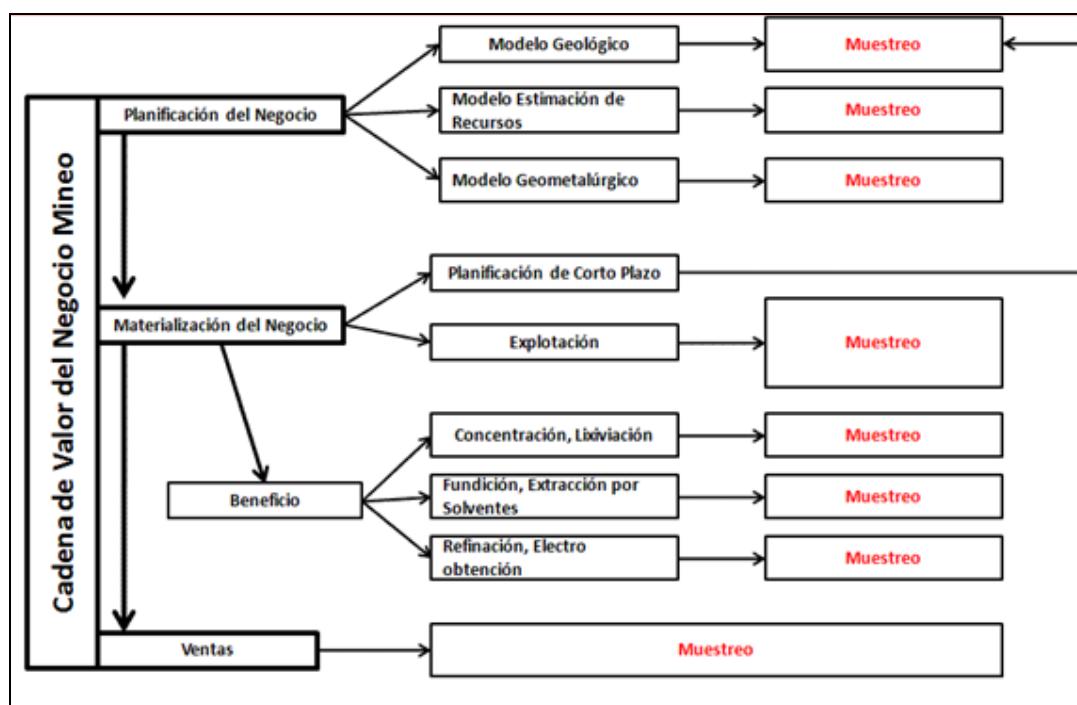


Figura 43 Éxito del negocio minero

El muestreo es una operación fundamental y necesaria para el éxito del negocio minero. A través del muestreo se obtienen los datos, que una vez analizados, entregan la información necesaria destinada a la toma de decisiones para cada una de las etapas de la cadena de Valor del Negocio minero. Debido a la magnitud de los recursos e inversión involucrada en la toma de decisiones, el muestreo es indispensable para disminuir la incertidumbre y facilitar las decisiones que aseguren un buen manejo de los recursos implicados. Las definiciones de lo que es incertidumbre y certidumbre es:

a) Incertidumbre: Grado de incerteza que acompaña a la toma de decisiones debido a que el conocimiento es incompleto, y hace más difícil y de mayor riesgo la decisión. La incertidumbre se deriva fundamentalmente de información incompleta, fuentes poco confiables y hechos imprecisos, vagos o difusos.

b) Certidumbre: Condición que predomina cuando se está plenamente informado acerca de un problema, se conocen soluciones alternativas y se sabe cuáles serán los resultados de cada solución. Esto significa que se conoce a fondo el problema y las soluciones alternativas lo cual facilita la toma de decisiones en el momento oportuno.

Obviamente la condición de certidumbre es muy difícil de que se dé en el trabajo de la minería, de ahí la importancia de disminuir el grado de incerteza por medio de la obtención de la mayor cantidad de información posible a través de muestreos de distintos tipos y clases y el análisis de los datos así obtenidos.

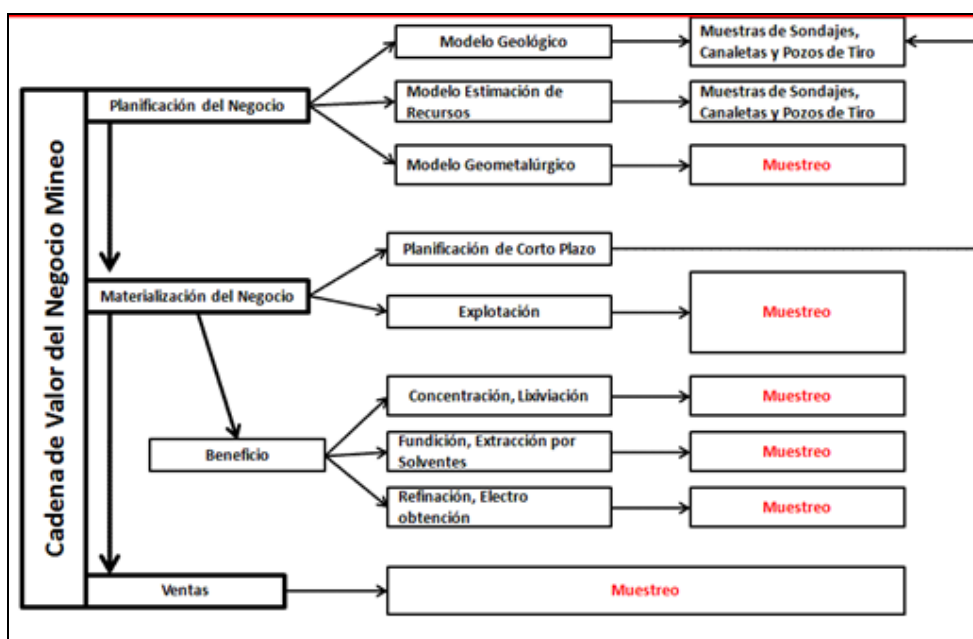


Figura 44 Muestreo de modelo geológico y modelo estimación de recursos

En la Figura 44 observamos en los Modelos Geológico y Estimación de Recursos, las muestras de Sondajes, Canaletas y Pozos de Tiro. Estas muestras están destinadas a las Planificaciones Mineras de Largo Plazo y Mediano Plazo y son fundamentales. La Planificación de Largo Plazo se define en función de la estrategia de la empresa. Se realiza un modelo con la vida aproximada de la mina e implica una gran incertidumbre. Se definen reservas mineras, ley de corte, vida útil, explotación de la mina, inversiones relacionadas con la capacidad de la mina.

La Planificación Minera de Largo Plazo se complementa con el Modelo Geometalúrgico en el cual se toman muestras especiales para determinar el tamaño de la Planta y los equipos requeridos para su operación (Figura 45).

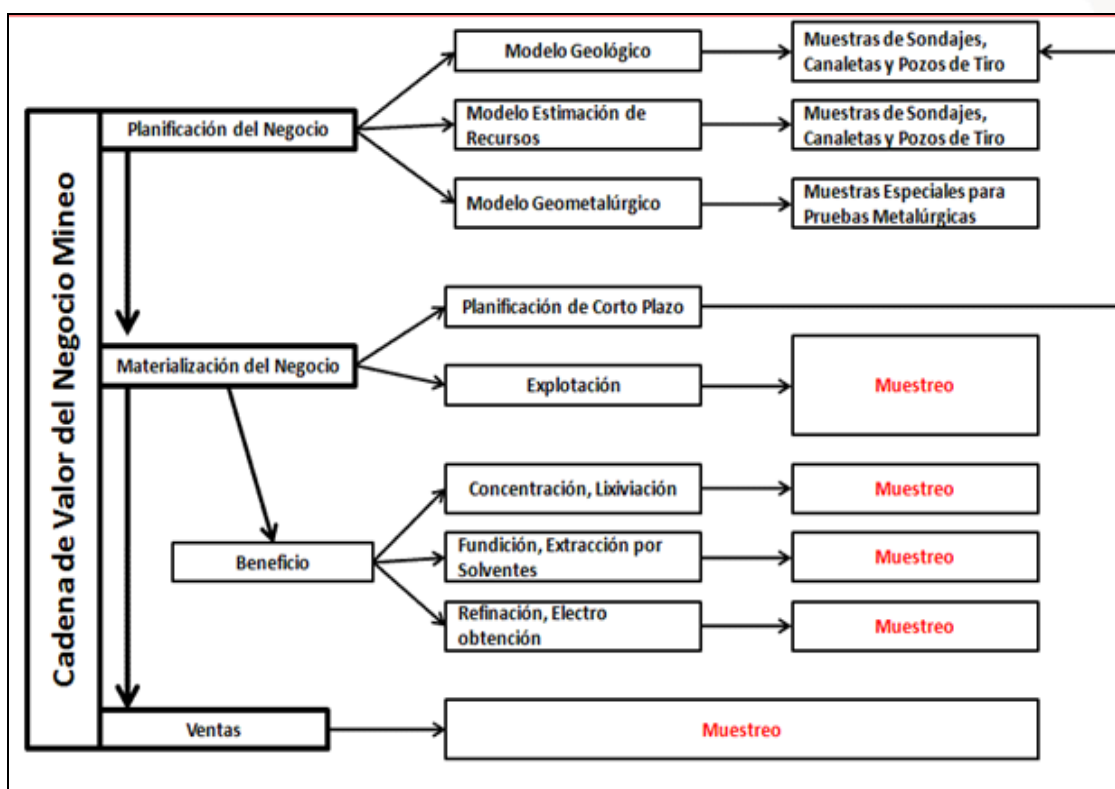


Figura 45 Planificación minera largo plazo

El Plan Minero de Mediano Plazo, de menor incertidumbre que el Plan de Largo Plazo, debe efectuar una conciliación con la información del Plan de Corto Plazo con las metas establecidas en el Plan de Largo Plazo. En este plan se deben definir el detalle de los equipos y la explotación año a año y mes a mes.

En el Plan Minero de Corto Plazo se analizan la extracción de maneras diaria, semanal y mensual. Se ve lo que está ocurriendo en la operación de la mina y se administra el mineral que va a la planta. Esto, por supuesto, significa variabilidad en las características del mineral que va a la planta (leyes, mineralogía, dureza, granulometría, humedad, etc.)

El comportamiento de la incertidumbre, como vemos en la Figura 46, disminuye en la medida que la información aumenta:

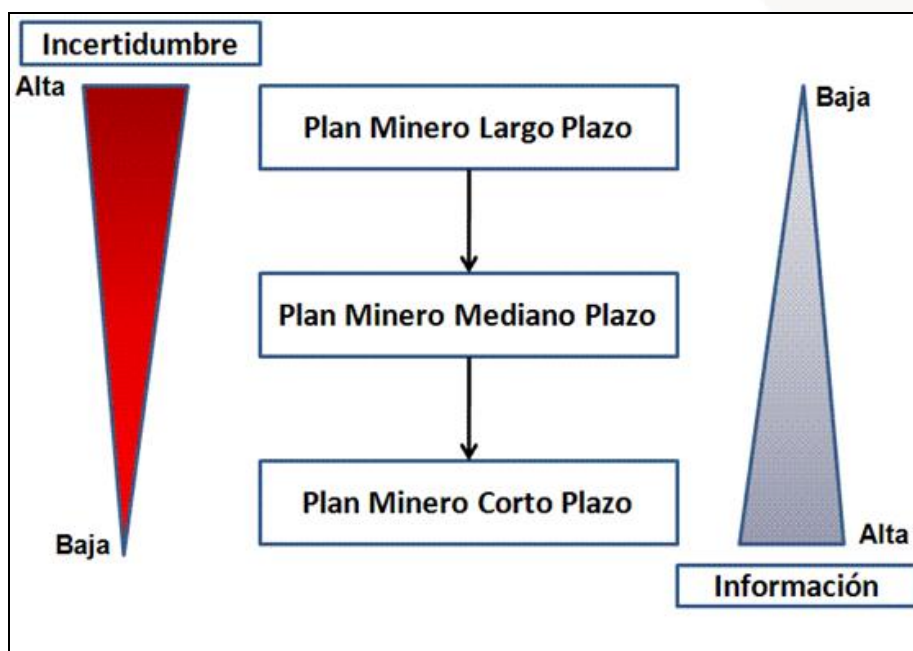


Figura 46 Comportamiento de la incertidumbre

La Materialización del Negocio Minero continúa con la Explotación. La información para la Explotación se obtiene a través de los datos y análisis de datos obtenidos de los muestreos de pozos de tiro, muestras de puntos de extracción y el muestreo de material particulado, indicado en la Figura 47.

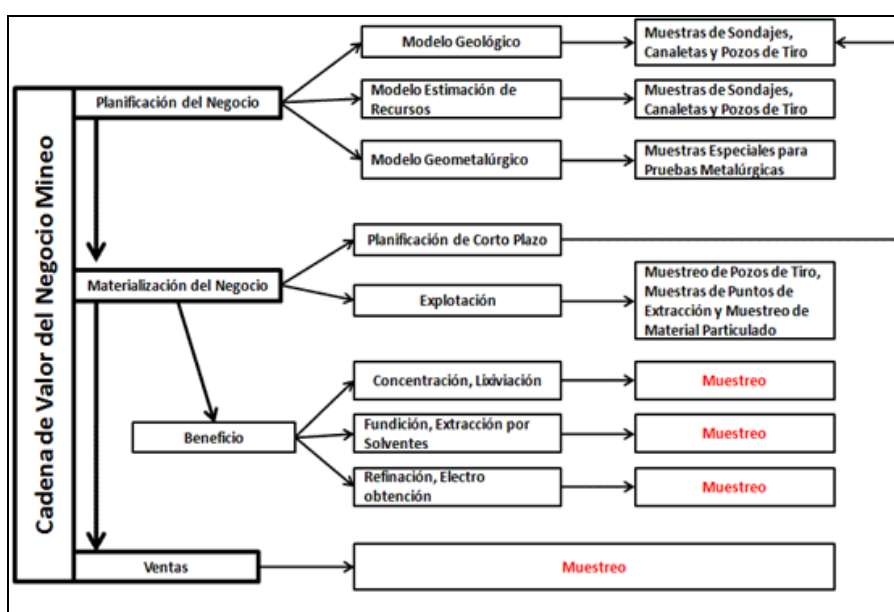


Figura 47 Explotación de mineral

La información para las operaciones que involucran el beneficio del mineral se obtiene de los datos generados por los distintos muestreos a realizar, dependiendo el tipo de operación que se deba efectuar, Figura 48.

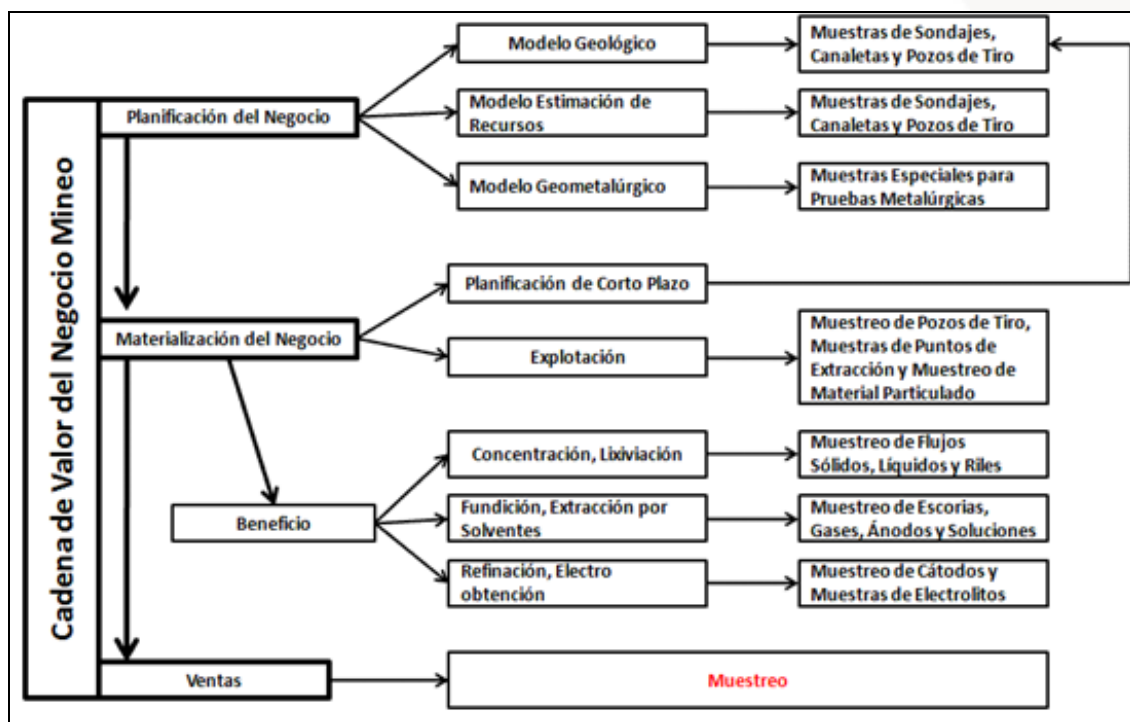


Figura 48 Operaciones unitarias del proceso

La calidad de las muestras extraídas, la generación de los datos y sus análisis son fundamentales en el éxito del negocio minero. Hemos visto que las muestras de sondajes, canaletas y pozos de tiro se usan en las Planificaciones de Largo Plazo, Mediano Plazo y Corto Plazo. Estas muestras son tan importantes que en muchas empresas los Departamentos de Geología usan Materiales de Referencia para asegurarse que los resultados que los laboratorios les informan de sus muestras geológicas son el fiel reflejo del contenido real de dichas muestras, ejemplo leyes, granulometría, etc.

Los materiales de referencia son muestras cuyo contenido se conoce. En el conjunto de las muestras enviadas a los laboratorios, para ser analizadas ya sea desde el punto de vista de sus características químicas o físicas, se introduce una de estas muestras y si el resultado del análisis efectuado no corresponde al de esta muestra en particular, los informes de las determinaciones realizadas al resto de las muestras quedan en duda. En estos casos se debe pedir a los laboratorios que corresponda, la revisión de sus procedimientos con objeto de asegurar la calidad de la información, que como hemos dicho, es fundamental para el éxito del negocio minero.

Las muestras de pozos de tiro, de los puntos de extracción del mineral y de material particulado están relacionadas con la explotación diaria de la mina y el envío de mineral a las plantas para su procesamiento.

¿Son importantes para el éxito del negocio minero las muestras de flujos sólidos y líquidos?

Veamos algunos ejemplos de la información que se puede obtener de ellas y sus consecuencias:

Muestras de flujos sólidos: generalmente corresponden a operaciones de plantas de chancado. Estas muestras normalmente son usadas para determinar tanto la granulometría y humedad del mineral que entra y sale de la planta.

El muestreo de los cátodos: entrega información con respecto al proceso de fabricación, su calidad y cumplimiento de las bases establecidas en los contratos con los distintos clientes.

12.3 Ventas

En la Figura 49 se aprecian los muestreos correspondientes a la venta de los productos finales.

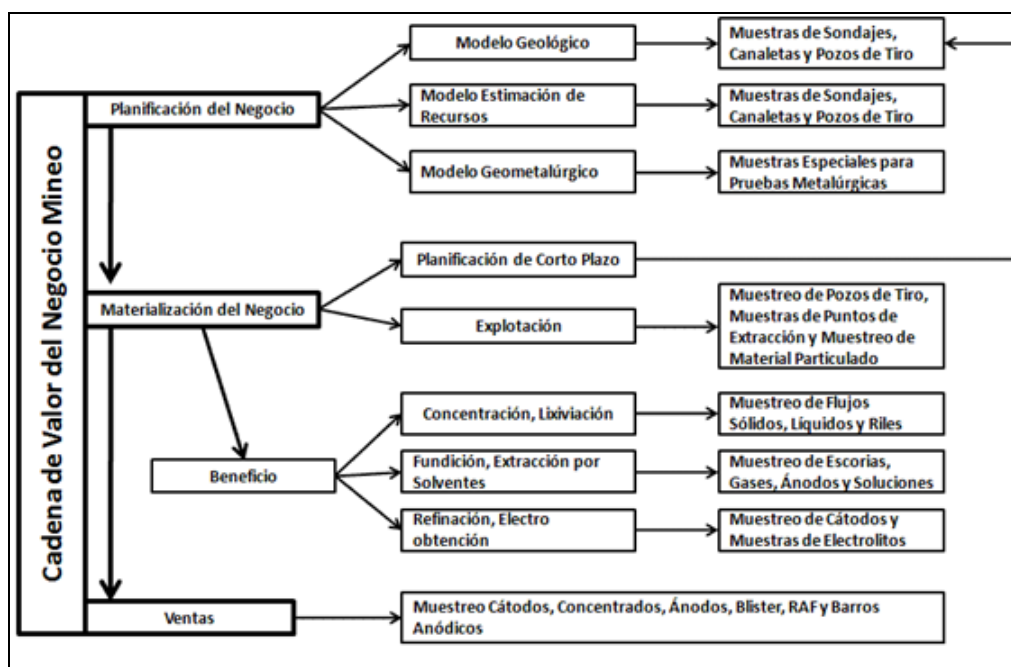


Figura 49 Venta de productos finales.

Los cátodos, concentrados, ánodos, blister, RAF y barros anódicos son productos finales. Sus muestreos entregan la información en relación a si cumplen o no con las bases establecidas en los contratos con los clientes. Si no cumplen con estas bases pasan a ser productos rechazados o se venden a menor precio. (Por ejemplo, los ánodos rechazados se pueden vender como blíster, asumiendo la pérdida respectiva por la diferencia de precio de ventas)

13. Procesos productivos en una planta concentradora

13.1 Aspectos generales

En general, se define como proceso productivo la actividad o conjunto de actividades sobre las cuales interactúan diversos factores externos o internos que permitirán obtener resultados o productos.

El objetivo final de una planta concentradora es obtener un producto en cantidad y calidad definida previamente según estudios geológicos, metalúrgicos y de mercado. Este objetivo puede ser dividido en sub objetivos, donde a cada uno de ellos podemos asociar a un proceso, el cual tiene asociado un conjunto de actividades.

Se debe garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física, humana y ambiental.

Cabe destacar que el principal insumo y a la vez producto de cada proceso productivo es la información, la que según su calidad y cantidad permitirá llevar a cabo los procesos productivos con el más alto potencial de éxito posible.

13.2 Esquema Proveedores – Proceso - Clientes

Un modelo de gestión usado en la minería es definir cada proceso en forma independiente, el cual cuenta con sus proveedores y clientes. Entonces, cada proceso tendrá sus entradas que serán abastecidas o entregadas por los proveedores y deberá generar sus salidas para satisfacer las necesidades de sus clientes.

Los clientes son los principales condicionantes del proceso, ya que definen las exigencias de calidad y cantidad de las salidas que un proceso entregará. Pero los proveedores también juegan un papel importante, ya que para un proceso que genere salidas de buena calidad, las entradas suministradas por los proveedores deben ser también de buena calidad.

Es fundamental que para que las entradas y las salidas de un proceso sean de buena calidad debe haber un flujo permanente de información entre proveedores, clientes y el proceso.

El buen rendimiento final de una operación dependerá de que cada proceso obtenga resultados que cumplan o superen las expectativas de sus clientes internos y externos.

Algunos de los factores que con mayor frecuencia estarán presentes, como entradas o salidas, en todo proceso productivo en la planta son los siguientes:

Características mineralógicas de la roca

Las características que tengan las rocas (menas y gangas) involucradas en una operación en particular será una información de entrada en cada proceso relacionado con la conminución y recuperación, ya que condicionará la reducción de tamaño, liberación de la partícula útil, consumo de energía e insumos, y la secuencia de operación.

Características del material removido

La dureza y abrasividad de la roca influirán en el rendimiento y costos de todos y cada uno de los procesos productivos; por ejemplo, es muy diferente perforar roca dura que roca blanda, así como también las estructuras presentes influyen en la calidad de la perforación. Adicional a lo anterior existe un deterioro variado en los aceros de los baldes, tolvas y equipos de la planta (bombas).

Planificación

La correcta planificación de la producción permitirá que el rendimiento de los equipos sea el adecuado. A su vez, la planificación como cliente requerirá información de las operaciones en forma de reporte de operación, recuperación, disponibilidades, etc. para así poder proyectar a futuro los movimientos de materiales y disposición de recursos requeridos. La planificación siempre debe apuntar a los objetivos estratégicos del negocio y no a las tácticas de corto plazo.

Suministros de insumos

La disponibilidad de suministros de insumos para la operación es fundamental. La adecuada programación de las actividades permitirá definir y mantener una buena gestión en el almacenamiento de suministros de stock, con el fin de que cuando un proceso requiera alguno de ellos, siempre esté disponible (concepto stock mínimo).

Servicio equipos auxiliares planta

Los equipos de servicios auxiliares de la planta deben actuar conforme a los requerimientos de operación, esto es, que se encuentren disponibles cuando se les necesite y que no interfieran negativamente en la operación. Por ejemplo, si el mantenimiento de las bombas de pulpas es óptimo, o sea siempre habrá disponibilidad de una bomba stand by, permitirá a los equipos de la planta mejorar la productividad, mejorando sus rendimientos y disminuyendo la probabilidad de detención de planta, disminución de la producción, etc.

Costos

Los costos son los controladores del proceso, ya que son los mejores indicadores de su estado. Deberán ser evaluados según el proceso global y según los procesos parciales, es decir, el costo de un proceso puede ser alto, pero puede permitir que el costo global de la faena sea menor al establecido.

Seguridad, salud y medio ambiente

La seguridad, la salud y el medio ambiente son preocupaciones permanentes en la minería, tanto como entradas y salidas de cada proceso. Además, una operación segura genera bienestar global en el personal de la planta, mejorando el rendimiento operacional en el corto, mediano y largo plazo. Hoy en día estas entidades no deben ser consideradas ajenas a la operación, ya que conforman la acción directa frente al control de pérdidas y bienestar operacional.

Operaciones y funcionamiento global

Las operaciones relacionadas y realizadas antes y después de cada proceso generan productos y resultados útiles para el proceso mismo, ya que cada proceso es parte de una cadena de información, resultados y operación global de faena, por lo tanto dependen una de la otra. Es decir, las salidas de cada proceso afectan el funcionamiento global de la faena, por lo tanto, afectan directamente a todos y cada uno de los procesos.

La operación global de la planta permitirá dar la pauta a las operaciones particulares, en el sentido de definir las estrategias con que se abordará cada una de las situaciones particulares. La idea de globalidad encierra el concepto de equipo de trabajo y no de funcionamiento individual. Por esto, antes de realizar una mejora en un proceso individual, se debe evaluar si ésta, junto a otras actividades, permitirá hacer una mejora global de la operación.

14. Negocio minero como organización económica

El rol del negocio minero en la economía es el de encontrar, delinear y desarrollar depósitos minerales económicos, para luego explotar, procesar y vender los productos que de ellos se obtienen, actividades que deben ser económicamente rentables.

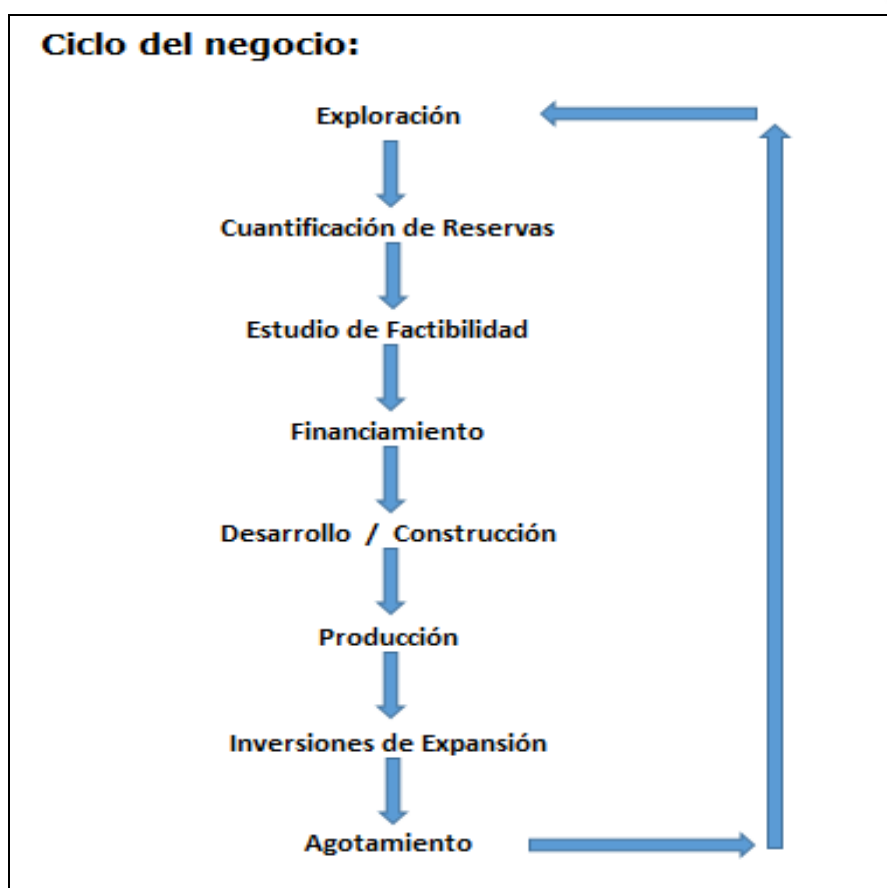


Figura 50 Ciclo del negocio minero.

Asociaremos a este ciclo, conceptos económicos de inversión (costos de inversión), y conceptos de empresa en marcha (costos de operación, ingresos, utilidades).

14.1 Etapas de la inversión

a) Exploración

Es el conocimiento geológico del yacimiento mineral, ya que determina su valor económico bajo las circunstancias actuales del mercado minero mundial. La exploración supone un elevado riesgo económico, principalmente derivado éste del hecho de realización cierta de gastos que solamente

se recuperan en caso de que la exploración minera tenga éxito y derive en una explotación minera fructífera.

b) Cuantificación de reservas

Cuantificar y categorizar las reservas minerales, que inducen a la apertura de una mina, dependiendo de la evaluación técnica, bajo los conceptos de utilidad y rentabilidad económica.

c) Estudio de factibilidad

El estudio de Factibilidad implica:

Evaluación técnica, la cual consiste si existe el proceso y tecnología apropiados para explotar el yacimiento.

Evaluación económica, la cual consiste en evaluar si se obtendrán utilidades económicas por la explotación propiamente tal.

Financiamiento

Toda actividad productiva requiere de un capital asociado a la inversión. Para esto se puede contar con capital propio o capital proporcionado por sus accionistas, o también, puede conseguirlo en el sistema financiero, es decir, a través de los bancos u otras entidades (capital prestado).

Desarrollo y construcción

Una vez tomada la decisión de invertir se inicia la etapa de explotación que incluye la preparación y desarrollo del yacimiento, la construcción de las plantas y su puesta en marcha. En este período se demandan los mayores montos de inversión y es aquel en el que la inversión destinada a obras de infraestructura tiene una fuerte participación.

14.2 Costos asociados al negocio minero

El costo es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio, dicho en otras palabras, el costo es el esfuerzo económico (el pago de salarios, la compra de materiales, la fabricación de un producto, la obtención de fondos para la financiación, la administración de la empresa, etc.) que se debe realizar para lograr un objetivo operativo, en palabras simples *“Se define como el recurso que se sacrifica, o al que se renuncia para alcanzar un objetivo específico”*.

a) Clasificación de costos

Según su asignación

Costos directos: Son los costos que se relacionan directamente con la producción de unidades específicas o líneas de productos y comprenden los salarios del personal y el costo de los insumos empleados para la manufactura.

Costos Indirectos: Los costos indirectos de fabricación como lo indica su nombre son todos aquellos costos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero contribuyen y forman parte del costos de producción: mano de obra indirecta y materiales indirectos, calefacción, luz y energía para la fábrica, arrendamiento del edificio de fábrica, depreciación del edificio y de equipo de fábrica, mantenimiento del edificio y equipo de fábrica, seguro, prestaciones sociales, incentivos, tiempo ocioso son ejemplos de costos indirectos de fabricación

Según su grado de variabilidad

Costos Fijos: Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa, o sea independiente de los cambios en el volumen de producción. Se pueden identificar y llamar como costos de "mantener la empresa abierta", de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa, por ejemplo: Arriendo, amortizaciones o depreciaciones, seguros, impuestos fijos, servicios públicos, sueldos.

Costos Variables: Son aquellos costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividad de la empresa. Son los costos por "producir" o "vender". Por ejemplos: Mano de obra directa, materias primas directas, materiales e insumos directos, impuestos específicos, envases, embalajes y etiquetas, comisiones, bonos de producción, etc.

Módulo IV: Control de Proceso de Flotación en Columnas y Celdas

15. Control de procesos.

15.1 Filosofía de Control.

El objeto de todo proceso industrial es la obtención de un producto final, de unas características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado, cada día más restrictivos. Esta constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo. La misión del sistema de control de proceso es corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto producido.

Para poder anticipar el ajuste correcto de los controladores, es necesario conocer el comportamiento de la planta o proceso que se está controlando. Este comportamiento se define ajustando los parámetros de un modelo matemático de manera que éste describa lo mejor posible dentro de un rango determinado el comportamiento del proceso real.

Determinar el modelo de una planta es un trabajo bastante difícil y normalmente el modelo se hace más complejo mientras mejor se desee describir la planta.

Se llama *Planta* o *Proceso* al dispositivo, maquinaria o etapa que se desea controlar. La planta tiene una o más variables de salida que se desean mantener bajo control, las cuales se llaman variables controladas; también tiene una o más variables de entrada por medio de las cuales se puede actuar sobre ella de manera de controlarla y se llaman variables “manipuladas”. Existen otras variables aleatorias que inciden en las variables controladas y que no se pueden manipular, estas se llaman “Perturbaciones”.

15.2 Objetivo del Control.

El control es una etapa primordial en la administración, pues, aunque una empresa cuente con magníficos planes, una estructura organizacional adecuada y una dirección eficiente, el ejecutivo no podrá verificar cuál es la situación real de la organización si no existe un mecanismo que se cerciore e informe si los hechos van de acuerdo con los objetivos.

El concepto de control es muy general y puede ser utilizado en el contexto organizacional para evaluar el desempeño general frente a un plan estratégico.

Una de las razones más evidentes de la importancia del control es porque hasta el mejor de los planes se puede desviar. El control se emplea para:

Crear mejor calidad: Las fallas del proceso se detectan y el proceso se corrige para eliminar errores.

Enfrentar el cambio: Este forma parte ineludible del ambiente de cualquier organización. Los mercados cambian, la competencia en todo el mundo ofrece productos o servicios nuevos que captan la atención del público. Surgen materiales y tecnologías nuevas. Se aprueban o enmiendan reglamentos gubernamentales.

Producir ciclos más rápidos: Una cosa es reconocer la demanda de los consumidores para un diseño, calidad, o tiempo de entregas mejorados, y otra muy distinta es acelerar los ciclos que implican el desarrollo y la entrega de esos productos y servicios nuevos a los clientes. Los clientes de la actualidad no solo esperan velocidad, sino también productos y servicios a su medida.

Agregar valor: Los tiempos veloces de los ciclos son una manera de obtener ventajas competitivas. Otra forma, aplicada por el experto de la administración japonesa Kenichi Ohmae, es agregar valor. Tratar de igualar todos los movimientos de la competencia puede resultar muy costoso y contraproducente. Ohmae, advierte, en cambio, que el principal objetivo de una organización debería ser “agregar valor” a su producto o servicio, de tal manera que los clientes lo comprarán, prefiriéndolo sobre la oferta del consumidor.

Facilitar la delegación y el trabajo en equipo: La tendencia contemporánea hacia la administración participativa también aumenta la necesidad de delegar autoridad y de fomentar que los empleados trabajen juntos en equipo. Esto no disminuye la responsabilidad última de la gerencia. Por el contrario, cambia la índole del proceso de control.

Para lograr estos objetivos es necesario que se cumplan algunas condiciones:

- ◆ Las variables controladas deben mantenerse dentro de un rango especificado (ejemplo, mantener presión de una caldera).
- ◆ Las variables controladas deben mantenerse dentro de un rango especificado, independiente de las perturbaciones.
- ◆ Contar con sistemas de alarmas que indiquen cuando algunas variables salen fuera de los rangos permisibles.

15.3 Definición de sistema

Para poder anticipar el ajuste correcto de los controladores, es necesario conocer el comportamiento de la planta o proceso que se está controlando. Este comportamiento se define

ajustando los parámetros de un modelo matemático de manera que éste describa lo mejor posible dentro de un rango determinado el comportamiento del proceso real.

Determinar el modelo de una planta es un trabajo bastante difícil y normalmente el modelo se hace más complejo mientras mejor se desee describir la planta.

Un *sistema* es un ordenamiento, conjunto o colección de cosas conectadas o relacionadas de manera que constituyan un todo o que formen una unidad completa que puedan actuar como tal.

La palabra *control* generalmente se usa para designar *regulación*, dirección o comando. Al combinar las definiciones anteriores se tiene: “Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que el mismo pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro sistema”.

El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

- Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
- Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
- Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
- Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

En el sentido más abstracto es posible considerar cada objeto físico como un sistema de control. Cada cosa altera su medio ambiente de alguna manera activa o positivamente.

La *entrada* es el estímulo o la excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, generalmente con el fin, de producir de parte del sistema de control, una respuesta especificada.

La *salida* es la respuesta obtenida del sistema de control. Puede no ser igual a la respuesta especificada que la entrada implica. El objetivo del sistema de control generalmente identifica o define la entrada y la salida. Dadas éstas es posible determinar o definir la naturaleza de los componentes del sistema.

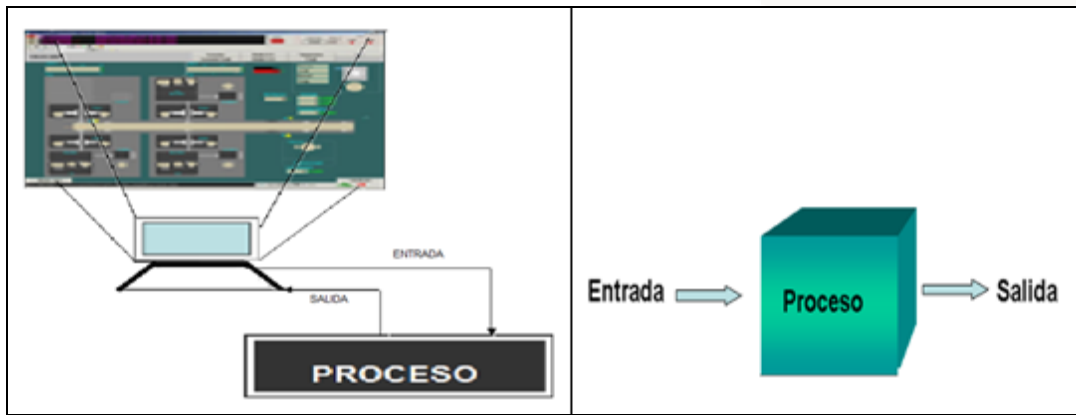


Figura 51 Diagrama de un sistema de control

Los sistemas de control pueden tener más de una entrada o salida. Existen tres tipos básicos de sistemas de control:

1. Sistemas de control hechos por el hombre.
2. Sistemas de control naturales, incluyendo sistemas biológicos.
3. Sistemas de control cuyos componentes están unos hechos por el hombre y los otros son naturales.

Los cuatro componentes básicos de todo sistema de control son:

Sensor, elemento que transforma la manifestación física de la variable controlada en otra que es apta de ser interpretada por el transmisor o directamente por el controlador. También se conoce como elemento primario, mide una variable del proceso.

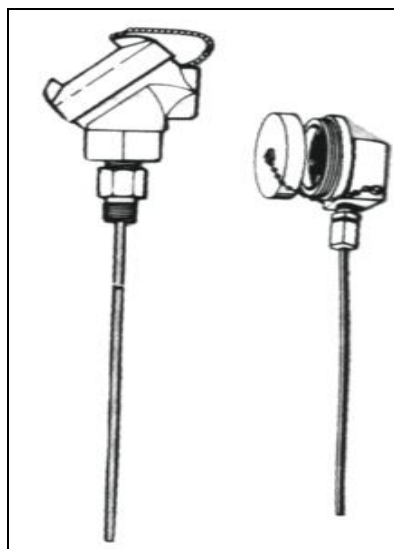


Figura 52 Elementos primarios de medición

Transmisor, elemento que recibe la señal no estandarizada, del sensor y la transforma en señal estandarizada que es apta de ser transmitida a distancia e interpretada por un controlador universal. Se conoce como elemento secundario, convierte la señal del sensor en una señal eléctrica o de aire comprimido o bien una señal digital equivalente.

Los transmisores son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia de un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos.

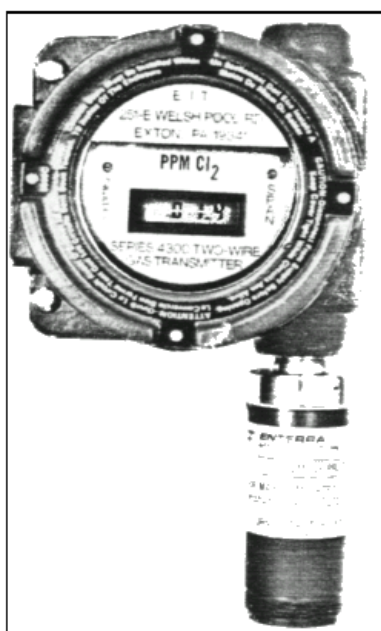


Figura 53 Transmisor

Controlador, su función es computar el error. En base al error, a la tendencia de este y a su historia, corrige la posición del elemento final de control para obtener el valor deseado de la variable controlada. Es el cerebro del sistema de control, compara la señal del proceso con un punto de referencia (set point) y produce una señal de control apropiada a la diferencia detectada (error).

Comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor.

El controlador de procesos es un equipo utilizado como controlador básico, dedicado a comunicar y controlar un grupo reducido de controladores de menor nivel, que realizan la acción de control propiamente tal.

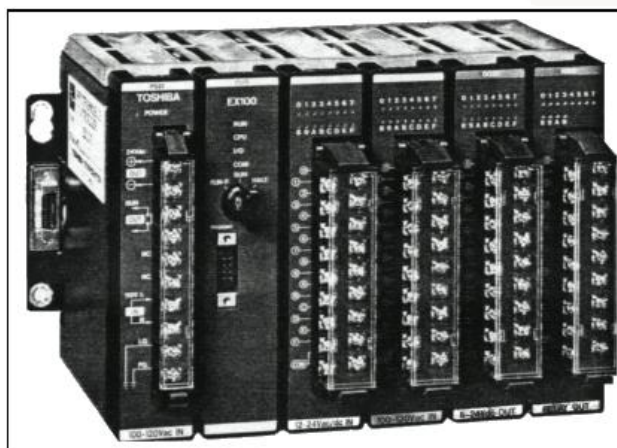


Figura 54 Controlador

Elemento final de control, cambia apropiadamente el valor de la variable manipulada, frecuentemente se trata de una válvula de control aunque no siempre. Otros elementos finales de control comúnmente utilizados son las bombas de velocidad variable, los transportadores y los motores eléctricos. Recibe la señal del controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control.

El elemento actuador, llamado también elemento final de control, está destinado a recibir la señal del controlador y a actuar de acuerdo a ella sobre la variable manipulada del proceso que se está controlando.

En la gran mayoría de los casos, el actuador es un posicionador, pero también puede ser otro elemento.

El actuador de válvula: La válvula junto con su posicionador es el elemento de control final más frecuente. El posicionador o actuador de la válvula puede ser hidráulico, eléctrico o neumático, siendo este último caso el más usado por su gran simplicidad.

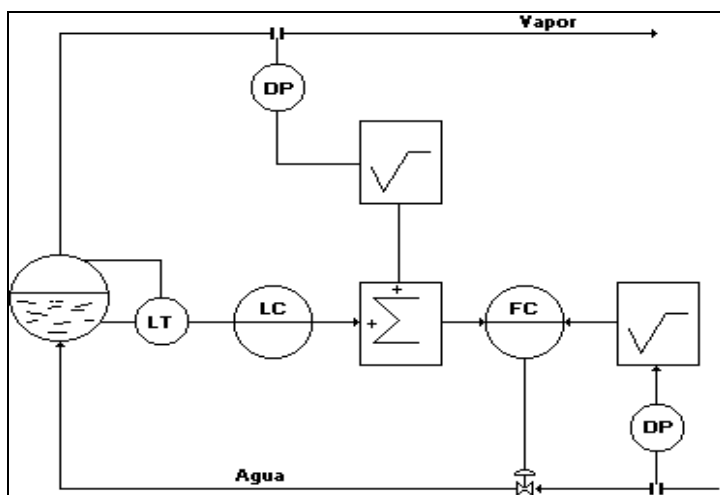


Figura 55 Actuador o elemento final de control

En el control neumático, el elemento suele ser una válvula neumática o un servomotor neumático que efectúa su carrera completa de 3 a 15 psi (0,2 - 1 bar).

En el control electrónico la válvula o el servomotor anteriores son accionados a través de un convertidor de intensidad a presión (I/P) o señal digital a presión.

En el control eléctrico el elemento suele ser una válvula motorizada que efectúa su carrera completa accionada por un servomotor eléctrico.

En el control electrónico y en particular en regulación de temperatura de hornos pueden utilizarse rectificadores de silicio. Estos se comportan esencialmente como bobinas de impedancia variable y varían la corriente de alimentación de las resistencias del horno, en la misma forma en que una válvula de control cambia el caudal de fluido en una tubería.

Las señales neumáticas y electrónicas permiten el intercambio entre instrumentos de la planta. No ocurre así en los instrumentos de señal de salida digital (transmisores, controladores) donde las señales son propias de cada suministrador.

No obstante, existe el propósito de normalización, en particular en los sistemas de control distribuido, por parte de firmas de instrumentos de control (Bailey, Foxboro, Honeywell, Rosemount y otros) que estudian la aplicación de un lenguaje o protocolo de comunicaciones, el MAP (Manufacturing Automation Protocol) desarrollado inicialmente en 1970 para la automatización de una fábrica de automóviles de General Motors, y que permitirá el intercambio de equipos digitales de distintos fabricantes. El protocolo MAP aplicado al control de procesos debe cumplir con las características de señal de 4-20 mA c.c. y alimentación a los instrumentos a través del mismo par de hilos. Existe un comité internacional de normas IEC-65C que recibe la colaboración de comités ISA SP50, ISA SP72 y EUREKA, y que trabajan también en el campo de normalización de las comunicaciones digitales entre los instrumentos de campo y los sistemas de control.

16. Tipos de control de proceso

16.1 Control clásico

En la industria se basa en la existencia de tres instrumentos: Transmisor, Controlador y Válvula de control, relacionados a través del lazo o bucle de retroalimentación, que es único para cada variable controlada del proceso industrial. Existen tantos lazos de control como variables controladas.

16.2 Control digital directo (DDC)

El control digital directo (DDC) es el control automático de una condición o proceso por un dispositivo digital (computadora) o un microprocesador.

La utilización de un procesador digital para controlar un proceso es lo que se llama control digital directo, y es regularmente referido a control de procesos.

En el control digital directo, un computador sustituye al instrumento controlador, efectuando los cálculos de acuerdo con las acciones de control deseadas y enviando las correspondientes señales de salida a las válvulas de control. Esta función de cálculo la efectúa secuencialmente para cada variable de entrada analógica o digital y para cada válvula de control del lazo correspondiente. Una falla en el computador da lugar a la pérdida total del control de la planta.

El desarrollo electrónico ha permitido la fabricación de controladores digitales basados en microprocesadores con todas las ventajas, por ejemplo, el ajuste del punto de consigna y las acciones PID sin tener que extraer el instrumento de su base en el panel, al auto ajuste del instrumento para acomodarse a las variaciones de régimen de carga del proceso y el autodiagnóstico del aparato.

Los controladores digitales permiten el ajuste de sus acciones de control ante las perturbaciones periódicas del proceso.

Por este motivo pueden trabajar con varios algoritmos de control P+I+D.

El algoritmo convencional, donde las acciones se influyen mutuamente, y que corresponde a los controladores clásicos neumáticos y electrónicos.

Generalmente estos algoritmos de control son desarrollados por microprocesadores dedicados únicamente a esta labor.

Por otro lado, el sistema DDC compara la señal enviada al elemento final de control con la señal de entrada y determina la aceptación de la información para la acción de control. Si ésta no es aceptable se retiene la última posición del elemento final de control.

El operador es prevenido tomando el computador una acción de emergencia. De este modo, los límites de operación del proceso pueden estrecharse con seguridad, de manera que éste puede llevarse a un punto de operación crítico sin problemas.

La teoría de control es un campo interdisciplinario de la ingeniería y las matemáticas, que trata con el comportamiento de sistemas dinámicos.

A la salida deseada de un sistema se la llama referencia. Cuando una o más variables de salida de un sistema necesitan seguir cierta referencia sobre el tiempo, un controlador manipula la entrada al sistema para obtener el efecto deseado en la salida del sistema.

La tecnología digital ha evolucionado rápidamente con recursos más poderosos y más rápidos, el diseñar la estructura de sistemas de control, basándose en algoritmos digitales apropiados teniendo en cuenta las características del sistema y cumpliendo con calidad las especificaciones funcionales, el problema básico del Control Digital directo no está en el desarrollo tecnológico de los controladores digitales sino en las aplicaciones y principalmente en el conocimiento, habilidades y creatividad de quien diseñe el Sistema de Control para determinar las áreas de oportunidad.

Funcionamiento de un DDC

El sistema DDC compara la señal enviada al elemento final de control con la señal de entrada y determina la aceptación de la información para la acción de control. Si ésta no es aceptable se retiene la última posición del elemento final de control.

El operador es prevenido tomando el computador una acción de emergencia. De este modo, los límites de operación del proceso pueden estrecharse con seguridad, de manera que éste puede llevarse a un punto de operación crítico sin problemas.

El DDC permite una transferencia automático manual sin perturbaciones y admite una fácil modificación de las acciones y de las configuraciones de los sistemas de control, lo cual es muy importante en la puesta en marcha de la planta.

El computador propiamente dicho admite tanto la información de entrada como de salida, la cual la puede almacenar en memorias auxiliares como discos duros, para posteriores procesos de reporte, además puede presentarse la información al operador por medio de impresoras, pantallas de rayos catódicos donde se puedan esquematizar los procesos.

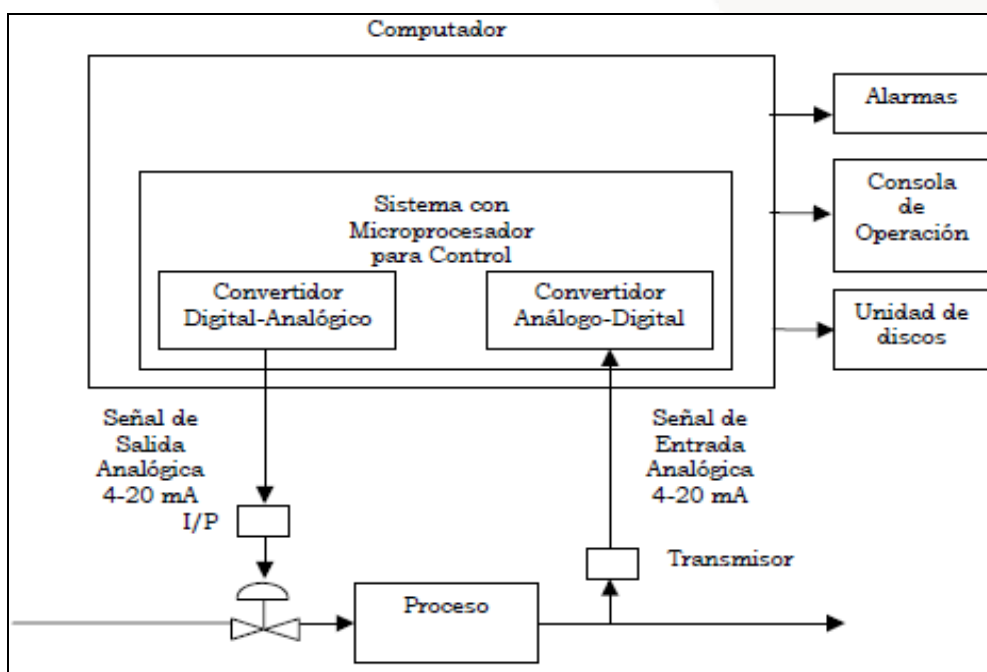


Figura 56 Funcionamiento de un sistema DDC.

16.3 Control de puntos de consigna (SPC)

Al descartar el empleo de un único computador (control DDC) por el serio inconveniente de la seguridad y sustituirlo por varios controladores digitales capaces de controlar individualmente un cierto número de variables, para así “distribuir” el riesgo del control único. Cada controlador digital, debía ser “universal”, es decir disponer de algoritmos de control seleccionables por software, que permitan resolver todas las situaciones de control y dieran así versatilidad al sistema. Para comunicarse entre sí los transmisores electrónicos de terreno, los controladores y las interfases para la comunicación con el operador de la planta, se adoptó el empleo de una vía de comunicaciones, en forma de cable coaxial. Para eliminar el espacio de panel requerido por el control clásico, se adoptó el uso de uno o varios monitores de CRT, en los cuales, el operador, a través de teclado, debía examinar las variables de proceso, las características de control, las alarmas, etc., sin perturbar el control de la Planta y con opción de cambiar cualquier característica de control de las variables del proceso.

16.4 Sistema de control distribuido (DCS)

El control distribuido consiste en uno o varios microprocesadores que controlan cada uno más de una variable (aproximadamente 8) y que están repartidos por la planta y conectados a las señales de los transmisores de las variables y a las válvulas de control.

Un Sistema de Control Distribuido consiste en el enlace, por medio de una red de comunicaciones, de diversos nodos distribuidos físicamente, dotados de capacidad de proceso y enlazados a sensores y/o actuadores. Estos sistemas se caracterizan por que el proceso de control tiene lugar en estos nodos de manera coordinada. Las redes de comunicaciones orientadas al enlace de estos nodos son conocidas también como buses de comunicaciones o redes multiplexadas. Un nodo es un procesador autónomo con su propio hardware: procesador (CPU), memoria, oscilador de reloj, interfaz de comunicaciones, e interfaz hacia el subsistema que controla.

El control distribuido es el paso siguiente en la evolución de los sistemas de control que se han expuesto en el punto anterior. Así, en los sistemas centralizados, ya clásicos, su potencia de tratamiento se concentra en un único elemento (el ordenador central), mientras que en el control distribuido la potencia de tratamiento de la información se encuentra repartida en el espacio. Se podría decir que los sistemas de control distribuido fueron desarrollados para proporcionar las ventajas del control por ordenador pero con más seguridad y flexibilidad.

Las principales características de este sistema son:

- **Flexibilidad y capacidad de expansión:** Capacidad de elegir (etapa inicial) o aumentar (etapas posteriores) el número de variables de entrada, salida y del número de controladores debido a una amplia gama de aplicaciones expansibles y clientes específicos.
- **Operaciones de mantenimiento:** las configuraciones de control e interfaces de operador deben ser fáciles de mantener y modificar no solo por ingenieros profesionales.
- **Apertura:** Las variables y parámetros de control son leídos y escritos desde otras funciones de control.
- **Operatividad:** Funciones avanzadas de control se deben mostrar en las mismas ventanas de operación y debe ser leída por los operadores sin dar ninguna confusión.
- **Portabilidad:** Parte del algoritmo de control no depende del entorno de hardware y debe poder adaptarse a distintas tecnologías informáticas.
- **Rentabilidad:** las ventajas de los algoritmos de control debe quedar claro. No solo acerca de la controlabilidad, sino también acerca de las inversiones realizadas, antes y después de la implementación del DCS.
- **Robustez/Redundancia:** La redundancia en sistemas de control apunta a disponer elementos/componentes adicionales que garantizan la operación de las funciones que cumplen dentro del sistema de control frente a fallas del mismo.

Ventajas del DCS

- Posibilidad de intercambio de información entre equipos y módulos electrónicos que controlan fases sucesivas de un mismo proceso global.
- Facilidad de comunicación hombre-máquina, a base de terminales inteligentes (PC's) que permiten programar u observar el proceso en términos de lenguaje muy próximo al humano. El sistema admite la observación y la intervención del operador humano en forma interactiva a través de un terminal con teclado y pantalla que sustituyen al ya obsoleto sinóptico.
Adquisición de datos de sensores y procesamiento de los mismos con vistas al control de calidad, gestión, estadística u otros propósitos.
- Facilidad de cambios, o lo que es lo mismo, flexibilidad de las células de fabricación para adaptarse a la evolución y a la diversificación de los productos. Como ejemplo típico basta pensar en la industria del automóvil, sometida a una continua evolución de modelos y variantes. La poca facilidad de cambios haría cuestionar el nombre de "células flexibles" que se da a estas estructuras.
- Posibilidad de utilizar lenguajes de alto nivel, que permitan tratar bajo un mismo entorno todas y cada una de las islas automatizadas, desde la fase de diseño (CAD/CAE) hasta la fase de explotación y gestión.
- Una de las "leyes" o características clave de un DCS es su tolerancia a fallas serias: sin importar la falla de hardware o software el impacto en el control del proceso es minimizado por el diseño.

Desventajas del DCS

- Los PLC (Controladores Lógicos Programables) están teniendo más protagonismo en el control PID debido a su alta velocidad, funcionalidad y costo relativamente bajo en comparación con los DCS.
- Las características de estos sistemas modernos no son nada fáciles de implementar por cualquier ingeniero.
- Necesidad de alto flujo de datos en caso de distribución automática de tareas.

Tanto la capacidad de producción como la recuperación metalúrgica de la planta dependen, en gran medida, de la exactitud con que el operador controle estas variables.

16.5 Controles automáticos

Los procesos industriales se caracterizan generalmente por los flujos de masa y de energía. La aplicación de los controles automáticos tiene que ver con el comportamiento del proceso en condiciones estáticas o dinámicas en donde no puede tolerarse la acumulación de masa o energía.

16.6 Control supervisor

La distribución de los microprocesadores a lo largo de la planta en los puntos con mayor concentración de señales es la de una distribución arquitectónica múltiple, unida mediante una vía de comunicaciones, que permite la supervisión desde la sala de control, e incluso desde un computador personal. Utilización desde aproximadamente 1980.

En esencia, la diferencia entre el control distribuido y el control clásico es la posibilidad de configuración por software y la capacidad de comunicación entre microprocesadores y el centro supervisor, que se ofrece actualmente en los sistemas de control distribuido.

En el nivel más bajo de un sistema de control distribuido, las unidades funcionales del sistema están distribuidas y puestas en el terreno, en la vecindad de la planta. Estas unidades constituyen subsistemas fuertemente autónomos, cuyo dominio de influencia se restringe a unos pocos puntos de medición o lazos de control. Por un lado tienen interfaz hacia la planta y por otro hacia el sistema.

Se les puede llamar estaciones de terreno y sus objetivos principales, son:

- 1) Coleccionar y pre-procesar señales análogas y digitales,
- 2) Monitorear y colocar los mensajes de alarmas y,
- 3) realizar funciones de control de lazo abierto y cerrado. Para ello estas unidades están estructuradas modularmente y orientadas a un bus local.

Para un control delicado se usan los controladores digitales del tipo “Stand Alone”. Estos tienen capacidad de monitoreo y pueden ser programados o configurados desde un computador personal.

También pueden ser operados desde la consola en el panel frontal exterior, contienen funciones de control tales como PID, PID cascada, otros; y un manipulador manual/automático. Además tiene funciones programables usando módulos que pueden ser configurados parametrizados. Tienen comunicación serial para comunicar a un sistema Controlador Básico o Multifunción.

El controlador básico de un sistema es una estación de terreno orientada a bus con capacidad de manejar varios controladores individuales, cada uno de los cuales puede hacer uso de sus algoritmos computacionales. El controlador básico tiene un lenguaje especial de control, a través del cual se pueden programar elaboradas secuencias de control. También tiene un programa residente en memoria, para diagnóstico, que se usa para pruebas automáticas de funcionamiento de las funciones internas del controlador y para reportar los resultados al operador.

17 Controladores de proceso

El controlador de procesos es un equipo utilizado como controlador básico, dedicado a comunicar y controlar un grupo reducido de controladores de menor nivel, que realizan la acción de control propiamente tal.

17.1 Finalidad del controlador

El controlador es una unidad autónoma, apta para ambientes industriales. Está protegida contra polvos, soporta vibraciones, variaciones de temperatura, variaciones de tensión, etc.

Estas unidades, están destinadas a niveles de controles inferiores y básicos. En el nivel inferior de control se utilizan equipos de baja capacidad para controlar pocas señales (máximo 8), procesarlas, desarrollar alguna acción de control y/o transmitir las a otros niveles de control donde se encuentran las estaciones supervisoras. Son estaciones Stand-Alone.

En los niveles básicos de control, se utilizan equipos de gran capacidad que pueden cumplir funciones de control, de colector de datos, de concentrador de datos y también como estaciones supervisoras de control, que se encargan de procesar la información y entregarla a la estación supervisora principal para ser desplegada en pantallas de computadores, reportes, alarmas, etc.

17.2 Opciones del controlador

Todos los controladores utilizados en control de procesos tienen opciones de configuración, de programación y de comunicación.

Configuración: Permite definir el tipo de control a realizar según la aplicación específica. Puede ser un lazo cerrado de control (PID, PI, P), transmisión de señales, generar alarmas, etc.

Programación: Los controladores cuentan con un lenguaje especial de control que permite programar las instrucciones definidas en la configuración.

Comunicación: La comunicación de datos en sistemas digitales distribuidos de control, es de vital importancia ya que permite que exista el sistema de control en tiempo real. La estructura típica, es:

- ◆ Nivel de terreno,
- ◆ nivel de control de procesos, que contiene los algoritmos de control,
- ◆ nivel supervisor, que contiene los algoritmos de control óptimo del proceso y los modelos matemáticos del proceso; y
- ◆ nivel de administración, para la planificación de la producción, control, etc.

17.3 Software de control

Para la operación de una red de control, se requiere de un sistema operativo, de un software de utilidad, lenguajes de programación de alto nivel, software de comunicación para el intercambio de data y software de aplicación necesario para coleccionar la data y procesarla, incluyendo el software necesario para el monitoreo y el control del proceso.

17.4 Controladores de lógica programable (PLC)

El controlador de lógica programable PLC, está orientado al control dedicado y al nivel básico descrito anteriormente, ya que tiene incorporadas funciones para desarrollar lazos de control, comandar uno o más lazos de control, monitorear variables y comunicar a niveles superiores de la red de control.

17.5 Tipos de controles

Existen dos tipos básicos de control: de circuito abierto y de circuito cerrado.

17.5.1 Control de circuito abierto

Este es el tipo más simple de control que puede aplicarse. Tiene que ver con un estimado de la cantidad de acción de control necesaria y se basa en el logro de un objetivo deseado, sin tomar en cuenta las condiciones reales del proceso.

17.5.2 Realimentación de circuito cerrado

Este es el tipo más común de mecanismo de control utilizado. Cualquier proceso en el que la variable del proceso bajo control es mensurable permite el empleo de esta estrategia de control. La

importancia de este circuito cerrado puede juzgarse por el hecho de que la mayor parte de los procesos incorporan algún tipo de mecanismo de realimentación de circuito cerrado, conocido también con el nombre de “servomecanismo”

La variable controlada es la del proceso que estamos tratando de mantener en algún valor deseado (llamado punto de ajuste). Los procesos industriales se caracterizan por los muchos tipos de variables de control que se pueden encontrar, por ejemplo, temperaturas, flujos y niveles. La función del transmisor es cuantificar esta variable en términos de señales, que pueden ser neumáticas, eléctricas, hidráulicas o sólo una salida mecánica, como la posición de una palanca.

La variable manipulada es aquella que el controlador varía en su esfuerzo por mantener la variable controlada en un punto de ajuste. La salida de control es una señal, por ejemplo, el actuador de una válvula, que hace que esta última se mueva a una posición que dependería del valor de la señal, tipo de válvula y las condiciones del proceso bajo el cual está operando.

El circuito cerrado de control de realimentación opera en un ambiente en donde se están llevando a cabo alteraciones constantes. Estas alteraciones afectan la variable controlada y podrían ser debido a cambios en la variable manipulada, distintos a los establecidos por el controlador.

17.6 Señales de transmisión

Existen varios tipos de señales de transmisión: neumáticas, electrónicas, digitales, hidráulicas y telemétricas.

Las más usadas son neumáticas, electrónicas, digitales, las señales hidráulicas se utilizan cuando hay una distancia de varios kilómetros entre el transmisor y el receptor.

En la industria la transmisión de señales desde los sensores hacia los instrumentos sufren alteraciones, debido a campos eléctricos y magnéticos externos, lo que conlleva a falsas mediciones.

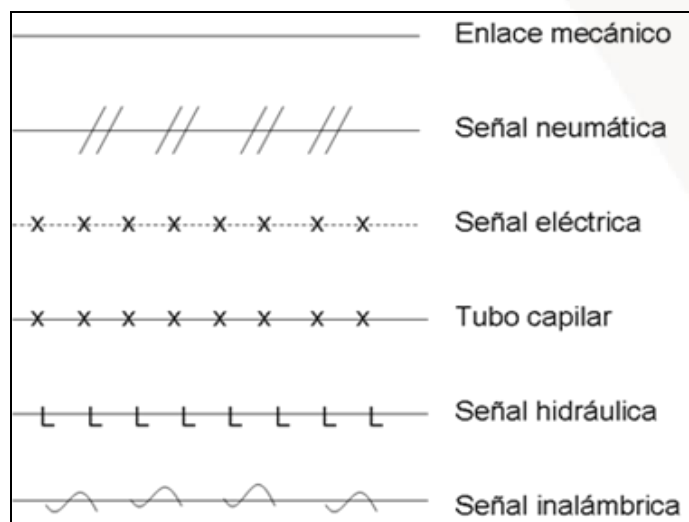


Figura 57 Tipos de señales

Señal neumática o presión de aire: Los transmisores neumáticos generan una señal neumática variable linealmente de 3 a 15 psi para el campo de medida de 0 a 100 % de la variable, con menor frecuencia se usan señales de 6 a 30 psi; su representación usual en los diagramas de instrumentos y tubería, es



Señal eléctrica o electrónica: Normalmente toma valores entre 4 y 20 mA; el uso de 10 a 50 mA, de 1 a 5 V o de 0 a 10 V es menos frecuente; la representación usual de esta señal es



Señal digital o discreta (unos y ceros): El uso de los sistemas de control de proceso con computadoras grandes, minicomputadoras o microprocesadores está forzando el uso cada vez mayor de este tipo de señal.

Frecuentemente es necesario cambiar un tipo de señal por otro, esto se hace mediante un transductor, por ejemplo, cuando se necesita cambiar de una señal eléctrica, mA, a una neumática, psi, se utiliza un transductor (I/P) que transforma la señal de corriente (I) en neumática (P), como se ilustra gráficamente en la Figura 58; la señal de entrada puede ser de 4 a 20 mA y la de salida de 3 a 15 psi. Existen muchos otros tipos de transductores; neumático a corriente (P/I), voltaje a neumático (E/P), neumático a voltaje (P/E), etc.

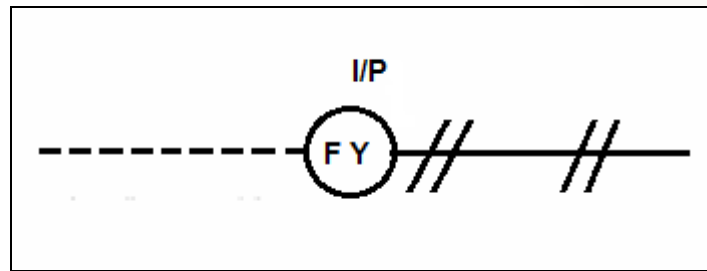


Figura 58 Transductor I/P

La importancia de estos componentes estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control, estas operaciones son:

Medición (M): la medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor.

Decisión (D): con base en la medición, el controlador decide que hacer para mantener la variable en el valor que se desea.

Acción (A): como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control.

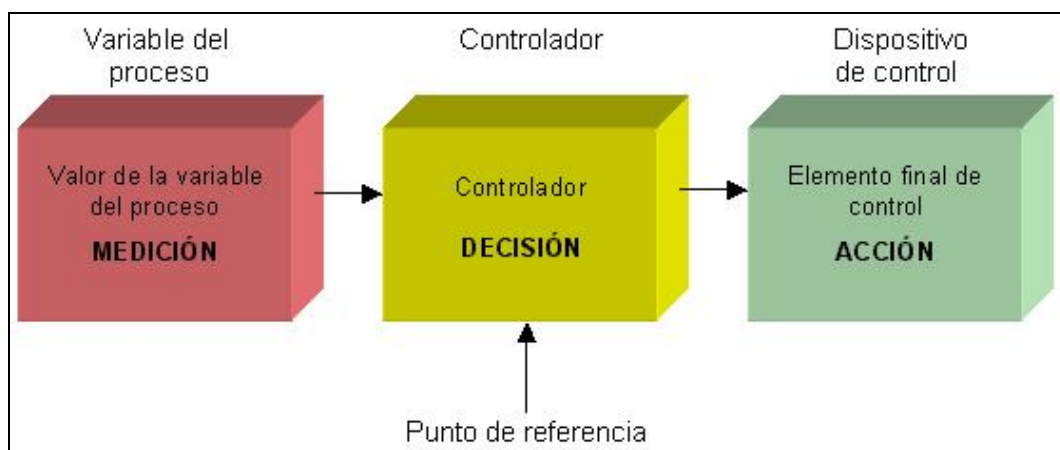


Figura 59 Operaciones básicas del sistema de control

17.7 Función del control automático

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa con creces la inversión en equipo de control. Además hay muchas ganancias intangibles, como por ejemplo la eliminación de mano de obra pasiva, la cual

provoca una demanda equivalente de trabajo especializado. La eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático. El principio del control automático o sea el empleo de una realimentación o medición para accionar un mecanismo de control, es muy simple. El mismo principio del control automático se usa en diversos campos, como control de procesos químicos y del petróleo, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas, y en el control y trayectoria de un proyectil.

El uso de las computadoras analógicas y digitales ha posibilitado la aplicación de ideas de control automático a sistemas físicos que hace apenas pocos años eran imposibles de analizar o controlar.



Figura 60 Sistema de control automático del proceso

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

El elemento más importante de cualquier sistema de control automático es el lazo de control realimentado. La idea básica de lazo realimentado de control es más fácilmente entendida imaginando qué es lo que un operador tendría que hacer si el control automático no existiera.

17.8 Términos importantes

Variable controlada: Esta es la variable que se debe mantener o controlar dentro de algún valor deseado. Es la salida del sistema.

Punto de control: Es el valor que se desea tenga la variable controlada (set point).

Variable manipulada: Es la variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control (punto de fijación o de régimen); en el ejemplo la variable manipulada es el flujo de vapor.

Variable de salida: Son las respuestas del sistema que reflejan el comportamiento del mismo.

Punto de consigna o referencia (entrada): Valor deseado de la variable controlada (set point).

Controlar: Medir el valor de la variable controlada y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir una desviación del valor medido respecto de la referencia.

Perturbación o trastorno: Cualquier variable que ocasiona que la variable de control se desvíe del punto de control en la mayoría de los procesos existe una cantidad de perturbaciones diferentes. Aquí lo importante es comprender que en la industria de procesos, estas perturbaciones son la causa más común de que se requiera el control automático de proceso.

Circuito abierto o lazo abierto: Se refiere a la situación en la cual se desconecta el controlador del sistema, es decir, el controlador no realiza ninguna función relativa a cómo mantener la variable controlada en el punto de control.

Control de circuito cerrado: Se refiere a la situación en la cual se conecta el controlador al proceso; el controlador compara el punto de control (la referencia) con la variable controlada y determina la acción correctiva.

Punto de ajuste: Es el valor alrededor del cual se desea mantener la variable controlada (set point).

Error: Desviación del valor de la variable controlada con respecto al punto de ajuste.

Acción de control: Sentido en el cual se moverá la variable manipulada a fin de corregir cualquier error en la variable controlada.

El objetivo del sistema de control automático de proceso es utilizar la variable manipulada para mantener a la variable controlada en el punto de control a pesar de las perturbaciones.

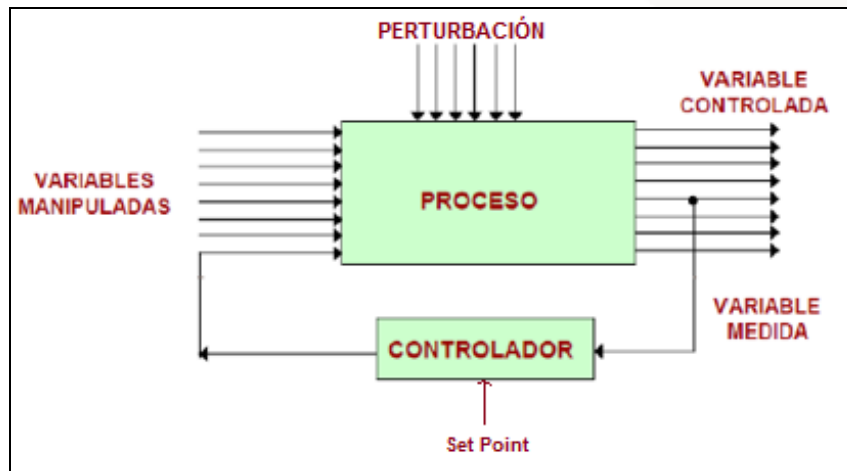


Figura 61 Control de un proceso

18 Tipos de sistemas de control

18.1 Clasificación de los sistemas de control.

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida (la información sobre la variable controlada no se emplea para ajustar las entradas del sistema).

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

- a) La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.
- b) Estos sistemas no tienen el problema de la inestabilidad, que presentan los de lazo cerrado.

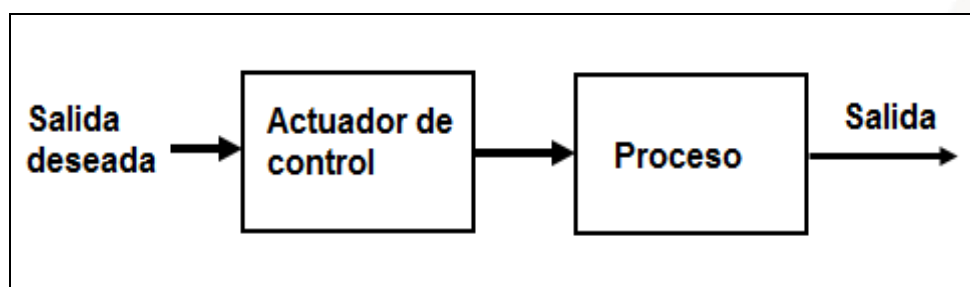


Figura 62 Diagrama de bloque para un sistema de control de lazo abierto.

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida, la variable controlada es la que se mide y el resultado de esta medición sirve para manipular cualquiera de las variables del proceso.

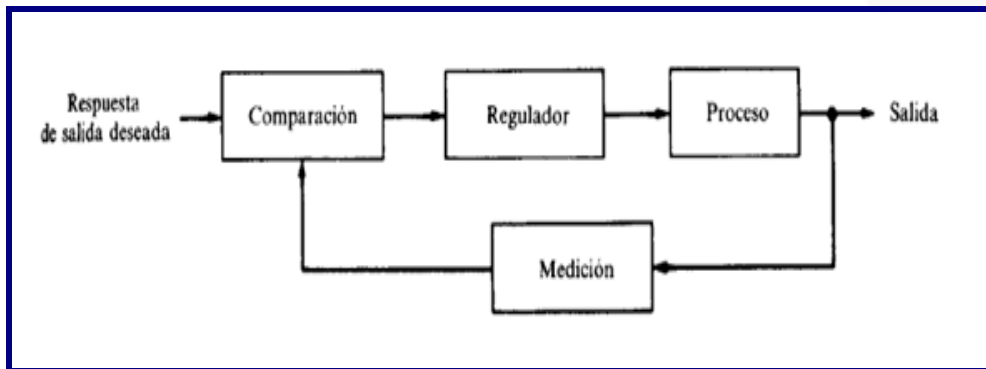


Figura 63 Diagrama de bloque para un sistema de control de lazo cerrado.

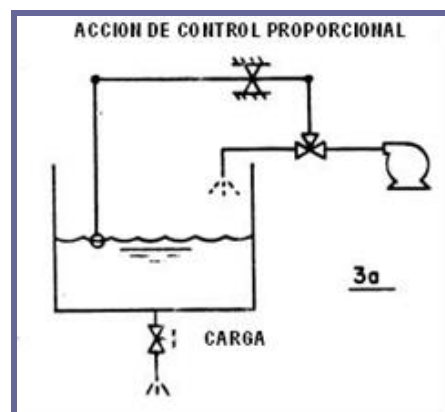


Figura 64 Diagrama de proceso para un sistema de control de lazo cerrado.

Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación (retroalimentación o retroacción).

18.2 Control con realimentación

Utiliza una medición de la salida real para compararla con la respuesta de la salida deseada. El lazo de control realimentado simple sirve para ilustrar los cuatro elementos principales de cualquier lazo de control, (Figura 65).

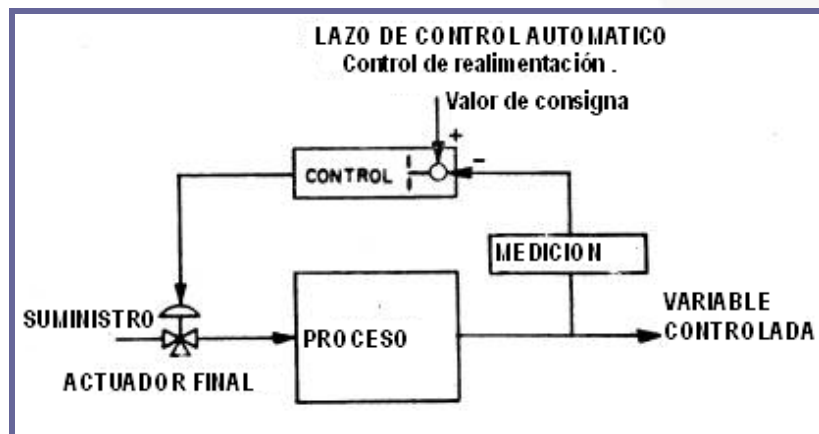


Figura 65 Diagrama de un sistema de control realimentado

La medición debe ser hecha para indicar el valor actual de la variable controlada por el lazo. Mediciones corrientes usadas en la industria incluyen caudal, presión, temperatura, mediciones analíticas tales como pH, conductividad y muchas otras particulares específicas de cada industria.

Realimentación:

Es la propiedad de una sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema o el set point) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida (error) y entregarla a un controlador retroalimentado el cual modificará el valor de la variable manipulada para llevar la variable medida al valor deseado.

La entrada es la dirección especificada, que se fija en el tablero de control del avión y la salida es la dirección instantánea determinada por los instrumentos de navegación automática. Un dispositivo de comparación explora continuamente la entrada y la salida.

Cuando los dos coinciden, no se requiere acción de control. Cuando existe una diferencia entre ambas, el dispositivo de comparación suministra una señal de acción de control al controlador, o sea al mecanismo de piloto automático. El controlador suministra las señales apropiadas a las superficies de control del avión, con el fin de reducir la diferencia entre la entrada y la salida. La realimentación se puede efectuar por medio de una conexión eléctrica o mecánica que vaya desde los instrumentos de navegación que miden la dirección hasta el dispositivo de comparación.

18.3 Control con Prealimentado.

Se basa en detectar o medir una variable perturbada cuando está entrando al proceso y realizar un cambio apropiado en la variable manipulada de modo que la salida sea la deseada.

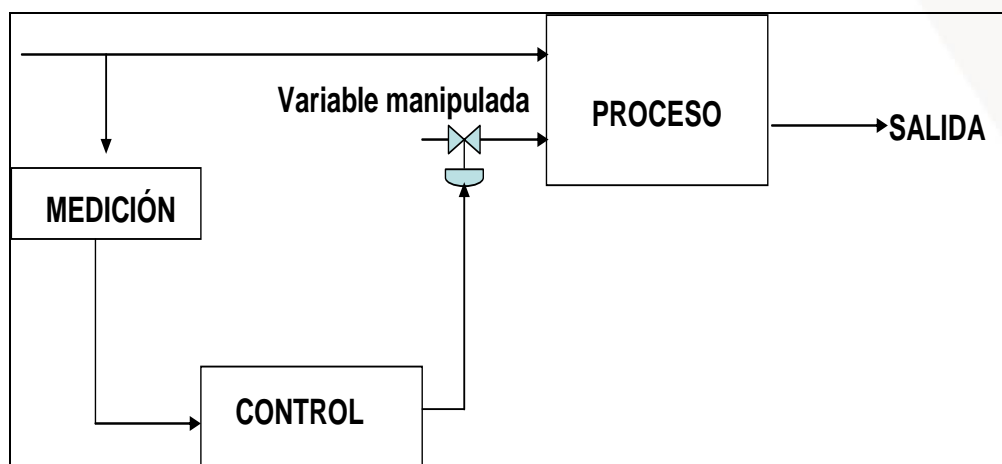


Figura 66 Diagrama de un sistema de control prealimentado

19 Tipos de respuestas del controlador

La primera y más básica característica de la respuesta del controlador ha sido indicada como la acción directa o reversa. Una vez que esta distinción se ha llevado a cabo, existen varios tipos de respuestas que pueden ser usadas para controlar un proceso. Estas son:

- Control Si/No (u On/Off con sus siglas en Inglés), o control de dos posiciones.
- Control proporcional.
- Acción integral (reset).
- Acción derivativa.

19.1 Control SI/NO

El control SI/No es mostrado en la Figura 67.

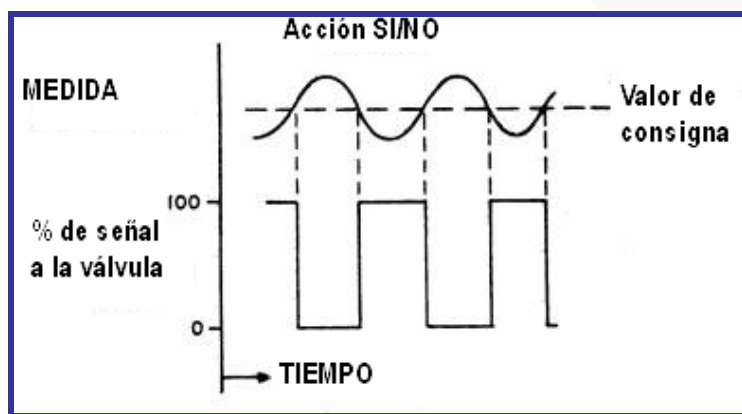


Figura 67 Control Si/No

Para un controlador de acción reversa y una válvula del tipo presión para cerrar. El controlador Si/No tiene dos salidas que son para máxima apertura y para apertura mínima, o sea cierre (cuando la señal de error cambia de signo, la válvula de control es abierta totalmente o cerrada totalmente).

Para este sistema se ha determinado que cuando la medición cae debajo del valor de consigna, la válvula debe estar cerrada para hacer que se abra; así, en el caso en que la señal hacia el controlador automático esté debajo del valor de consigna, la salida del controlador será del 100 %. A medida que la medición cruza el valor de consigna la salida del controlador va hacia el 0 %.

Esto eventualmente hace que la medición disminuya y a medida que la medición cruza el valor de consigna nuevamente, la salida vaya a un máximo. Este ciclo continuará indefinidamente, debido a que el controlador no puede balancear el suministro contra la carga. La continua oscilación puede, o puede no ser aceptable, dependiendo de la amplitud y longitud del ciclo. Un ciclo rápido causa frecuentes alteraciones en el sistema de suministro de la planta y un excesivo desgaste de la válvula.

El tiempo de cada ciclo depende del tiempo muerto en el proceso debido a que el tiempo muerto determina cuanto tiempo toma a la señal de medición para revertir su dirección una vez que la misma cruza el valor de consigna y la salida del controlador cambia. La amplitud de la señal depende de la rapidez con que la señal de medición cambia durante cada ciclo.

Para estudiar los otros tres tipos de modos de control automático se usaran respuesta de lazo abierto. Un lazo abierto significa que sólo la respuesta del controlador será considerada.

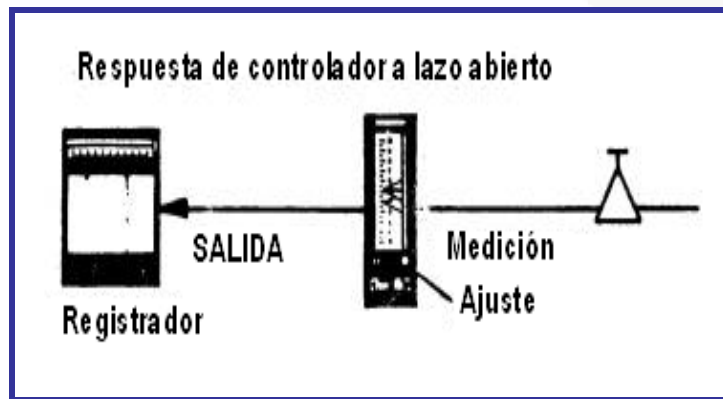


Figura 68 Respuesta de control en lazo abierto

La Figura 68 muestra un controlador automático con una señal artificial desde un regulador manual introducida como la medición. El valor de consigna es introducido normalmente y la salida es registrada. Con éste arreglo, las respuestas específicas del controlador a cualquier cambio deseado en la medición puede ser observada.

19.2 Acción proporcional

Los controladores que poseen la acción proporcional cambian la señal de salida en proporción directa a la salida del error. La respuesta proporcional es la base de los tres modos de control, si los otros dos, acción integral (reset) y acción derivativa están presentes, éstos son sumados a la respuesta proporcional. “Proporcional” significa que el cambio presente en la salida del controlador es algún múltiplo del porcentaje de cambio en la medición.

Este múltiplo es llamado “ganancia” del controlador. Para algunos controladores, la acción proporcional es ajustada por medio de tal ajuste de ganancia, mientras que para otros se usa una “banda proporcional”. Ambos tienen los mismos propósitos y efectos.

La ecuación con que se describe su funcionamiento es la siguiente:

$$m(t) = \bar{m} + Kc [c^{set} - c(t)]$$

Donde:

$m(t)$: Presión de salida del controlador que va a la válvula.

\bar{m} : Valor base del controlador cuando el error es cero.

Kc : Ganancia del controlador.

$c(t)$: Señal de proceso que entrega el transmisor.

c^{set} : Punto de referencia.

19.3 Acción integral o reset

Acción integral o reset

La acción integral hace que la válvula de control se mueva de acuerdo a la integral temporal del error:

$$m(t) = \bar{m} + \frac{1}{\tau_I} \int [c^{set} - c(t)] dt$$

Donde τ_I es el tiempo de integración o restauración (minutos).

Si el error es cero, entonces "m" no se mueve. Si el error no es cero, "m" aumenta o disminuye dependiendo si la acción del controlador es directa o inversa (El controlador será de "acción inversa" si cuando $c(t)$ disminuye, la salida del controlador aumenta).

El propósito básico de la acción integral es volver el proceso a su punto de referencia cuando ha sido perturbado (los controladores que sólo poseen la acción proporcional no pueden hacer esto, tienen un error final u Off-Set). En general la acción Integral hace a un sistema más oscilatorio y se mueve más hacia la inestabilidad, pero se requiere para eliminar el Off-Set.

19.4 Acción derivativa

La tercera respuesta encontrada en controladores es la acción derivativa. El propósito de acción derivativa es anticipar hacia dónde va el proceso, extrapolando valores mediante el uso de la derivada del error respecto al tiempo.

$$m(t) = \bar{m} + \tau_D \frac{d(e)}{dt}$$

Donde τ_D es el tiempo de derivación (minutos).

Así como la respuesta proporcional responde al tamaño del error y el reset responde al tamaño y duración del error, el modo derivativo responde a la cuán rápido cambia el error.

19.5 Acción combinada PID

La Figura 69 muestra una acción combinada de respuesta proporcional, reset y acción derivativa para la medición de temperatura de un intercambiador de calor simulado que se desvía del valor de consigna debido a un cambio de carga. Cuando la medición comienza a desviarse del valor de consigna, la primera respuesta del controlador es una respuesta derivativa proporcional al régimen de variación de la medición que se opone al movimiento de la medición al alejarse del valor de consigna. La respuesta derivativa es combinada con la respuesta proporcional agregada, a medida

que el reset en el controlador ve el error incrementarse, el mismo controla la válvula más fuerte aún. La acción continúa hasta que la medición deja de cambiar, entonces la acción derivativa se detiene.

Dado que existe aún un error, la medición continúa cambiando debido al reset, hasta que la medición comienza a retornar hacia el valor de consigna. Tan pronto como la medición comienza a moverse retornando hacia el valor de consigna, aparece una acción derivativa proporcional al régimen de cambio en la variación oponiéndose al retorno de la medición hacia el valor de consigna. La acción integral o reset continúa debido a que aún existe un error, a pesar de que su contribución disminuye con el error. Además, la salida debido al valor proporcional está cambiando.

Así, la medición retorna hacia el valor de consigna. Tan pronto como la medición alcanza el valor de consigna y deja de cambiar, la acción derivativa cesa nuevamente y la salida proporcional vuelve al 50%. Con la medición nuevamente en su valor de consigna, no existen más respuestas a variaciones debidas al reset. Sin embargo, la salida está ahora a un nuevo valor. El nuevo valor es el resultado de la acción de reset durante el tiempo en que la medición se alejó del valor de consigna, y compensa el cambio de carga que fue causado por la alteración original.

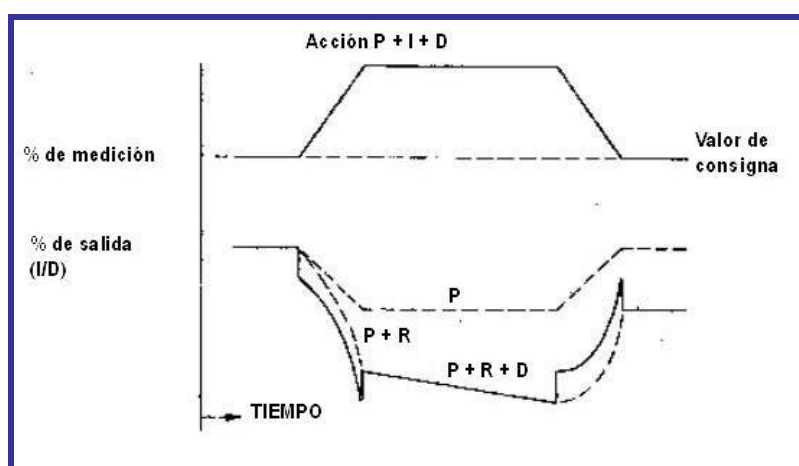


Figura 69 Acción Proporcional – Integral - Derivativa

19.6 Razones del Control

Seguridad: Preservar bajo cualquier condición la integridad del personal y equipo involucrado en la operación de los procesos. (Figura 70)



Figura 70 Seguridad

Estabilidad: Asegurar las condiciones de operación de los procesos, para mantener en forma continua la calidad de los productos, dentro de los límites especificados.

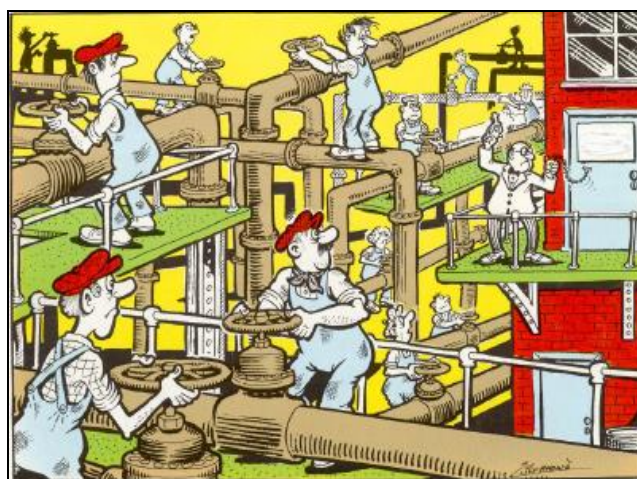


Figura 71 Estabilidad

Optimización: Asegurar el máximo beneficio económico en la operación de los procesos.

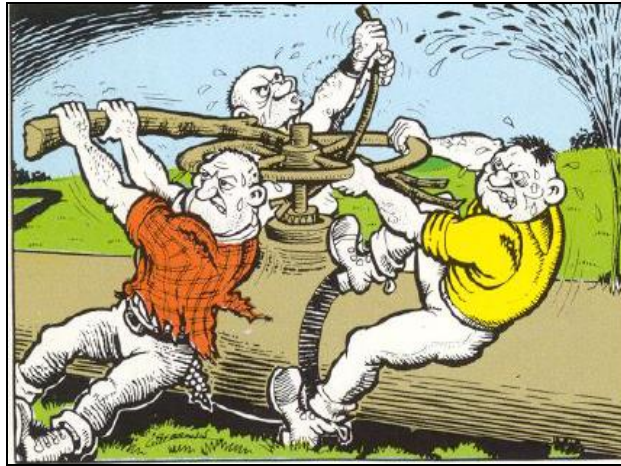


Figura 72 Optimización

Protección Ambiental: Reducir a su mínima expresión el impacto ecológico de los efluentes del proceso, para cumplir con todas las normatividades aplicables.



Figura 73 Protección ambiental

Lazos de control de procesos

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, deberán conocer el software de operación de automatización multivariable, y luego controlar desde una sala de control simulada equipos de procesos.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con la operación de los sistemas de control automático.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla.

Aplicar los sistemas de control de automatización multivariable (software de operación) del sistema al proceso de flotación, según estándares y procedimientos.

Operar los sistemas de control de automatización multivariable (software de operación) del sistema al proceso de remolienda y clasificación, según procedimientos.

Estrategia Metodológica para el Instructor

El instructor, explica tecnología y componentes del simulador, pantallas donde aparecen los equipos de operación flotación, remolienda, hidrociclones, etc.

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las utilizadas en las salas de control modernas, sin ninguna conexión real a un equipo o maquinaria.

El Visualizador de Sala de Control

Es el módulo de visualización de maquinaria, también simulado. Este módulo está generado con equipos 3D simulados y con imágenes capturadas de pantallas reales. Lo importantes es que los participantes puedan también observar los cambios que se producen en un proceso o sistema de control al realizar cambio parámetros en la pantalla del PC.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes a medida que explica el control de procesos, según lo expuesto en clases.

Software de Simulación Multivariable	x
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 25

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en una pizarra, paso a paso, los lazos de control, los sistemas de control,

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo en el formulario que el instructor les entregará para control de los riesgos presentes, tal como si estuvieran en una faena minera.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida de que vaya realizando la actividad, para medir grado de conocimientos teóricos, a fin de confirmar los mismos.

Los elementos de protección personal obligatorios que el participante debe ocupar en el desarrollo de la actividad deben ser los mismos a los empleados de acuerdo a la ocupación, y serán estos:



Figura 74 Elementos de protección personal obligatorios

Materiales y Recursos

- 1 computador con software de simulación por participante, conectados en línea con el PC del instructor.
- 1 data en sala de clases.
- 1 cuaderno y lápiz por participante

Desarrollo de la Actividad

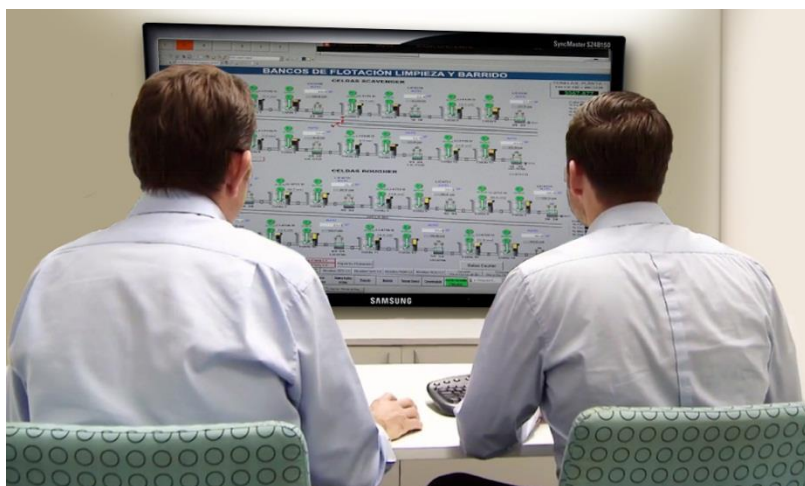


Figura 75 Instructor y participante en una pantalla del software de simulación

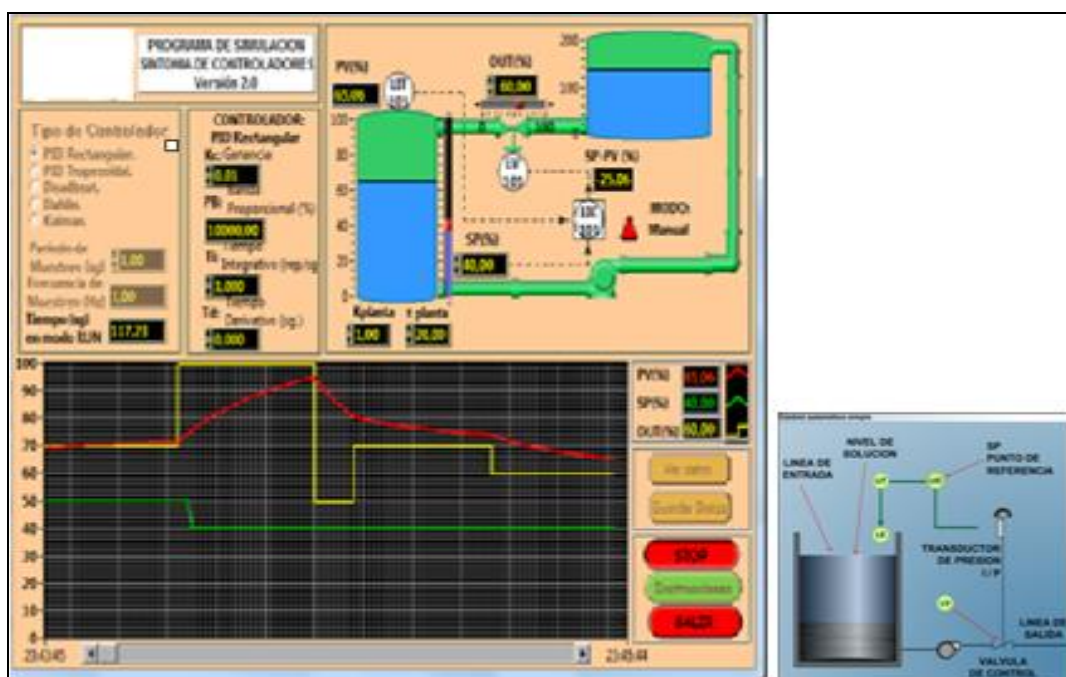


Figura 76 Simulación de proceso

1. Los participantes reciben instrucción de parte del instructor, acerca de los objetivos del aprendizaje.
2. Los participantes reconocen el simulador y se familiarizan con sus controles, proceso asistido por el instructor.
3. El instructor proyecta una simulación de diversos equipos, procesos, con el data en la pizarra y explica la operación de los diferentes componentes de sistema de control, tipos de lazos de control aplicados, acción del controlador, respuestas del controlador, enclavamientos, control PID, etc.
3. Luego cada participante, desde su PC ingresan al simulador, controlando equipos a través de la simulación proyectada por el software.
4. Los participantes a través del simulador niveles, flujos, temperaturas, etc.
5. Los participantes coordinan en el software simulador la detención y puesta en servicio diferentes equipos, simulando detención imprevista, perturbaciones en el sistema, etc.
6. Finalizada la actividad, el simulador genera reporte de aprendizaje del participante, instrumento con el cual el instructor evaluará al participante

Cierre de la actividad

El instructor analizará con los participantes el desarrollo de la actividad con el software de simulación de control automático de equipos, destacando que esta misma operación es la que se realiza en las sala de control en la faena, y que cualquier error o mala coordinación de esta operación de control puede generar pérdidas a la producción, daños a la empresa, daños a los equipos, provocar algún incidente, etc.

El participante además deberá exponer en sala de clases el aprendizaje y conclusiones obtenidas.

20 Control de variables en las celdas de flotación

20.1 Tipos de control más usuales en el proceso de flotación

Los lazos de control automático y controles manuales considerados en la operación de las diferentes etapas de un circuito clásico de las celdas de flotación (Figura 77) son:

Flotación primaria

- Control de densidad de la pulpa de alimentación.
- Control de pH de la pulpa de alimentación.
- Control de nivel de las celdas de flotación.
- Control de adición de reactivos.

Remolienda de concentrado

- Control de densidad de la pulpa alimentación.
- Control de nivel cajón bomba alimentación hidrociclones.
- Control de adición de lechada de cal.

Flotación 1ª limpieza

- Control de nivel cajón bombas alimentación flotación limpieza.
- Control de pH alimentación flotación limpieza.
- Control de nivel en las celdas.

Flotación scavenger colas 1ª limpieza

- Control de nivel en las celdas.
- Control de nivel en cajones de traspaso.

Adición de reactivos

- Control adición de reactivos a flotación.
- Control flujo alimentación a estanques distribuidores de reactivos.

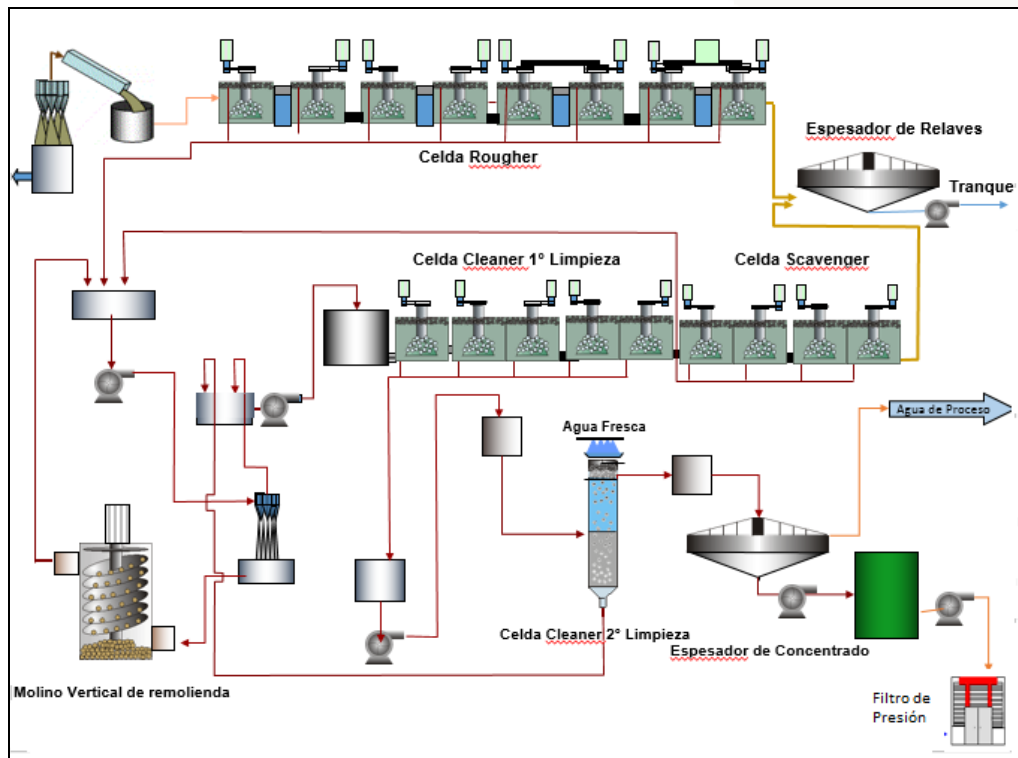


Figura 77 Circuito clásico de flotación

21 Controles en flotación rougher o primaria.

21.1 Control de densidad de la pulpa de alimentación

Este lazo de control permite regular el porcentaje de sólidos de la pulpa de alimentación a las celdas de flotación primaria.

El lazo opera en base al porcentaje de sólidos del overflow de los ciclones que alimenta a la flotación primaria es medida en equipos medidores de tamaño de partículas (PSM o particle size meter), Figuras 78 - 79.

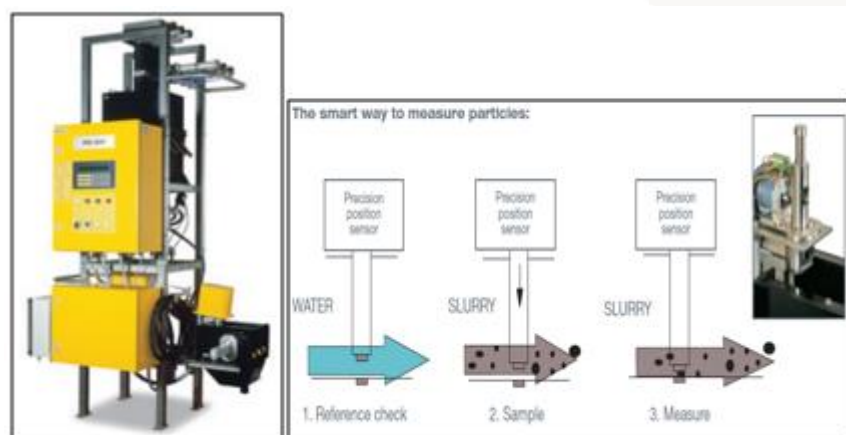


Figura 78 Instrumento medidor de tamaño de partícula (PSI). Outokumpu

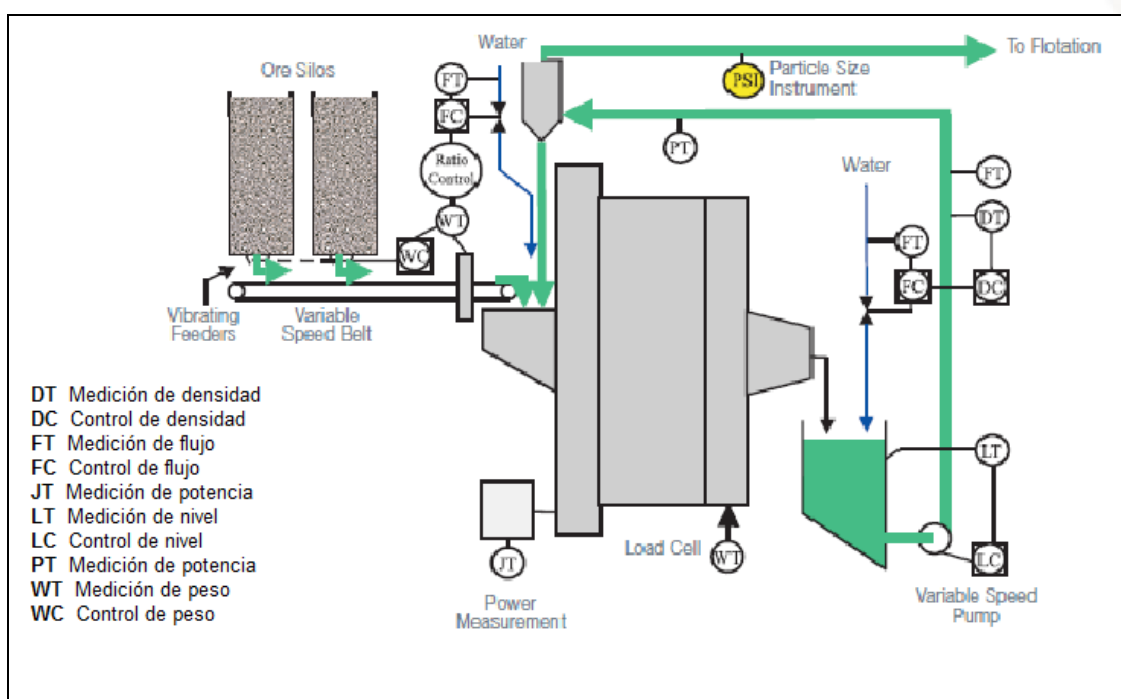


Figura 79 Lógica de control del PSI 200. Outokumpu

El porcentaje de sólidos del rebose de los hidrociclones es medido en el analizador, el cual envía la señal para control de adición de agua.

La Figura 80 muestra un esquema del control de densidad para la flotación primaria.

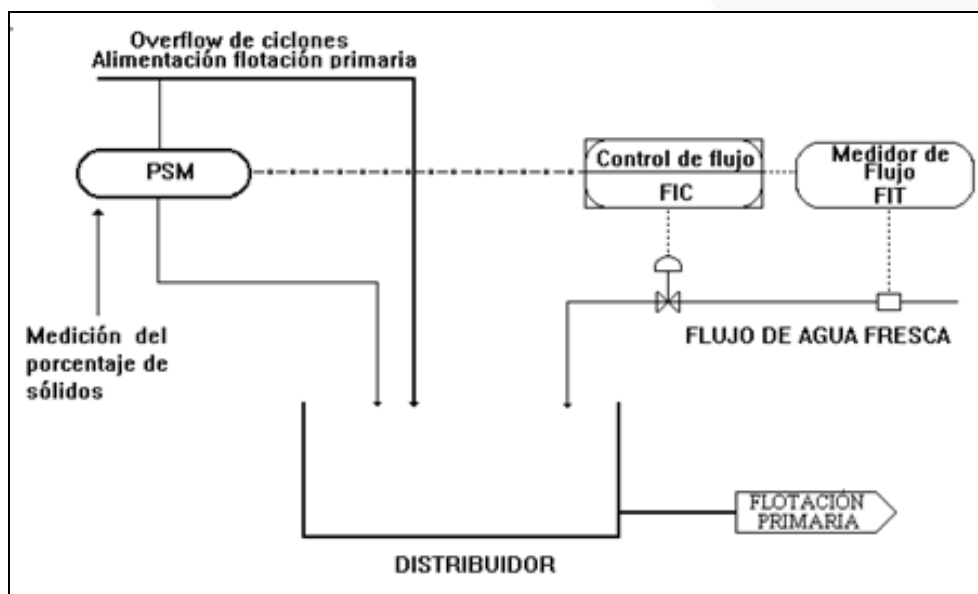


Figura 80 Control de densidad alimentación flotación primaria

21.2 Control pH de la pulpa de alimentación celdas primarias

El pH de la pulpa de alimentación a las celdas de flotación primaria se controla actuando sobre la alimentación de lechada de cal a la molienda SAG. La medición de pH se realiza en los cajones distribuidores a flotación primaria. La Figura 81 muestra un esquema del control de pH.

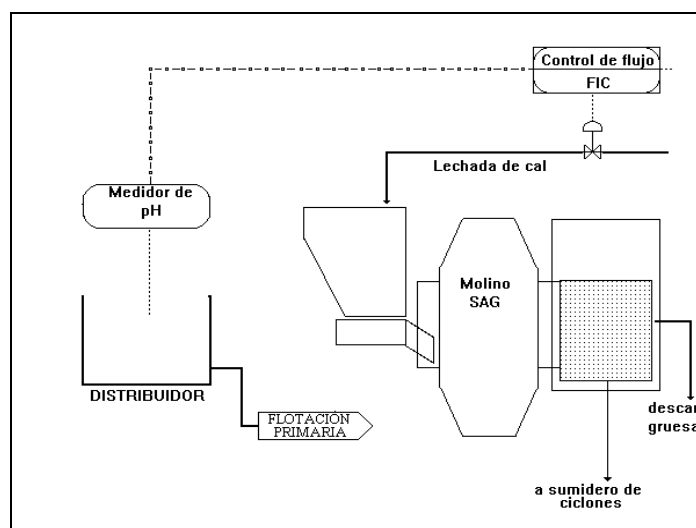


Figura 81 Esquema de control de pH en flotación primaria.

21.3 Control de nivel de las celdas de flotación

El control de nivel de cada banco se realiza midiendo el nivel de la última celda y actuando sobre las válvulas tapón de la caja de traspaso. La referencia de nivel la puede fijar el operador desde el DCS (Figura 82).

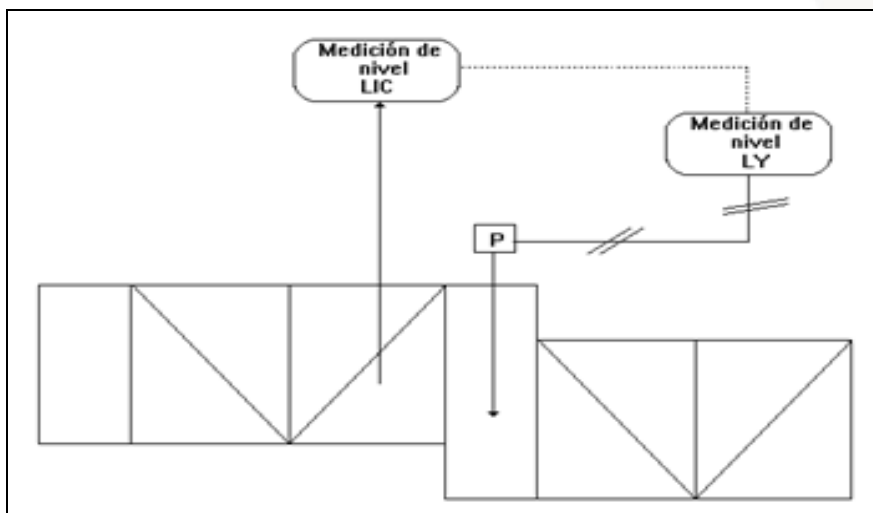


Figura 82 Control de nivel en celdas

En la Figura 83 se presenta un sistema clásico de control de nivel en celdas de flotación.

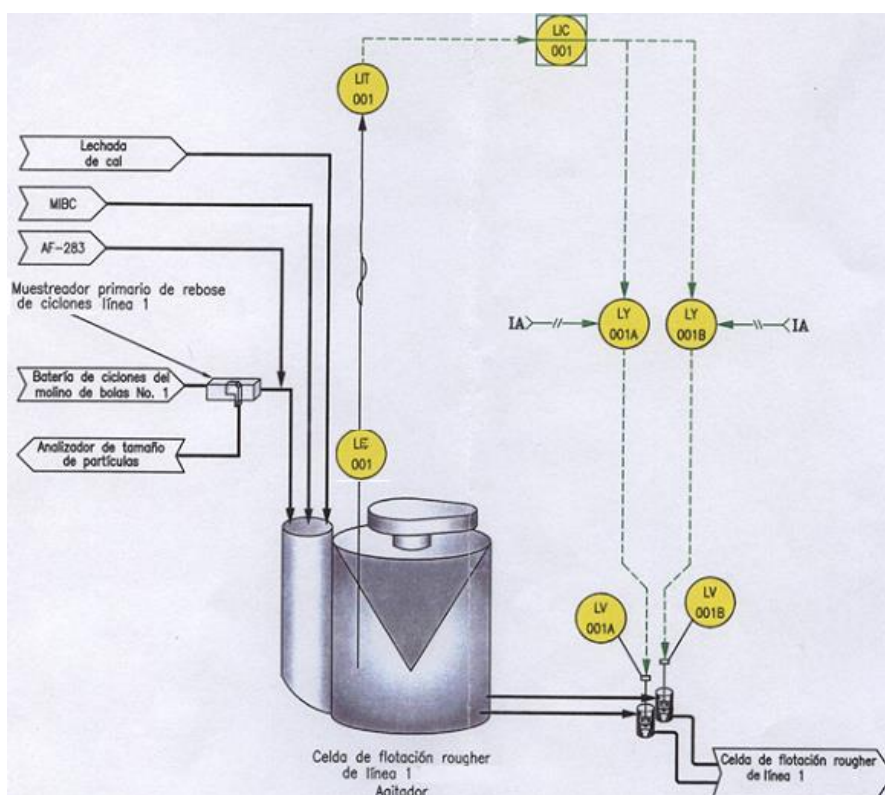


Figura 83 Sistema clásico de control de nivel en celdas de flotación

Los controles presentes en el sistema de la Figura 83 son:

- LE : SENSOR DE NIVEL.
- LIT : TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL.
- LIC : CONTROLADOR INDICADOR DE NIVEL
- LY : CONVERTOR DE NIVEL.
- LV : VÁLVULA DE NIVEL.

La información de nivel llega (LE y LIT) llega al controlador que envía una señal eléctrica que es convertida a neumática y actúa sobre las válvulas de tapón, regulando el nivel de la celda.

21.4 Comando de válvulas neumáticas ON-OFF.

21.4.1 Comando de válvulas tapón

Este control permite el accionamiento de las válvulas tapón y consiste en un cilindro neumático de "doble efecto" (aire para abrir y para cerrar) y una válvula neumática de accionamiento manual. El operador posiciona dicha válvula para subir o bajar el tapón (ver esquema típico de funcionamiento en la Figura 84).

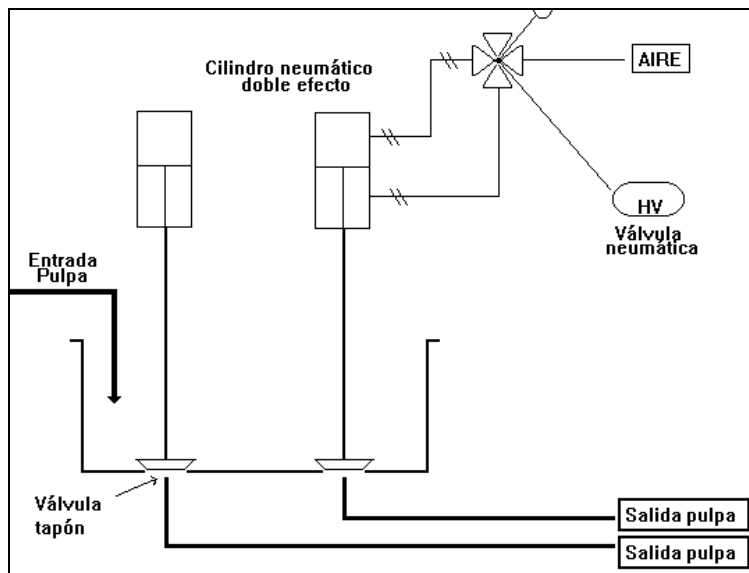


Figura 84 Comando típico de válvulas tapón

Los equipos que poseen este sistema de comando son:

- Cajón de bombeo a hidrociclones.
- Cajón distribuidor a molinos.

21.4.2 Comando de válvulas cuchillo y pinch.

Este manejo de válvulas es similar al utilizado en el caso de las válvulas tapón (Figura 84). Se compone de un cilindro operado por una válvula neumática de accionamiento manual o eléctrico.

Válvulas en cajón traspaso concentrado scavenger 1ª limpieza

La descarga de este cajón se realiza mediante dos válvulas cuchillo, con cilindro de doble efecto, accionado mediante una válvula neumática, 4 vías, y de operación manual (se necesita aire para abrir y para cerrar).

En la Figura 85 se muestra la disposición del sistema de control usado para descargar dicho cajón.

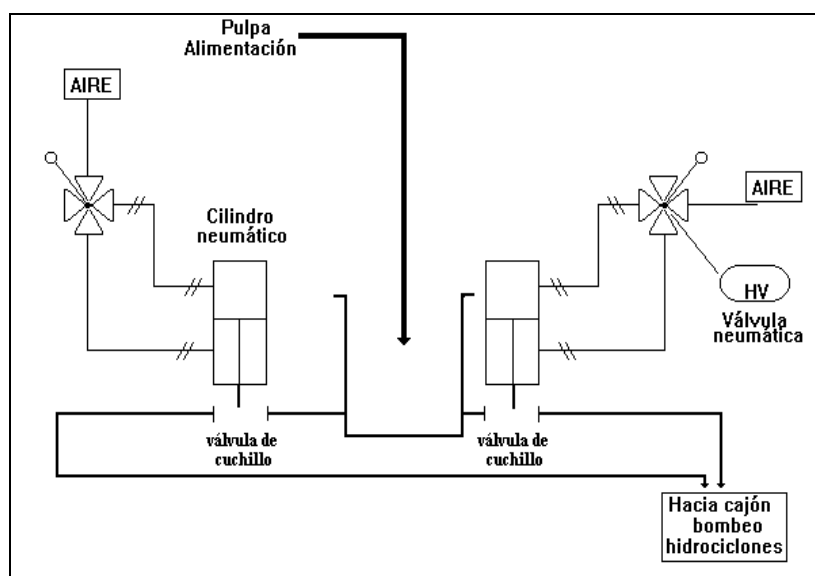


Figura 85 Sistema de comando de válvulas de cuchillo en la descarga del cajón de traspaso scavenger 1ª limpieza

21.4.3 Control mediante válvulas pinch

El accionamiento de la válvula pinch se efectúa en base a un cilindro de efecto simple (aire para cerrar y resorte para abrir) y una válvula neumática de operación manual.

El interruptor de presión sirve para indicar al operador de la sala de control, la posición que posee la válvula Pinch: abierta (cilindro con presión) o cerrada (cilindro sin presión).

21.5 Control en bombas de piso.

En la Figura 86 se muestra el esquema de lazo de control que comanda las bombas de piso sector molinos. La bomba parte automáticamente, cuando el interruptor detecta pulpa en el estanque. La bomba se detiene si se detecta estanque vacío.

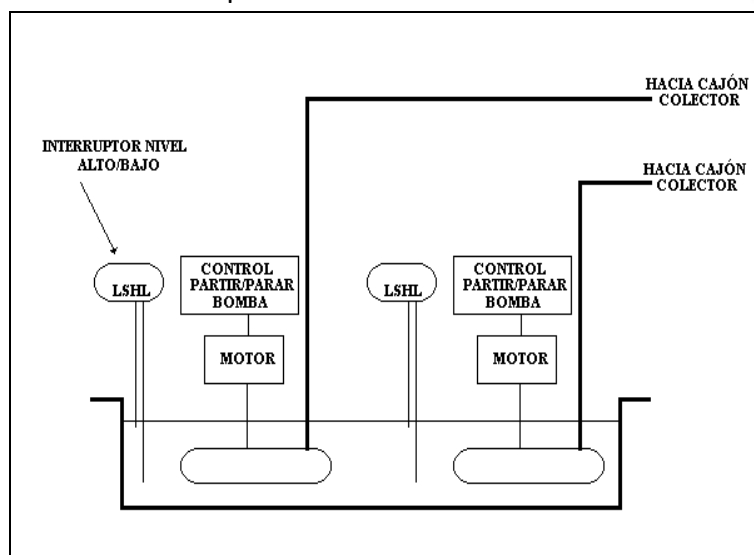


Figura 86 Esquema lazo control bombas de piso.

22 Instrumentación.

22.1 Acondicionamiento de pulpa

El objetivo del control operacional asociado a esta etapa es acondicionar la pulpa a los valores de pH y porcentajes de sólidos requeridos para la operación.

La instrumentación es la siguiente:

- Válvulas automáticas de adición de agua.
- Válvulas automáticas de adición de lechada de cal.
- Analizadores de muestras para determinar leyes de Cu, Fe, Mo, Zn, As y densidad.

22.2 Flotación rougher o primaria

La instrumentación asociada a esta etapa es:

- Válvulas de tapones electroneumática.
- Botoneras partir/parar agitadores.

- Medidor de pH.
- Analizadores de muestras.

22.3 Remolienda de concentrado

La instrumentación asociada a esta etapa es:

Molinos de remolienda:

- Medidores de potencia y corriente.
- Botoneras partir/parar molino.
- Medidores de temperatura molinos.
- Flujómetros.
- Válvulas automáticas de adición de agua.
- Bombas de alimentación a hidrociclones.

Variadores de velocidad:

- Interruptores de flujo bajo agua de sello.
- Medidores de presión.
- Medidores de nivel.
- Válvulas electroneumática.

Batería de hidrociclones:

- Medidores de presión.
- Válvulas electroneumáticas.

22.4 Flotación cleaner o limpieza

La instrumentación asociada a esta etapa es:

- Válvulas de tapones electroneumáticas.
- Botonera partir/parar agitadores.
- Medidor de pH.

22.5 Flotación recleaner o relimpieza

La instrumentación asociada a esta etapa es:

- Válvulas de tapones electroneumáticas.
- Botonera partir/parar agitadores.

22.6 Distribución de reactivos

La instrumentación asociada a esta etapa es:

- Medidores de nivel.
- Variadores de velocidad.

Flotación de Molibdeno

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual en grupos, deberán conocer y luego operar, desde una sala de operación de una planta, el proceso de Flotación de Molibdeno con celdas convencionales.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con la operación de las celdas de flotación y equipos anexos.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla.

Aplicar los sistemas de control de automatización multivariable (software de operación) del sistema al proceso de flotación en celdas convencionales, según estándares y procedimientos.

Verificar desde sala de control funcionamiento mecánico de las celdas de flotación y equipos anexos del proceso, para detectar desperfectos según estándares y procedimientos.

Realizar desde sala de control ajustes de parámetros y variables de operación al proceso de flotación en celdas y equipos anexos para normalizar operación, de acuerdo a condiciones de operación y procedimientos.

Programar mantenciones a equipos del proceso de flotación en celdas, para mantener alta disponibilidad operacional, según estándares y procedimientos

Incorporar desde panel de control dosificación de reactivos de flotación, cal, y otros, en el proceso de flotación en celdas, de acuerdo a las necesidades del proceso y procedimiento.

Estrategia Metodológica para el Instructor.

El instructor, explica tecnología y componentes del simulador, pantallas donde aparecen las celdas de flotación y equipos anexos e interfaces.

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las utilizadas en las salas de control modernas, sin ninguna conexión real a un equipo o maquinaria.

El Visualizador de Sala de Control

Es el módulo de visualización de maquinaria, también simulado. Este módulo está generado con equipos 3D simulados y con imágenes capturadas de pantallas reales. Lo importantes es que los participantes puedan también observar los cambios que se producen en la operación de las celdas al realizar cambio de variables y parámetros en la pantalla del PC.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes a medida que explica el proceso de la flotación, según lo expuesto en clases.

Software de Simulación Multivariable	x
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 26

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en una pizarra, paso a paso, el procedimiento de simulación del proceso de flotación.

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo en el formulario que el instructor les entregará para control de los riesgos presentes, tal como si estuvieran en una faena minera.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida de que vaya realizando la actividad, para medir grado de conocimientos teóricos, a fin de confirmar los mismos.

Los elementos de protección personal obligatorios que el participante debe ocupar en el desarrollo de la actividad deben ser los mismos a los empleados de acuerdo a la ocupación, y serán estos:



Figura 87 Elementos de protección personal obligatorios

Materiales y Recursos.

- 1 computador con software de simulación por participante, conectados en línea con el PC del instructor.
- 1 data en sala de clases.
- 1 cuaderno y lápiz por participante

Desarrollo de la Actividad



Figura 88 Instructor y participante en una pantalla del simulador de control de la flotación

1. Los participantes reciben instrucción de parte del instructor, acerca de los objetivos del aprendizaje.

2. Los participantes reconocen el simulador y se familiarizan con sus controles, proceso asistido por el instructor.
3. El instructor proyecta una simulación de las celdas de flotación, con el data en la pizarra y explica la operación, los componentes y fallas operacionales de la columna y de los equipos auxiliares (bombas, válvulas, sistema agua lavado espuma, sistema de aire instrumentación, etc.).
3. Luego cada participante, desde su PC ingresan al simulador, reconociendo las celdas de flotación y equipos auxiliares a través de la simulación proyectada por el software.
4. Los participantes a través del simulador operan la celdas de flotación, chequeando funcionamiento de los equipos y, monitoreando desde pantalla simulada de sala de control parámetros y ajustando variables (dosificación de reactivos, razón de Bias, etc.)
5. Los participantes coordinan en el software simulador la detención y puesta en servicio de las celdas y equipos auxiliares, simulando entrega de equipos a mantención y posterior puesta en marcha de estos.
6. Finalizada la actividad, el simulador genera reporte de aprendizaje del participante, instrumento con el cual el instructor evaluará al participante

Cierre de la actividad

El instructor analizará con los participantes el desarrollo de la actividad con el software de simulación de las celdas de flotación y equipos anexos, destacando que esta misma operación es la que se realiza en las sala de control en la faena y que cualquier error o mala coordinación de esta operación de control puede generar pérdidas a la producción, daños a la empresa, daños a los equipos, provocar algún incidente, etc.

23 Control de procesos columna de flotación

23.1 Criterio de control en una columna de flotación (celda columnar).

En una celda de flotación columnar, el criterio de control cumple con la finalidad de obtener un adecuado manejo sobre el nivel de la espuma, el cual para estos fines es el concentrado final.

23.2 Control del nivel de celda de flotación en columna.

El control de nivel de pulpa en general consiste de un medidor de nivel, sistema de control y de una válvula de regulación. Las válvulas de regulación usualmente son válvulas pinch.

El controlador actúa directamente sobre el nivel de pulpa que debe evacuar la celda, el cual se apoya en la función que realiza un flotador ubicado en el interior de la columna, y es exactamente igual al existente en el sistema convencional de celdas, es decir a través de una señal sónica. El mecanismo sobre lo que está basado el funcionamiento del flotador es la diferencia que existe entre las densidades de la pulpa y la espuma.

El controlador de nivel está montado sobre la plataforma del overflow de la columna, asignándose a cada celda columna un controlador. (Figura N° 89).

23.3 Control del nivel de la espuma

El mecanismo mediante el cual se desea controlar el nivel de la espuma se describe a continuación:

- 1.- Se fija en el set point el nivel de espuma deseado.
- 2.-De acuerdo a la posición del flotador, éste actúa sobre el controlador, el cual y de acuerdo al set point de referencia indicado por el operador, envía una señal que ajusta la válvula que controla la salida de la columna, produciendo por consiguiente una evacuación de pulpa por el sector inferior de la celda, esto por ende regula la altura de la celda.
- 3.- El criterio operacional es trabajar dichas columnas con una altura de nivel de espuma de 0,4 - 0,8 mt de espuma.

23.4 Instrumentación y control

Los objetivos principales para un sistema de control de columnas son mantener un Bias y una interface pulpa/espumas razonablemente estable dentro de la columna, los lazos de control más usados son (Figura 89):

- Lazo de control de Bias
- Lazo de control de Aire
- Lazo de control de Interface-Agua de lavado.

El Bias se puede definir como la razón entre el flujo de colas y el flujo de alimentación de las columnas.

Un Bias positivo corresponde a una razón mayor a uno. La introducción del agua de lavado permite a la columna operar con un Bias positivo, el cual asegura que cualquier partícula de ganga liberada será reportada preferentemente a la cola de la columna (relave), en caso de alimentación con muy alta ley podría darse el caso de un Bias negativo.

Bias positivo = Pulpa de relave mayor a la pulpa del alimentación.

Bias negativo = Pulpa de relave menor a la pulpa del alimentación.

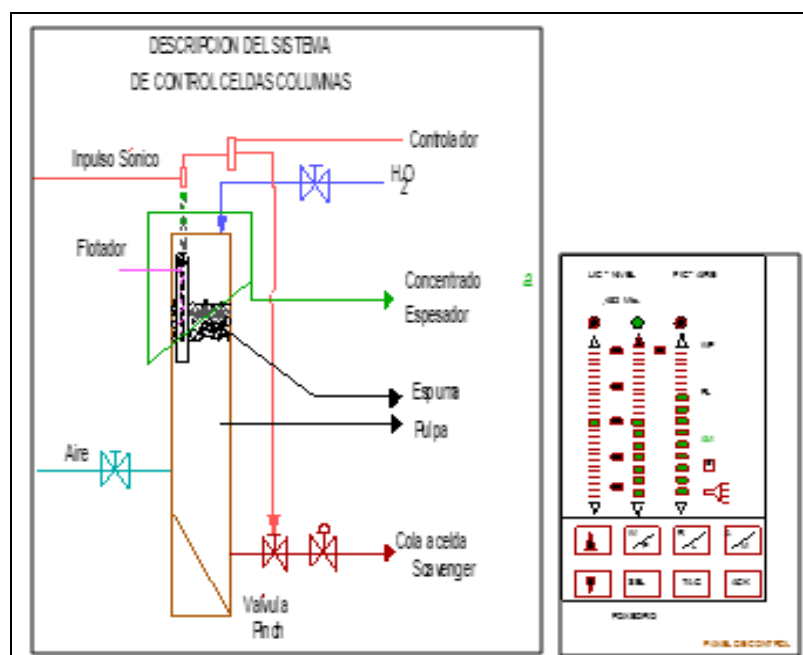


Figura 89 Sistema de control de nivel en celdas de columnas

23.5 Control flujo de agua lavado espuma

La adición de agua se realiza a la columna, por la parte superior, en forma suave para evitar ruptura de burbujas.

El lavar las espumas es una manera adicional para remover impurezas de la espuma de flotación.

El agua de lavado aumenta la estabilidad de la espuma permitiendo la construcción de una cama de espuma profunda.

A través de esta cama se mantiene un flujo neto descendente de agua, el cual impide el arrastre hidráulico de minerales no flotables.

Además, el agua de lavado sirve para estabilizar la espuma al hacer de las burbujas una camada compacta y resistente.

23.6 Control flujo de aire al difusor de la columna

Las columnas de flotación no tienen un sistema de agitación mecánica.

El aire necesario para la flotación es inyectado dentro de la columna mediante una serie de lanzas de aire o tubos difusores, los cuales están ubicados en la parte inferior de la columna.

El mecanismo básico de colección de partículas en la celda columna consiste en la colisión suave y unión de las partículas sobre la superficie interfacial de una burbuja gaseosa, por lo tanto, el aire proveerá el medio de transporte de los sólidos hasta el nivel de rebose.

El control de aire en la celda se hace midiendo el tiempo de éste en el interior de la misma, lo que en inglés se llama **holdup**, que se define como la fracción de aire presente en la pulpa de cualquier celda de flotación expresada en porcentaje y se determina fácilmente implementando dos visores: uno en la parte inferior y otro en la parte superior de la columna (Figura 90), deduciendo que la diferencia de niveles a través de dichos visores debe ser proporcional al aire contenido dentro de la celda.

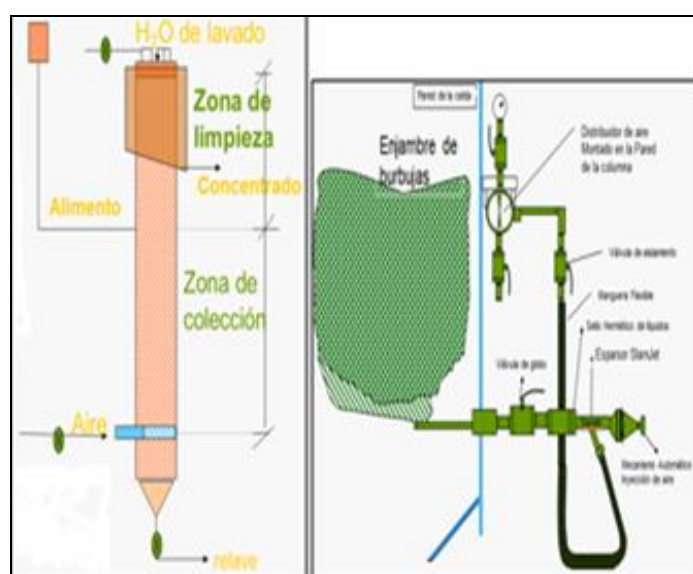


Figura 90 Ingreso aire en la celda columnar

23.7 Control de la densidad de pulpa y el porcentaje de sólidos en la alimentación

Debido a la eficiente acción de limpieza dada por la combinación de la espuma y el Bias positivo, se puede utilizar un alto % de sólidos en la pulpa de alimentación, sin afectar la ley de concentrado.

23.8 Sistema de control en una celda de columna

Una instrumentación más automatizada comprende lo siguiente Figura 91:

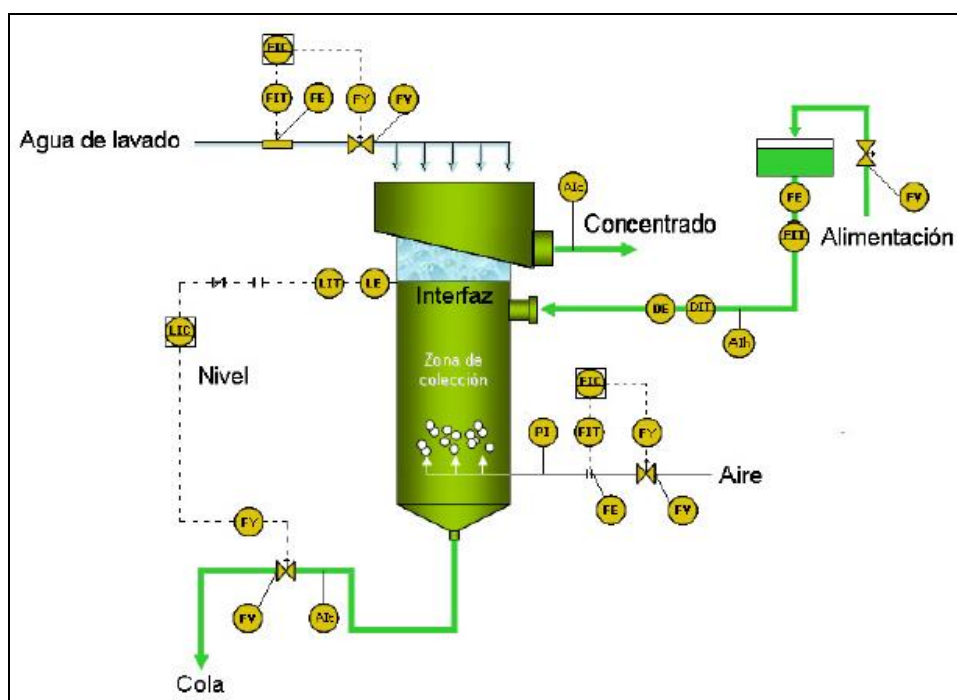


Figura 91 Sistema de control de una celda columnar

Instrumentación según su variable a controlar:

1. Flujo agua lavado

FIT: Transmisor indicador de flujo agua lavado.
FIC: Controlador indicador de flujo lavado.
FY: Conversor de señal de 4 a 20 mA a 3 a 15psi
FV: Válvula flujo agua lavado.

2. Ley de concentración

AIC: Controlador indicador de análisis (ley de mineral).

3. Flujo alimentación

FE: Sensor de flujo alimentación columna.
FIT: Transmisor flujo alimentación columna.
FV: Válvula de flujo alimentación columna.

4. Flujo alimentación

DE: Sensor de flujo alimentación columna.
DIT: Transmisor flujo alimentación columna.
FV: Válvula de flujo alimentación columna.

5. Ley de alimentación

AIT: Transmisor indicador de análisis (ley de alimentación).

6. Nivel celda columnar.

LE: Sensor de nivel.
LIT: Transmisor indicador de nivel.
LIC: Controlador indicador de nivel.
FY: Conversor de señal de 4 a 20 mA a 3 a 15psi.
FV: Válvula flujo agua lavado.

7. Ley de colas

AIT: Controlador indicador de análisis (ley de colas).

8. Presión entrada de aire

PI: Indicador de presión.

9. Flujo aire celda columnar

FE: Sensor de flujo.
FIT: Transmisor indicador de flujo de aire.
FIC: Controlador indicador de flujo de aire.
FY: Conversor de señal de 4 a 20 mA a 3 a 15psi.
FV: Válvula flujo de aire.

23.9 Instrumentación de terreno



Figura 92 Sensor/transmisor ultrasónico de nivel



Figura 93 Válvulas y sensor/transmisor de aire



Figura 94 Sparjet para la inyección de aire y válvula alimentación agua lavado

La gran parte de los instrumentos utilizados en la automatización de las celdas columnar son familiares para la mayoría de industrias, siendo el controlador indicador de análisis o leyes el que se diferencia del resto de instrumentos. Este instrumento es el mejor indicador del funcionamiento de un proceso de flotación, pero incorpora una serie de desventajas que son muy difíciles de subsanar, de ahí, que se han investigado diversas formas de obtener los datos de leyes de una forma más confiable y disponible.

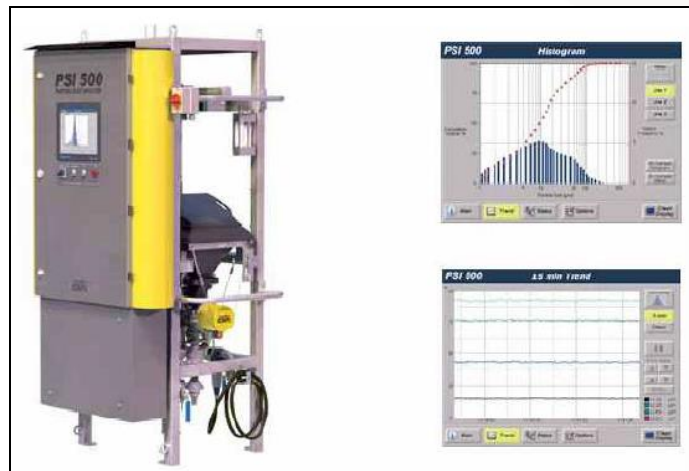


Figura 95 PSI 500 Analizador granulometría y % de sólidos. Outokumpu

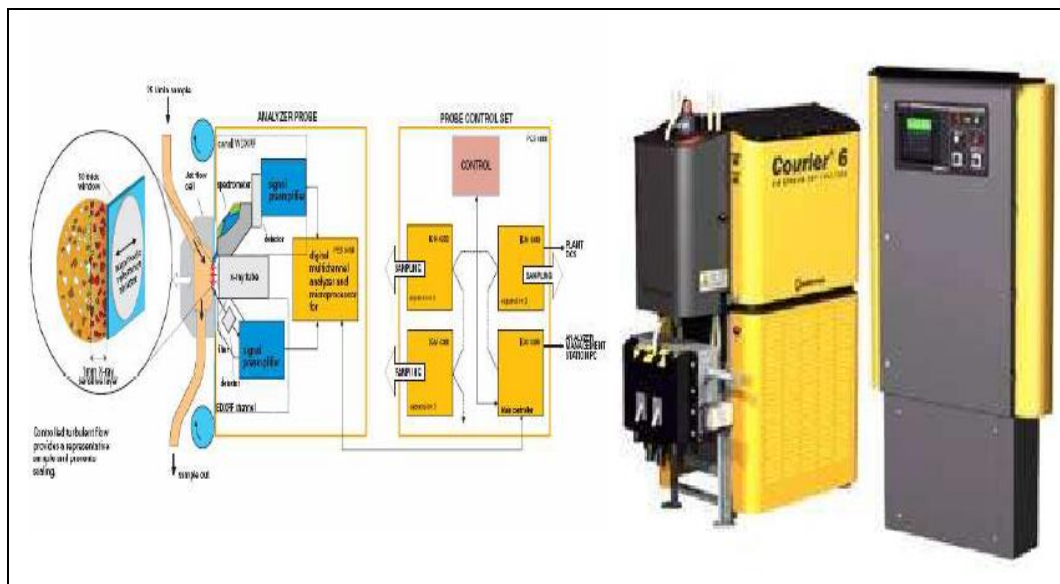


Figura 96 Analizador Courier 30XP analizador de leyes

El instrumento más empleado en plantas, para medir las leyes del concentrado y cola es el Analizador Courier 30XP (Figura 96), comprende básicamente las siguientes consideraciones:

- El muestreo y análisis se lleve a cabo en forma automática y consistente las 24 horas del día. Esto permite ahorros en costos de medición y muestreo metalúrgico.
- La recuperación puede mejorar en la medida que se detecten y corrijan rápidamente las perturbaciones del proceso. A este nivel, las mediciones frecuentes son necesarias para el monitoreo y control de proceso en tiempo real.

- La calidad del concentrado sea controlable y se pueda minimizar las variaciones no deseadas, permitiendo de esta manera, optimizar la operación de la planta con una menor cantidad de carga circulante, lo que se traduce en un mejor rendimiento.
- La precisión de las mediciones sean comparables a la de un laboratorio que analiza muestras manuales de alta calidad. Dado que los analizadores Courier® en línea utilizan la misma tecnología de análisis de Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Longitud de Onda
- (WDXRF) que se utiliza en los analizadores de laboratorio de alto rendimiento.
- Los resultados de las pruebas y modificaciones de proceso estén disponibles enseguida, lo que motiva y acelera el desarrollo del proceso.
- El sistema analizador de leyes pueda ser modernizado y expandido en la medida que cambian los requerimientos de la planta.

24 Balance metalúrgico.

24.1 Objetivos del balance de masa.

El problema del balance de material en un diagrama de flujo o circuito de un proceso, aumenta la necesidad de evaluar la distribución de los distintos componentes de los flujos del proceso de la planta. En general, los balances másicos son usados para:

- Inventarios metalúrgicos (libro de requerimientos, diario, mensuales o anuales).
- Auditoria del proceso (problemas, diagnóstico, desempeño y estadística para el control del proceso).
- Modelación del proceso (evaluación de los parámetros del modelo para los datos del balance de masa).
- Control y optimización del proceso (observación de los estados del proceso, para realizar la acción de control).
- Requerimientos medio - ambientales.

24.2 Datos para el cálculo del balance de masa

El cálculo del balance de material se ejecuta aplicando los principios básicos de equilibrio, donde el material sufre un proceso de transformación físico o químico de carácter constante. Las variables de los procesos, usadas para expresar la conservación de la masa son:

- Velocidad de flujo (pulpa, agua, mena).
- Concentración de especies (fracción de masa).
- Peso específico.

Idealmente, si una medida tiene el valor verdadero igual a la variable de cada uno de los procesos de un diagrama de flujo, el problema del balance de masa no debería existir. Sin embargo, la realidad de los procesos industriales implica que:

- Solo una pequeña cantidad de variables en un proceso pueden ser medidas.
- La cantidad medida de estas variables están sujetas a errores desde varios orígenes.

24.3 Red de flujos y ecuaciones del balance de masa

Es muy importante describir el circuito de procesamiento de minerales en términos de redes de nodos y ramas, de tal modo de poder formular las ecuaciones generales de la conservación de masa. Las ramas corresponden a elementos del proceso que sólo transportan material y los nodos son puntos del proceso en los cuales se conectan varias ramas. Esta descripción, aplicada a flujos de masa y agua da origen a una red de variables llamadas variables macroscópicas, y si se aplica a la distribución de tamaño de partículas o análisis químico, esta red de variables pasa a llamarse variables microscópicas.

24.4 Balances de flujos másicos totales

Para el caso particular en que las corrientes del nodo estén caracterizadas por un solo componente, por ejemplo ley de cobre o alguna fracción granulométrica, el balance de los flujos másicos en un separador se establece mediante el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Balance de masa total:} \quad & F_1 = F_2 + F_3 \\ \text{Balance del componente } f: \quad & F_1 \cdot f_1 = F_2 \cdot f_2 + F_3 \cdot f_3 \end{aligned}$$

Donde F_1 es la corriente de alimentación al nodo, F_2 y F_3 las dos corrientes de salida y f_1 , f_2 y f_3 son los respectivos valores del componente f en las corrientes.

Normalmente se conoce el flujo másico de alimentación y la composición de los distintos flujos, por lo cual el sistema anterior es compatible y su resolución permite calcular los dos flujos de salida. Resolviendo este sistema se obtiene:

$$F_2 = \frac{f_1 - f_3}{f_2 - f_3}$$

$$F_3 = \frac{f_1 - f_2}{f_2 - f_3}$$

24.5 Ejercicios de balance másico en un proceso de flotación.

Problema resuelto.

Cálculo de todos los flujos, para el siguiente circuito (Figura 97):

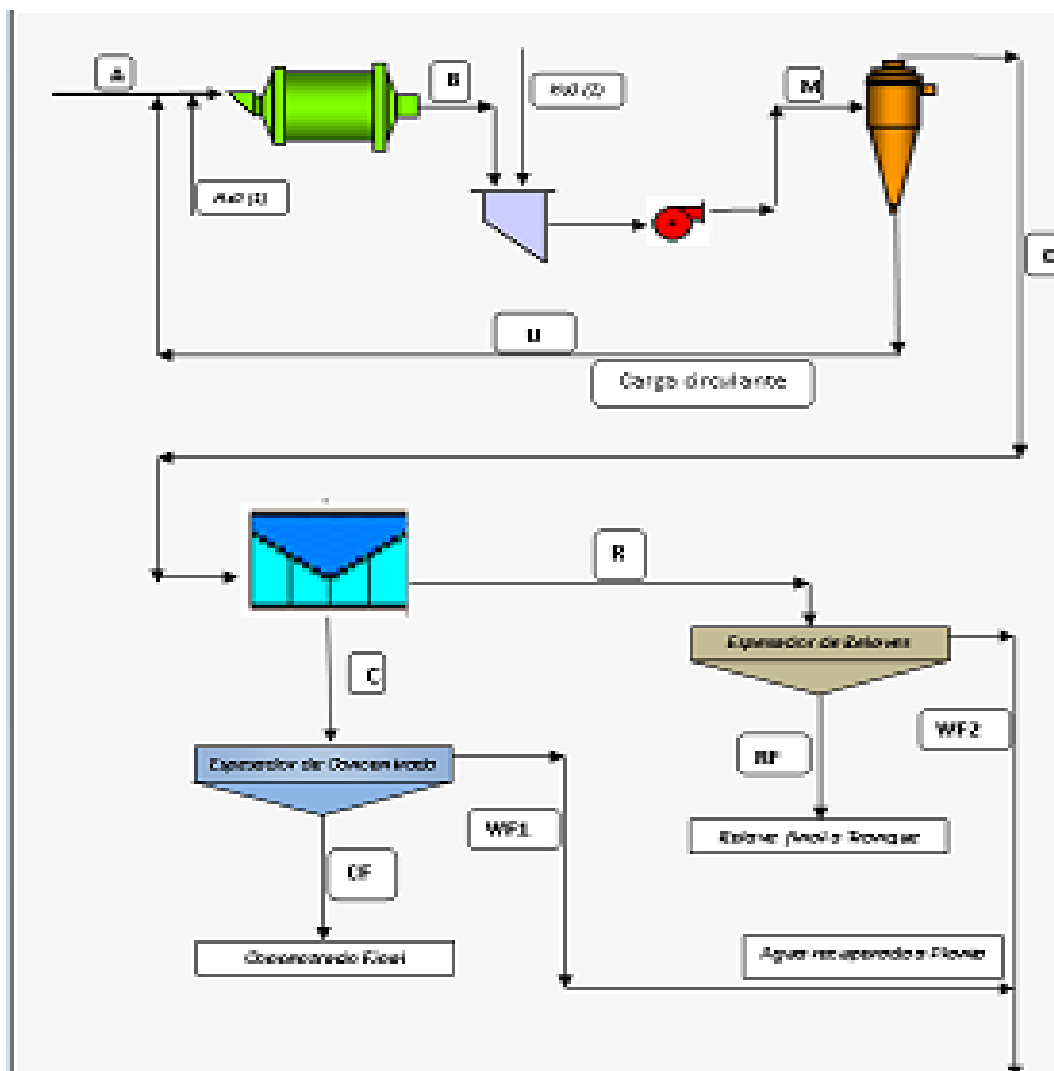


Figura 97 Circuito planta concentradora

Los datos son: $\rho_L = 1 \text{ gr/cc (agua)}$

A= 9950 ton/hora.

$\rho_{SA} = 2,70 \text{ Ton/m}^3$.

Corriente A (alimentación planta)	Valor parámetro	Parámetro	Valor calculado
Flujo alimentación planta	9950	A	Ton/hr
Densidad de los sólidos	2,70	ρ_{SA}	Ton/m^3
Volumen de sólidos en A	3.685,19	V_{SA}	m^3/hr
Cantidad de agua para que $X_B = 0,79$	2644,94	$H_2O (1)$	m^3/hr
Ley mineral de Cobre	1,7	Cu	%
Cantidad de Cobre en la alimentación (cobre fino)	169,15	Cu	Ton/hr

Tabla 27

- Flujo Alimentación Planta:
9950 Ton/hr

- Volumen de Sólidos:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}; V_s = \frac{M_s}{\rho_s}; V_s = \frac{9.950 \text{ Ton/Hr}}{2,7 \text{ Ton/m}^3}; V_s = 3.685,19 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

- Cantidad de Agua para que $X_B = 0,79$:

$$V_L = \frac{\frac{M_s - M_s}{X}}{1}; V_L = \frac{\frac{9950 \frac{\text{Ton}}{\text{Hr}}}{0,79 \text{ Ton}} - 9950 \frac{\text{Ton}}{\text{Hr}}}{1}; V_L = 2644,94 \frac{\text{M}^3}{\text{hr}}$$

- Cantidad de cobre en la alimentación (cobre fino):

$$\frac{M \cdot Cu}{100}; Cu_a = \frac{9950 \frac{\text{Ton}}{\text{Hr}} \cdot 1,7}{100}; Cu_a = 169,15 \frac{\text{Ton}}{\text{Hh}}$$

Corriente B (descarga molino)			
Volumen de pulpa en B, si $X_B = 0,79$	13736,35	V_{PB}	m^3/hr
Masa de sólidos en B	21591,5	m_B	Ton/hr
Fracción de sólidos en B	0,79	X_B	--
Dilución en B	0,27	D_B	--
¿Cuánta agua debo agregar en el cajón de descarga molino, para que $X_M = 0,55$	17665,77	$H_2O (2)$	m^3/hr
Densidad de la pulpa en B	1,99	ρ_{PB}	Ton/m^3

Tabla 28

$$CC = \left[\frac{1}{1-\theta} - 1 \right] * 100$$

$$\theta = \frac{XU - (XA - XU)}{XO(XU - XO)} ; \theta = \frac{0,80 - (0,55 - 0,40)}{0,55(0,80 - 0,40)} ; \theta = \frac{0,12}{0,22} ; \theta = 0,54$$

$$CC = \left[\frac{1}{1-\theta} - 1 \right] * 100 ; CC = \left[\frac{1}{1-0,54} - 1 \right] * 100 ; CC = 117,39\%$$

- Masa de sólidos en B:

$$Rcc = \frac{U}{A} ; 1,17 = \frac{U}{9950 \text{ ton/hr}} ; U = 1,17 * 9950 \frac{\text{Ton}}{\text{Hr}} ; U = 11641,5 \text{ Ton/Hr}$$

$$U + A = B ; 11641,5 \text{ Ton/hr} + 9950 \text{ Ton/Hr} = B ; 21591,5 \text{ Ton/Hr} = B$$

- Volumen de pulpa en B, si $X_B = 0,79$:

$$Vp = \frac{Ms}{\rho_s} + \frac{Ms - Ms}{1} ; Vp = \frac{21591,5 \text{ Ton/hr}}{2,7 \text{ Ton/m}^3} + \frac{\frac{21591,5 \text{ Ton/hr}}{0,79} - 21591,5 \text{ Ton/Hr}}{1}$$

$$Vp = 7996,85 \text{ M}^3/\text{hr} + 5739,5 \text{ M}^3/\text{hr} , Vp = 13736,35 \text{ M}^3/\text{Hr}$$

- Dilución en B:

$$\frac{100 - X}{X} ; \frac{100 - 79}{79} ; 0,27$$

- ¿Cuánta agua debo agregar en el cajón de descarga molino, para que $X_M = 0,55$:

$$PH_{2O} = \left(\frac{Masa}{X} \right) - Masa ; P_{H_{2O}} = \left(\frac{21591,5}{0,55} \right) - 21591,5 ; P_{H_{2O}} = 39257,27 \text{ Ton/Hr} - 21591,5 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H_{2O}} = 17665,77 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho_s} ; V = \frac{17665,77 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3} ; V = 17665,77 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Densidad de la pulpa en B:

$$\rho_p = \frac{\rho_s}{(\rho_s + X) - (\rho_s * X)} ; \rho_p = \frac{2,7 \text{ ton/m}^3}{(2,7 \text{ Ton/m}^3 + 0,79) - (2,7 \text{ Ton/m}^3 * 0,79)} ; \rho_p = \frac{2,7 \text{ Ton/m}^3}{1,91 \text{ Ton/m}^3 - 2,13 \text{ Ton/m}^3}$$

$$\rho_p = \frac{2,7 \text{ ton/m}^3}{1,36 \text{ Ton/m}^3} ; \rho_p = 1,99 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

Corriente M (aliment. Hidrociclón)			
Densidad de sólidos	2,7	ρ_{SM}	Ton/m ³

Masa de sólidos en M	21591,5	m_M	Ton/hr
Fracción de sólidos	0,55	X_M	--
Volumen de agua	17665,77	V_{LM}	m^3/hr
Densidad de la pulpa	1,53	ρ_{PM}	Ton/m^3
Dilución	0,82	D_M	--

Tabla 29

- Masa de sólidos en M:

$B=M$; $B= 21591,5Ton/Hr$; $M= 21591,5Ton/Hr$

- Volumen de agua:

$$P_{H2O} = \left(\frac{Masa}{X} \right) - Masa ; P_{H2O} = \left(\frac{21591,5}{0,55} \right) - 21591,5 ; P_{H2O} = 39257,27 Ton/Hr - 21591,5 Ton/Hr$$

$P_{H2O} = 17665,77 Ton/Hr$.

$$V = \frac{Ms}{\rho_s} ; V = \frac{17665,77 Ton/Hr}{1 Ton/m^3} ; V = 17665,77 \frac{M^3}{Hr}$$

- Densidad de la pulpa:

$$\rho_p = \frac{\rho_s}{(\rho_s X) - (\rho_s X)} ; \rho_p = \frac{2,7 ton/m^3}{(2,7 Ton/m^3 + 0,55) - (2,7 Ton/m^3 * 0,55)} ; \rho_p = \frac{2,7 Ton/m^3}{3,25 Ton/m^3 - 1,49 Ton/m^3} ;$$

$$\rho_p = \frac{2,7 ton/m^3}{1,77 Ton/m^3} ;$$

$$\rho_p = 1,53 \frac{Ton}{m^3}$$

- Dilución:

$$\frac{100-X}{X} ; \frac{100-55}{55} ; \frac{45}{55} ; D_m = 0,82$$

Corriente O (overflow hidrociclón)			
Densidad de sólidos	2,7	ρ_{SO}	Ton/m^3
Fracción de sólidos	0,40	X_O	--
Ley de Cobre	1,7	Cu	%
Masa de sólidos en O	9950	m_O	Ton/hr
Volumen de agua	14925	V_{LO}	m^3/hr
Densidad de la pulpa	1,34	ρ_{PO}	Ton/m^3
Dilución	1,5	D_O	--

Tabla 30

- Masa de sólidos en O:

$$M=O-U; O=M-U; O = 21591,5 \text{ Ton/Hr} - 11641,5 \text{ Ton/Hr}$$

$$O = 9950 \text{ Ton/Hr}$$

- Volumen de agua:

$$PH_{2O} = \left(\frac{Masa}{X} \right) - Masa; P_{H_{2O}} = \left(\frac{9950 \text{ ton/Hr}}{0,40} \right) - 9950 \text{ Ton/Hr}; P_{H_{2O}} = 24875 \text{ Ton/Hr} - 9950 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H_{2O}} = 14925 \text{ Ton/Hr.}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho_s}; V = \frac{14925 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3}; V = 14925 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Densidad de la pulpa:

$$\rho_p = \frac{\rho_s}{(\rho_s + X) - (\rho_s \cdot X)}; \rho_p = \frac{2,7 \text{ ton/m}^3}{(2,7 \text{ Ton/m}^3 + 0,40) - (2,7 \text{ Ton/m}^3 \cdot 0,40)}; \rho_p = \frac{2,7 \text{ Ton/m}^3}{3,1 \text{ Ton/m}^3 - 1,08 \text{ Ton/m}^3};$$

$$\rho_p = \frac{2,7 \text{ ton/m}^3}{2,02 \text{ Ton/m}^3};$$

$$\rho_p = 1,34 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

- Dilución:

$$\frac{100-X}{X}; \frac{100-40}{40}; \frac{60}{40}; Do = 1,5$$

Corriente U (underflow hidrociclón)			
Densidad de sólidos	2,7	ρ_{SU}	Ton/m ³
Fracción de sólidos	0,80	X_U	--
Masa de sólidos en U	11641,5	m_U	Ton/hr
Volumen de agua	2910,38	V_{LU}	m ³ /hr
Densidad de la pulpa	2,01	ρ_{PU}	Ton/m ³
Dilución	0,25	D_U	--
% Carga Circulante	117	% CC	%
Carga circulante	11641,5	$U = CC$	Ton/hr

Tabla 31

- Masa de sólidos en U:

$$M=O-U; U=M-O; U = 21591,5 \text{ Ton/Hr} - 9950 \text{ Ton/Hr}$$

$$U = 11641,5 \text{ Ton/Hr}$$

- Volumen de agua:

$$P_{H2O} = \left(\frac{\text{Masa}}{X} \right) - \text{Masa}; P_{H2O} = \left(\frac{11641,5 \text{ ton/Hr}}{0,80} \right) - 11641,5 \text{ Ton/Hr};$$

$$P_{H2O} = 14551,88 \text{ Ton/Hr} - 11641,5 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H2O} = 2910,38 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho_s}; V = \frac{2910,38 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3}; V = 2910,38 \frac{\text{m}^3}{\text{Hr}}$$

- Densidad de la pulpa:

$$\rho_p = \frac{\rho_s}{(\rho_s + X) - (\rho_s \cdot X)}; \rho_p = \frac{2,7 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}{\left(2,7 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} + 0,80 \right) - \left(2,7 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \cdot 0,80 \right)}; \rho_p = \frac{2,7 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}}{\frac{3,5 \text{ ton}}{\text{m}^3} - \frac{2,16 \text{ ton}}{\text{m}^3}}; \rho_p = \frac{2,7 \text{ ton}}{1,34 \text{ ton}};$$

$$\rho_p = 2,01 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

- Dilución:

$$\frac{100-X}{X}; \frac{100-80}{80}; \frac{20}{80}; Du = 0,25$$

- % Carga Circulante:

$$CC = \left[\frac{1}{1-\theta} - 1 \right] * 100$$

$$\theta = \frac{XU - (XA - XU)}{XO(XU - XO)}; \theta = \frac{0,80 - (0,55 - 0,40)}{0,55(0,80 - 0,40)}; \theta = \frac{0,12}{0,22}; \theta = 0,54$$

$$CC = \left[\frac{1}{1-\theta} - 1 \right] * 100; CC = \left[\frac{1}{1-0,54} - 1 \right] * 100; CC = 117,39\%$$

- Carga circulante:

$$CC = U$$

$$R_{cc} = \frac{U}{A}; 1,17 = \frac{U}{9950 \text{ ton/hr}}; U = 1,17 * 9950 \frac{\text{Ton}}{\text{Hr}}; U = 11641,5 \text{ Ton/Hr}$$

Corriente C (concentrado)			
Densidad de sólidos	3,8	ρ_{sc}	Ton/m ³
Fracción de sólidos	0,331	X_c	--
Ley de Cobre	38	CF_{Cu}	%

Razon de concentración	25,2	K	--
Masa de sólidos en C (Concentrado producido)	394,84	m _C	Ton/hr
Volumen de agua	798,03	V _{LC}	m ³ /hr
Densidad de la pulpa	1,32	ρ _{PC}	Ton/m ³
Dilución	2,02	D _C	--
Volumen de pulpa	901,94	V _{PC}	m ³ /hr

Tabla 32

- Razón de Concentración:

$$K = \frac{C_{uc}-C_{ur}}{C_{ua}-C_{ur}}; \quad K = \frac{3,8-0,2}{1,7-0,2}; \quad K = \frac{37,8}{1,5}; \quad K = 25,2$$

- Masa de sólidos en C (Concentrado producido):

$$K = \frac{A}{C}; \quad C = \frac{A}{K}; \quad C = \frac{9950 \text{ Ton/Hr}}{25,2}; \quad C = 394,84 \text{ Ton/Hr}$$

- Volumen de agua:

$$PH_{2O} = \left(\frac{\text{Masa}}{X} \right) - \text{Masa}; \quad P_{H_{2O}} = \left(\frac{394,84 \text{ ton/Hr}}{0,331} \right) - 394,84 \text{ Ton/Hr};$$

$$P_{H_{2O}} = 1192,87 \text{ Ton/Hr} - 394,84 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H_{2O}} = 798,03 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho s}; \quad V = \frac{798,03 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3}; \quad V = 798,03 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Densidad de la pulpa:

$$\rho p = \frac{\rho s}{(\rho s + X) - (\rho s * X)}; \quad \rho p = \frac{3,8 \frac{\text{Ton}}{\text{M}^3}}{\left(3,8 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} + 0,331 \right) - \left(3,8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * 0,331 \right)}; \quad \rho p = \frac{3,8 \frac{\text{Ton}}{\text{Ms}}}{4,13 \frac{\text{ton}}{\text{ms}} - 1,26 \frac{\text{Ton}}{\text{ms}}}; \quad \rho p = \frac{3,8 \text{ ton/m}^3}{2,87 \text{ Ton/m}^3};$$

$$\rho p = 1,32 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

- Dilución:

$$\frac{1-X}{X}; \quad \frac{1-0,331}{0,331}; \quad \frac{0,67}{0,331}; \quad D_c = 2,02$$

- Volumen de pulpa:

$$Vp = \frac{Ms}{\rho_s} + \frac{\frac{Ms}{X} - Ms}{1}; \quad Vp = \frac{394,84 \text{ Ton/hr}}{3,8 \text{ Ton/m}^3} + \frac{\frac{394,84 \text{ Ton/hr}}{0,25} - 394,84 \text{ Ton/hr}}{1}$$

$$Vp = 103,91 \text{ M}^3/\text{hr} + 798,03 \text{ M}^3/\text{hr}, \quad Vp = 901,94 \text{ M}^3/\text{hr}$$

Corriente R (relave)			
Densidad de sólidos	2,3	ρ_{SR}	Ton/m ³
Fracción de sólidos	0,25	X_R	--
Ley de Cobre	0,2	RF_{Cu}	%
Masa de sólidos en R	9555,16	m_R	Ton/hr
Volumen de agua	28665,48	V_{LR}	m ³ /hr
Densidad de la pulpa	1,16	ρ_{PR}	Ton/m ³
Dilución	3	D_R	--
Volumen de pulpa	32819,9	V_{PR}	m ³ /hr

Tabla 33

- Masa de Solido en R:

$$R=A-C; \quad R=9950 \text{ Ton/Hr} - 394,84 \text{ ton/Hr}; \quad R=9555,16$$

- Volumen de agua:

$$P_{H2O} = \left(\frac{\text{Masa}}{X} \right) - \text{Masa}; \quad P_{H2O} = \left(\frac{9555,16 \text{ ton/Hr}}{0,25} \right) - 9555,16 \text{ Ton/Hr};$$

$$P_{H2O} = 382220,64 \text{ Ton/Hr} - 9555,16 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H2O} = 28665,48 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho_s}; \quad V = \frac{28665,48 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3}; \quad V = 28665,48 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Densidad de la pulpa:

$$\rho_p = \frac{\rho_s}{(\rho_s + X) - (\rho_s * X)}; \quad \rho_p = \frac{2,3 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}}{(2,3 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} + 0,25) - (2,3 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} * 0,25)}; \quad \rho_p = \frac{2,3 \frac{\text{Ton}}{\text{ms}}}{\frac{2,55 \text{ ton}}{\text{ms}} - \frac{0,55 \text{ ton}}{\text{ms}}}; \quad \rho_p = \frac{2,3 \text{ ton/m}^3}{1,97 \text{ ton/m}^3}$$

$$\rho_p = 1,16 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

- Dilución:

$$\frac{1-X}{X}; \quad \frac{1-0,25}{0,25}; \quad \frac{0,75}{0,25}; \quad Dr = 3$$

- Volumen de pulpa:

$$Vp = \frac{Ms}{\rho s} + \frac{\frac{Ms}{X} - Ms}{1} ; Vp = \frac{9555,16 \text{ Ton/hr}}{2,3 \text{ Ton/m}^3} + \frac{\frac{9555,16 \text{ Ton/hr}}{0,25} - 9555,16 \text{ Ton/hr}}{1}$$

$$Vp = 4154,42 \text{ M}^3/\text{hr} + 28665,48 \text{ M}^3/\text{hr} , Vp = 32819,9 \text{ M}^3/\text{hr}$$

Corriente CF (concentrado final)			
Fracción de sólidos	0,61	X _{CF}	--
Masa de sólidos en CF	394,84	m _{CF}	Ton/hr
Ley de Cobre	38	CF _{Cu}	%
Masa de Cu en el concentrado	150,04	Cu _{CF}	Ton/hr
Volumen de agua	798,03	V _{CF}	m ³ /hr
Volumen de agua descarga espesador	252,44	CF	m ³ /hr
Volumen de agua por el rebose del espesador	545,19	WF1	m ³ /hr
Dilución	0,64	D _{CF}	--
Recuperación metalúrgica	88,7	RM	%
Grado de enriquecimiento	22,35	ge	--

Tabla 34

- Masa de sólidos en CF:

$$C = CF; C = 394,84 \text{ ton/hr}; CF = 394,84 \text{ Ton/Hr}$$

- Masa de Cu en el concentrado:

$$CF = \frac{A \cdot \text{Ley Cu}}{100}; CF = \frac{394,84 \text{ Ton/Hr} \cdot 38}{100}; CF = \frac{15003,92 \text{ Ton/Hr}}{100}; CF = 150,04 \text{ Ton/Hr}$$

- Volumen de agua:

$$PH_{2O} = \left(\frac{\text{Masa}}{X} \right) - \text{Masa} ; P_{H_{2O}} = \left(\frac{394,84 \text{ ton/Hr}}{0,331} \right) - 394,84 \text{ Ton/Hr} ;$$

$$P_{H_{2O}} = 1192,87 \text{ Ton/Hr} - 394,84 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H_{2O}} = 798,03 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho s} ; V = \frac{798,03 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3} ; V = 798,03 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Volumen de agua descarga espesador:

$$PH_{2O} = \left(\frac{\text{Masa}}{X} \right) - \text{Masa} ; P_{H_{2O}} = \left(\frac{394,84 \text{ ton/Hr}}{0,61} \right) - 394,84 \text{ Ton/Hr} ;$$

$$P_{H_2O} = 647,28 \text{ Ton/Hr} - 394,84 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H_2O} = 252,44 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho_s} ; V = \frac{252,44 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3} ; V = 252,44 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Volumen de agua por el rebose del espesador:

$$W_f = \text{Vol. Entrada} - \text{Vol. Descarga}$$

$$W_f = 798,03 \text{ M}^3/\text{Hr} - 252,44 \text{ M}^3/\text{Hr}$$

$$W_f = 545,59 \text{ M}^3/\text{Hr}$$

- Dilución:

$$\frac{1-X}{X} ; \frac{1-0,61}{0,61} ; \frac{0,39}{0,61} ; D_{cf} = 0,64$$

- Recuperación metalúrgica:

$$R_m = \frac{C_{uc} \times (C_{ua} - C_{ur})}{C_{ua} \times (C_{uc} - C_{ur})} * 100 ; R_m = \frac{38 \times (1,7 - 0,2)}{1,7 \times (38 - 0,2)} * 100 ; R_m = \frac{38 \times 1,5}{1,7 \times 37,8} * 100 ; R_m = \frac{57}{64,26} * 100$$

$$R_m = 0,89 * 100 ; R_m = 88,7\%$$

- Grado de enriquecimiento:

$$RE = \frac{\text{Ley Conc}}{\text{Ley Alim}} ; RE = 38/1,7 ; RE = 22,35$$

Corriente RF (relave final)			
Fracción de sólidos	0,56	X_{RF}	--
Masa de sólidos en RF	9555,16	m_{RF}	Ton/hr
Ley de Cobre	0,2	RF_{Cu}	%
Masa de Cu en el relave	19,11	Cu_{RF}	Ton/hr
Volumen de agua	28665,48	V_{LRF}	m^3/hr
Volumen de agua descarga espesador	7507,63	V_{RF}	m^3/hr
Volumen de agua por el rebose del espesador	21157,85	WF_2	m^3/hr
Dilución	0,78	D_{RF}	--

Tabla 35

- Masa de sólidos en RF:

$$R = RF ; R = 9555,16 ; RF = 9555,16$$

- Masa de Cu en el relave:

$$CF = \frac{A \cdot Ley \ Cu}{100}; \quad CF = \frac{9555,16 \text{ Ton/Hr} \cdot 0,2}{100}; \quad CF = \frac{1911,03 \text{ Ton/Hr}}{100}; \quad CF = 19,11 \text{ Ton/Hr}$$

- Volumen de agua:

$$PH_{2O} = \left(\frac{Masa}{X} \right) - Masa; \quad P_{H_{2O}} = \left(\frac{9555,16 \text{ ton/Hr}}{0,25} \right) - 9555,16 \text{ Ton/Hr};$$

$$P_{H_{2O}} = 38220,64 \text{ Ton/Hr} - 9555,16 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H_{2O}} = 28665,48 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho s}; \quad V = \frac{28665,48 \text{ Ton/Hr}}{1 \text{ Ton/m}^3}; \quad V = 28665,48 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Volumen de agua descarga espesador:

$$PH_{2O} = \left(\frac{Masa}{X} \right) - Masa; \quad P_{H_{2O}} = \left(\frac{9555,16 \text{ ton/Hr}}{0,56} \right) - 9555,16 \text{ Ton/Hr};$$

$$P_{H_{2O}} = 17062,79 \text{ Ton/Hr} - 9555,16 \text{ Ton/Hr}$$

$$P_{H_{2O}} = 7507,63 \text{ Ton/Hr}$$

$$V = \frac{Ms}{\rho s}; \quad V = \frac{7507,63 \text{ Ton}}{1 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}}; \quad V = 7507,63 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

- Volumen de agua por el rebose del espesador:

$$W_f = \text{Vol. Entrada} - \text{Vol. Descarga}$$

$$W_f = 28665,48 \text{ M}^3/\text{Hr} - 7507,63 \text{ M}^3/\text{Hr}$$

$$W_f = 21157,85 \text{ M}^3/\text{Hr}$$

- Dilución:

$$\frac{1-X}{X}; \quad \frac{1-0,56}{0,56}; \quad \frac{0,44}{0,56}; \quad D_{cf} = 0,78$$

25 Enclavamientos de equipos en planta flotación

Ejemplos de enclavamientos de equipos de planta son:

25.1 Bombas alimentación hidrociclones.

Están enclavadas con:

- Agua de sello bombas, si baja la presión del agua de sello de una bomba, esta se detendrá y no saldrá hasta que la presión se reponga en el valor mínimo de presión.

25.2 Válvulas de tapones de control de nivel celdas de flotación

Están enclavadas con:

- Aire de instrumentación, si se detiene el compresor de aire por problemas del equipo o corte de energía, las válvulas se abren para evacuar las celdas y no se embanquen.

25.3 Dosificadores de reactivos.

Están enclavadas con:

- Bajo nivel estanque de reactivo, si es que no se repone reactivo en el estanque de reactivo y estas bajan de nivel, las bombas quedan fuera de servicio.

25.4 Bombas de traspaso.

Están enclavadas con:

- Nivel pozo bombeo, si el nivel del cajón de bombeo está muy bajo, las bombas se detienen para evitar el fenómeno de la cavitación.

25.5 Posición falla de tapones y válvulas:

Tapones distribuidores motorizados y mecánicos.

Ante una falla de suministro eléctrico estos tapones se cierran.

Válvulas de tapones de control de nivel celdas de flotación.

Ante una falla de suministro de energía eléctrica y una pérdida en la presión de aire, los tapones se abren.

Válvulas de cuchillo pozos alimentación bombas hidrociclones.

Ante una falla de suministro de energía eléctrica las válvulas de cuchillo de control automático se cierran.

Válvulas de cuchillo pozo de bombeo traspaso

Ante una falla de suministro de energía eléctrica las válvulas se cierran

26 Clases de Instrumentos.

26.1 Transmisores.

Los transmisores son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o combinación de estos.

Existen varios tipos de señales de transmisión: neumáticas, electrónicas, digitales, hidráulicas y telemétricas. Las más empleadas en la industria son las tres primeras, las señales hidráulicas se utilizan ocasionalmente cuando se necesita una gran potencia y las señales telemétricas cuando hay una distancia de varios kilómetros entre el transmisor y el receptor.

Los transmisores neumático generan una señal neumática variable linealmente de 3 a 15 psi para el campo de medida de 0 - 100 % de la variable.

Los transmisores electrónicos generan la señal estándar de 4 - 20 mA c.c. a distancias de 200 m a 1 km.

Las fibras ópticas en la transmisión se están utilizando en lugares de la planta donde las condiciones son duras (campos magnéticos intensos que influyen sobre la señal.). Los módulos de transmisión pueden ser excitados por fuentes de luz de LED (Light Emitting Diodes o diodos Láser).

26.2 Elementos sensores.

El sensor es un elemento que transforma la manifestación física de la variable controlada en otra que es apta de ser interpretada por el transmisor o directamente por el controlador en caso de no existir éste.

Sensores de presión.

Algunos principios utilizados para medir presión:

- Bourdón.
- Manómetro de émbolos.
- Fuelle.
- Membrana.
- Piezoeléctrico.
- Presión diferencial.

El sensor más utilizado es el sensor de presión de Bourdon.

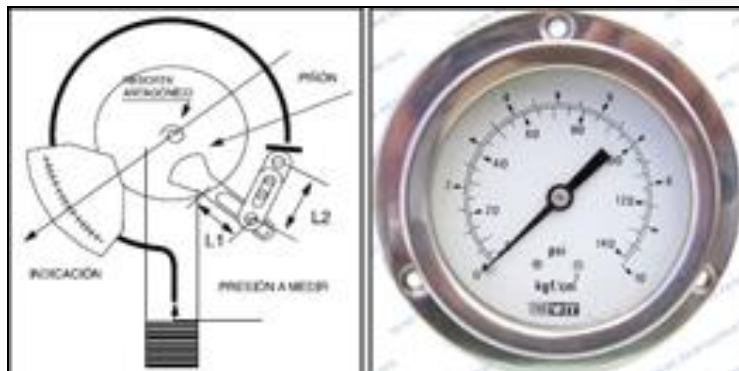


Figura 98 Bourdon

Sensores de nivel.

Métodos utilizados para medir nivel:

- Por flotador.
- Por desplazamiento.
- Diferencia de presión (altura de carga).
- Por peso.
- Capacitivo.
- Resistivo.
- Por radiación.

Más utilizado: Diferencia de presión y flotador (Figura 99).



Figura 99 Sensor de Nivel tipo flotador y de diferencia de presión

Sensores de temperatura.

Métodos utilizados para medir temperatura:

- Sistema de bulbo lleno de fluido.
- Bimetal.
- Termopar (termocupla).
- Termómetro de resistencia (PT-100).
- Dilatación.
- Radiación

Más utilizado: Sistema de bulbo lleno.



Figura 100 Termómetro de Bourdon

26.3 Medidores de caudal de fluidos

Métodos empleados para medir caudales de líquidos y gases:

- Caudalímetros de altura de carga:
- Rotámetro.
- Caudalímetro de inducción.
- Caudalímetro por ultrasonido.
- Venturi.
- Plato orificio.
- Desplazamiento positivo.
- Turbina.
- Medidor de flujo por impacto.
- Anemómetro de hilo caliente.
- Medidor de Vortex.
- Pitot.
- Medidor de codo



Figura 101 Caudalímetro

La elección del medidor depende de las pérdidas y del costo, como se ilustra en la siguiente Tabla N°36:

Tipo de Medidor	Pérdida de Carga	Costo
Orificio	Grande	Pequeño
Tobera	Media	Media
Venturi	Pequeña	Grande

Tabla 36

26.4 Medidores de presión

La presión es una variable de proceso fundamental y su medición puede utilizarse directamente para controlar o para reducir otras mediciones, por ejemplo, el nivel, el flujo y la temperatura. Se pueden utilizar muchos tipos de transductores.

Estos transductores pueden estar eslabonados a transmisores electrónicos o neumáticos para que desarrollen una señal de 3 a 15 psig. (0.02 a 0.1 MPa) o de 4 a 20 mA. El "corazón" del transmisor neumático es el conjunto de boquilla y aleta, que incluye el relevador neumático.

26.5 Medidores de flujo

El objetivo principal de los sistemas de control industrial es balancear los flujos de material y energía en un proceso. El flujo es la variable más común del proceso. Las dos funciones más importantes de la instrumentación son la exactitud de la medición y el control.



Figura 102 Medidores de flujos

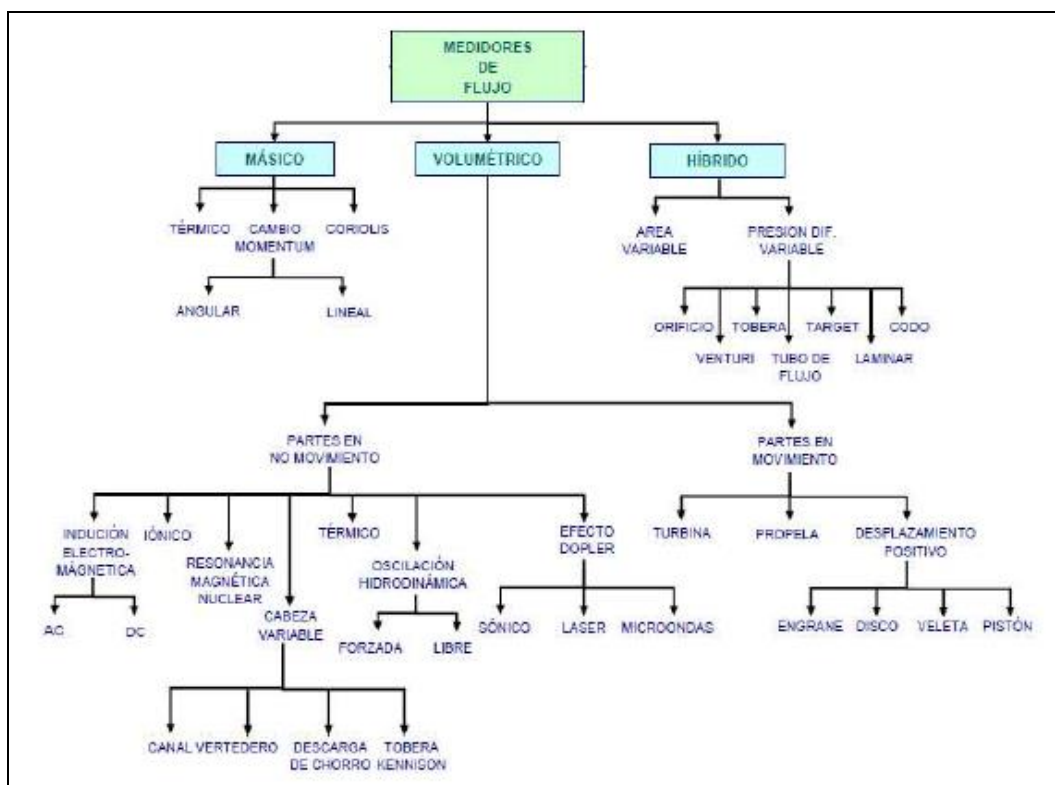


Figura 103 Tipos de medidores de flujo

26.6 Medidores híbridos

26.6.1 Área variable

El rotámetro es un instrumento de medición híbrido y consiste de un tubo de medición cónico y un flotador. El fluido circula en forma ascendente por el tubo desplazando al flotador que normalmente lleva unas ranuras que dan lugar a que el flotador gire, proporcionando estabilidad y efectos de centrado.

Esta rotación es la que le da el nombre de rotámetro. El rotámetro puede contener una válvula manual para establecer flujos pequeños, y también puede ser utilizado como un indicador, transmisor o un controlador de campo.

26.6.2 Funcionamiento del rotámetro

Cuando no existe flujo, el flotador descansa en la parte baja del tubo, y al pasar el flujo, hace ascender el flotador hasta que alcanza un equilibrio y la altura del flotador es una indicación del flujo que está pasando.

El cambiar la forma o la densidad del flotador permite al mismo tubo medir sobre diferentes rangos.

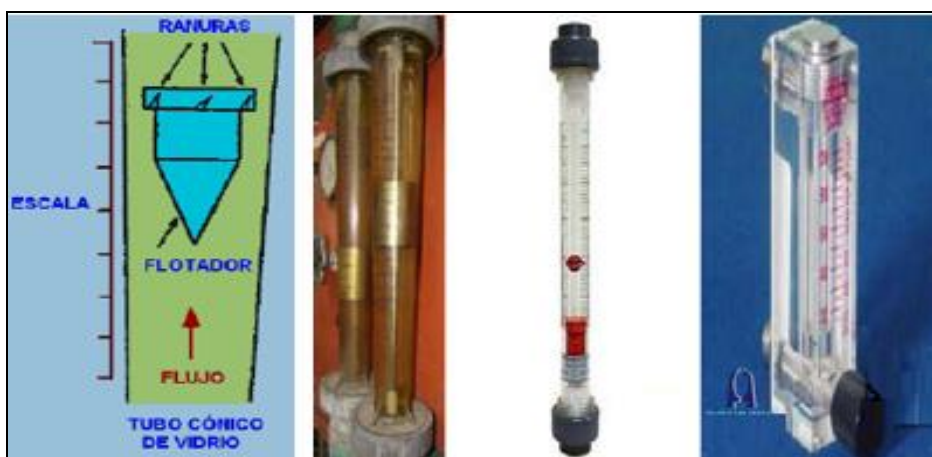


Figura 104 Rotámetro

26.6.3 Medidores de flujo volumétricos

Sin partes en movimiento

Los medidores de flujo sin partes en movimiento, son aquellos, los cuales no disponen elemento expuestos al fluido, los mencionados a continuación miden velocidad del fluido, los más comunes son:

- Medidor de inducción magnética
- Medidor tipo Vortex
- Medidor ultrasónico

La medición del flujo se infiere a través de la ecuación de continuidad, convirtiendo la velocidad promedio de flujo, en flujo volumétrico considerando el área constante.

Medidores de Inducción Magnética: El medidor de flujo magnético se basa en la Ley de Faraday de inducción electromagnética, la cual establece que un voltaje puede ser inducido en un conductor en movimiento a través de un campo magnético.

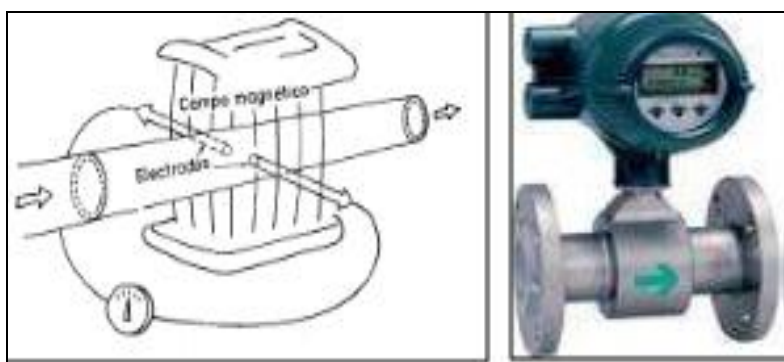


Figura 105 Medidor de inducción magnética

26.6.4 Medidores de flujo tipo Vortex: El medidor tipo Vortex es un ejemplo de un medidor de flujo oscilatorio. A baja velocidad, el modelo del flujo permanece alineado, sin embargo al incrementar la velocidad, el fluido se separa de cada lado del cuerpo y se arremolina formando vórtices (torbellinos) corriente abajo del cuerpo.

El número de vórtices generados es directamente proporcional a la velocidad del fluido.

El Vortex crea una señal pulsante el cual puede ser medido, por ejemplo, efecto bandera flameante



Figura 106 Medidores tipo Vortex

26.6.5 Medidores de flujo ultrasónico: Los medidores de flujo tipo ultrasónico como su nombre lo indica, miden el flujo por medición de energía u onda ultrasónica en sistemas cerrados.

Miden el caudal por diferencia de velocidades del sonido al propagarse éste en el sentido del flujo del fluido y en el sentido contrario.

Los sensores están situados en una tubería de la que se conocen el área y el perfil de velocidades.



Figura 107 Medidores ultrasónicos

26.7 Medidores de flujo volumétricos

26.7.1 Medidor tipo turbina

Un medidor de flujo tipo turbina es aceptado ampliamente como una tecnología probada que es aplicable para medir flujo con una alta exactitud y repetibilidad y consiste de un sensor para detectar la velocidad real de un líquido que fluye por un conducto.

La movilidad del líquido ocasiona que el rotor se mueva a una velocidad tangencial proporcional al flujo del volumen.

El movimiento del rotor puede ser detectado mecánica, óptica o eléctricamente, registrándose el movimiento del rotor en un sistema lector externo.

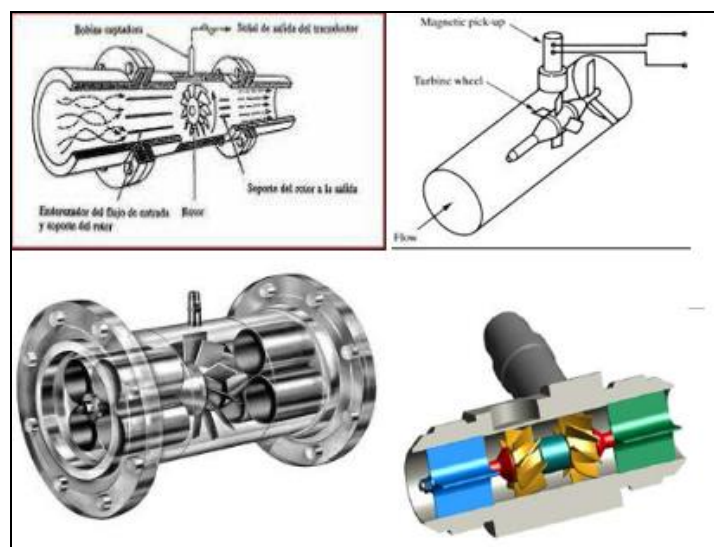


Figura 108 Medidor tipo turbina

26.8 Medidores de flujo másicos

Los medidores de flujo másico, desarrollados en los años 80's, miden la masa directamente utilizando propiedades de la masa, opuestos a aquellos que miden volumen o velocidad.

Básicamente existen dos tipos:

- ### 26.8.1 Principio de funcionamiento Coriolis

Coriolis – Operación del Tubo Curvo

The diagram illustrates the operation of a Coriolis flow meter. On the left, a U-tube is shown with a yellow fluid flowing through it. The U-tube is connected to two blue rectangular components labeled 'Entrada' (Input) and 'Salida' (Output). The U-tube is labeled 'Tubo de flujo' (Flow tube) and 'Eje de torsión' (Torsion axis). On the right, a detailed view of the U-tube assembly is shown, including the 'Inlet pickoff', 'Outlet pickoff', and 'Flow outlet'. The U-tube is connected to a 'Coil' and a 'Magnet' assembly. The 'Coil' is connected to a 'Flow meter' display, which shows a sinusoidal wave representing the flow signal.

CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS
MINERAS

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual en grupos, deberán conocer y luego operar, desde una sala de operación de una planta, el proceso de Flotación Columnar de Molibdeno.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con la operación de las columnas de flotación y equipos anexos.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla.

Verificar funcionamiento mecánico de la flotación en columnas y equipos auxiliares del proceso, para detectar desperfectos según estándares y procedimientos.

Realizar ajustes de parámetros y variables de operación al proceso de flotación en columnas y equipos auxiliares para normalizar operación, de acuerdo a condiciones de operación y procedimientos.

Incorporar desde paneles controladores los reactivos de flotación, cal, y otros, en el proceso de flotación en columnas, de acuerdo a las necesidades del proceso y procedimiento.

Programar mantenciones a equipos del proceso de flotación en columnas para mantener alta disponibilidad operacional, según estándares y procedimientos

Estrategia Metodológica para el Instructor.

El instructor, explica tecnología y componentes del simulador, pantallas donde aparece la columna de flotación y equipos anexos e interfaces.

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las utilizadas en las salas de control modernas, sin ninguna conexión real a un equipo o maquinaria.

El Visualizador de Sala de Control

Es el módulo de visualización de maquinaria, también simulado. Este módulo está generado con equipos 3D simulados y con imágenes capturadas de pantallas reales. Lo importantes es que los participantes puedan también observar los cambios que se producen en la operación de las celdas al realizar cambio de variables y parámetros en la pantalla del PC.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes a medida que explica el proceso de la flotación, según lo expuesto en clases.

Software de Simulación Multivariable	x
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 37

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar anotando en una pizarra, paso a paso, el procedimiento de la alimentación del proceso de flotación.

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo en el formulario que el instructor les entregará para control de los riesgos presentes, tal como si estuvieran en una faena minera.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida de que vaya realizando la actividad, para medir grado de conocimientos teóricos, a fin de confirmar los mismos.

Los elementos de protección personal obligatorios que el participante debe ocupar en el desarrollo de la actividad deben ser los mismos a los empleados de acuerdo a la ocupación, y serán estos:



Figura 110 Elementos de protección personal obligatorios

Material y Recursos.

- 1 computador con software de simulación por participante, conectados en línea con el PC del instructor.
- 1 data en sala de clases.
- 1 cuaderno y lápiz por participante

Desarrollo de la Actividad

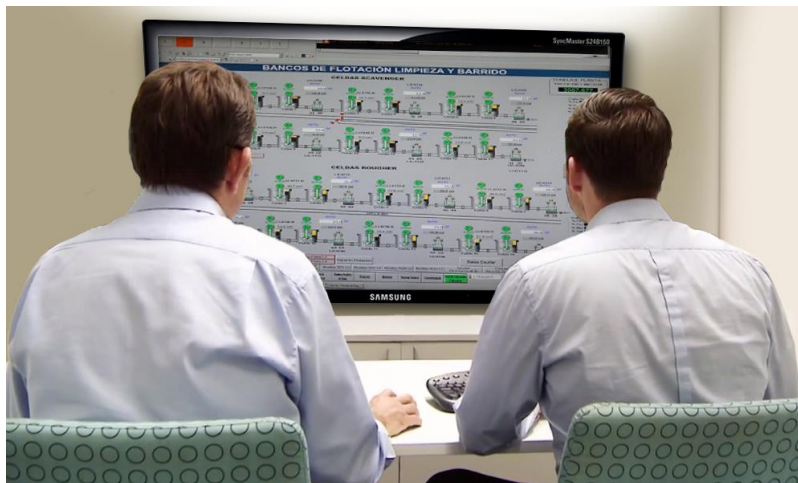


Figura 111 Instructor y participante en una pantalla del simulador de control de la flotación

1. Los participantes reciben instrucción de parte del instructor, acerca de los objetivos del aprendizaje
2. Los participantes reconocen el simulador y se familiarizan con sus controles, proceso asistido por el instructor.
3. El instructor proyecta una simulación de una celda de flotación columnar, con el data en la pizarra y explica la operación, los componentes y fallas operacionales de la columna y de los equipos auxiliares (bombas, válvulas, sistema agua lavado espuma, sistema de aire instrumentación, etc.).
3. Luego cada participante, desde su PC ingresan al simulador, reconociendo la celda columnar y equipos auxiliares a través de la simulación proyectada por el software.
4. Los participantes a través del simulador operan la columna de flotación, chequeando funcionamiento de los equipos y, monitoreando desde pantalla simulada de sala de control parámetros y ajustando variables (dosificación de reactivos, razón de bias, etc.)

5. Los participantes coordinan en el software simulador la detención y puesta en servicio de la columna y equipos auxiliares, simulando entrega de equipos a mantención y posterior puesta en marcha de estos.

6. Finalizada la actividad, el simulador genera reporte de aprendizaje del participante, instrumento con el cual el instructor evaluará al participante

Cierre de la actividad

El instructor analizará con los participantes el desarrollo de la actividad con el software de simulación de la columna de flotación y equipos anexos, destacando que esta misma operación es la que se realiza en la sala de control en la faena y que cualquier error o mala coordinación de esta operación de control puede generar pérdidas a la producción, daños a la empresa, daños a los equipos, provocar algún incidente, etc.

Módulo V: Control de Proceso de Remolienda y Clasificación

27 Controlador proceso de remolienda y clasificación

El objetivo de todo proceso es la obtención de un producto final, de características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado, cada día más restrictivos.

Esta constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo.

La misión del sistema de control de proceso será corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto producido.

El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

1. Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
2. Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
3. Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
4. Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

27.1 Descripción de control lógico

En el proceso de remolienda – clasificación hay variables del proceso que deben ser controladas cuidadosamente por el operador tales como presión descensos de los muñones molinos, razón de flujo, niveles cajón de descarga molino (sump), densidad de la pulpa, temperaturas, flujos de aceite de los sistemas de lubricación, entre otros, para asegurar la continuidad del proceso y la recuperación metalúrgica.

27.2 Filosofía de control de operación del molino vertical (remolienda)

La filosofía de operación de remolienda en Molino Vertical en donde la alimentación ingresa por medio de la entrada de carga al molino, el reductor de velocidad del molino convierte la potencia del motor de transmisión en velocidades más utilizables y aplica dicha potencia al tornillo del molino para girarlo.

La rotación del tornillo del molino vertical gira las bolas de molienda, el agua y la carga en el molino. Los controles aplicados son los sensores de temperatura en el motor de accionamiento y en el reductor, se monitorizan la condición de operación del tren de transmisión, y el reductor de velocidad tiene una unidad de lubricación externa para proporcionar un flujo constante de aceite lubricante enfriado y limpio.

Un sistema automático de engrase suministra lubricación periódica con grasa a los cojinetes del eje de transmisión superior.

El tanque de separación situado en la descarga del molino tiene dos cámaras, con un conjunto de válvula de lanzamiento que controla el flujo del fango desde la sección superior hacia la sección inferior. El producto del circuito se retira a través de un puerto de desbordamiento situado en el tanque de separación, por encima del nivel de la válvula de lanzamiento.

La bomba de reciclado del molino retira los fangos desde el fondo del tanque de separación y los vuelve a bombear hacia el interior del molino para su re trituración.

Los molinos verticales generalmente se encuentran trabajando en circuito cerrado como lo muestra la Figura N°112.

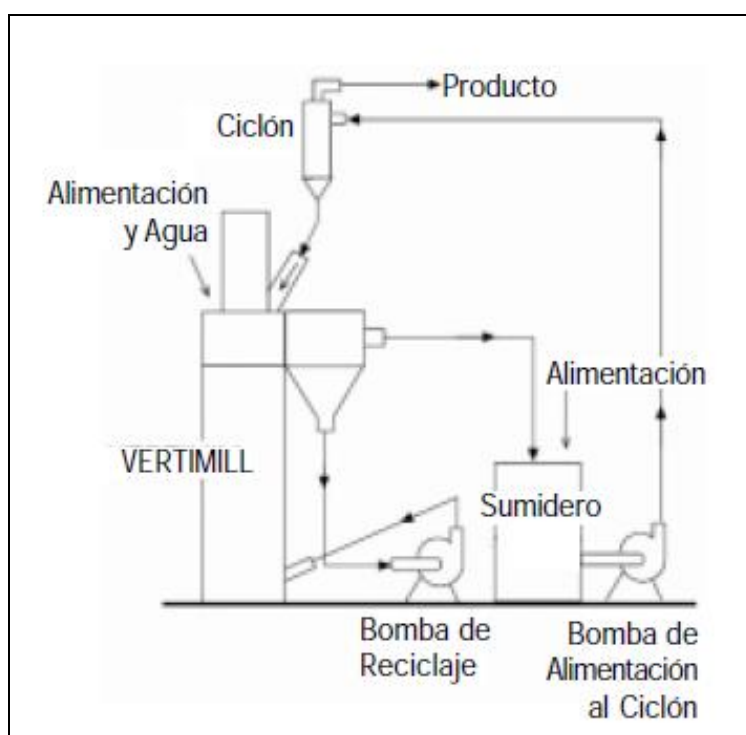


Figura 112 Molino vertical en circuito cerrado

La etapa de la remolienda está compuesta por una batería de hidrociclones por cada molino de remolienda, trabajando en circuito abierto e inverso, es decir, el concentrado es previamente clasificado y la fracción gruesa es enviada al molino de remolienda.

El sistema de control lógico del proceso de Remolienda - Clasificación comienza con la entrada del flujo de concentrado rougher en el cajón de la bomba de alimentación a la batería de hidrociclones, y finaliza con la alimentación a las celdas cleaner del overflow hidrociclones.

El proceso de remolienda – clasificación tiene por función realizar la remolienda del concentrado proveniente de estas celdas rougher, así como en algunos casos también el concentrado proveniente de las celdas scavenger, las que se juntan en el cajón de bombeo a los hidrociclones de remolienda.

El material final procesado por el molino de remolienda es descargado en el cajón de la bomba de alimentación a los hidrociclones, el que se vuelve a clasificar. Si cumple con la granulometría especificada para la etapa de limpieza (flotación cleaner), pasa a las celdas cleaner. El material grueso, que no cumple con la granulometría requerida, vuelve al molino de remolienda para ser reducido de tamaño, hasta lograr la liberación de la partícula útil.

El circuito de remolienda - clasificación y la flotación en columna (etapas de limpieza), producen el concentrado final de la flotación.

El circuito de remolienda y clasificación se dividen en los siguientes sistemas y sus instalaciones principales asociadas.

Molinos de remolienda de bolas convencional y vertical.

Sistemas de lubricación del molino de remolienda.

Baterías de hidrociclones.

Cajones de bombeo (sump) y bombas.

Sistemas de adición de reactivos.

Muestreadores.

Sistema de lubricación de aceite.

Sistema de lubricación de grasa asfáltica.

Sistema de aire de embrague.

Líneas de agua.

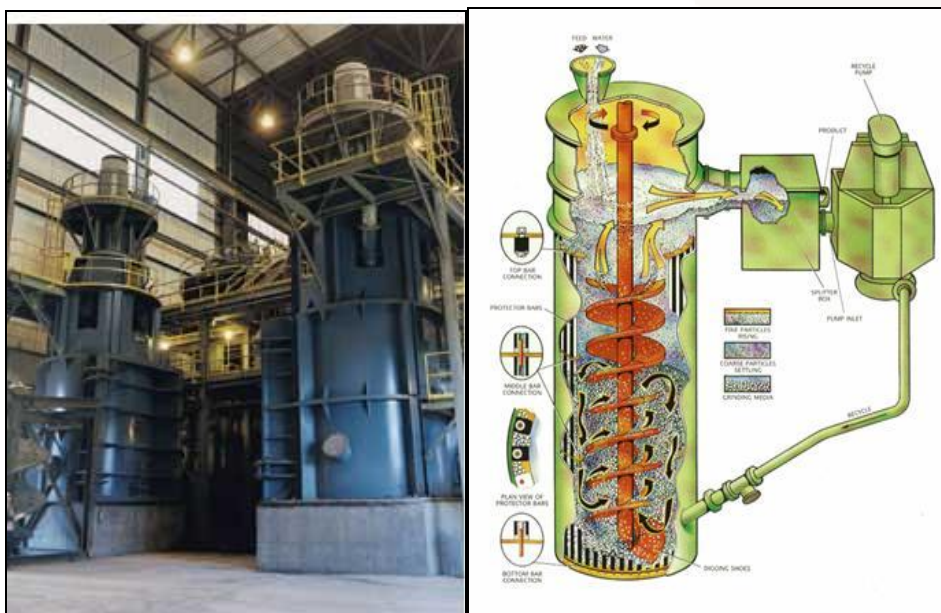


Figura 113 Molinos verticales de remolienda

27.3 Objetivos del control en el proceso de remolienda – clasificación

El **objetivo** del control sobre las variables operacionales del proceso de remolienda y clasificación es mantener la capacidad productiva, como también la recuperación metalúrgica de la planta y, dependen en gran medida del correcto ajuste y control de las variables por parte del operador de sala de control, como también del operador de terreno cuando el operador sala de control lo solicite. Los métodos para controlar las variables del proceso pueden ser automático y manual.

El concepto de control es muy general y puede ser utilizado en el contexto organizacional para evaluar el desempeño general frente a un plan estratégico.

El control es una etapa primordial en la operación, pues, aunque una empresa cuente con magníficos planes, una estructura organizacional adecuada y una dirección eficiente, el supervisor no podrá verificar cuál es la situación real de la organización si no existe un mecanismo que se cerciore e informe si los hechos van de acuerdo con los objetivos.

Una de las razones más evidentes de la importancia del control es porque hasta el mejor de los planes se puede desviar. El control se emplea para:

Crear mejor calidad: Las fallas del proceso se detectan y el proceso se corrige para eliminar errores.

Enfrentar el cambio: Este forma parte ineludible del ambiente de cualquier organización. Los mercados cambian, la competencia en todo el mundo ofrece productos o servicios nuevos que captan la atención del público. Surgen materiales y tecnologías nuevas. Se aprueban o enmiendan

reglamentos gubernamentales. La función del control sirve a los gerentes para responder a las amenazas o las oportunidades de todo ello, porque les ayuda a detectar los cambios que están afectando los productos y los servicios de sus organizaciones.

Producir ciclos más rápidos: Una cosa es reconocer la demanda de los consumidores para un diseño, calidad, o tiempo de entregas mejorados, y otra muy distinta es acelerar los ciclos que implican el desarrollo y la entrega de esos productos y servicios nuevos a los clientes. Los clientes de la actualidad no solo esperan velocidad, sino también productos y servicios a su medida.

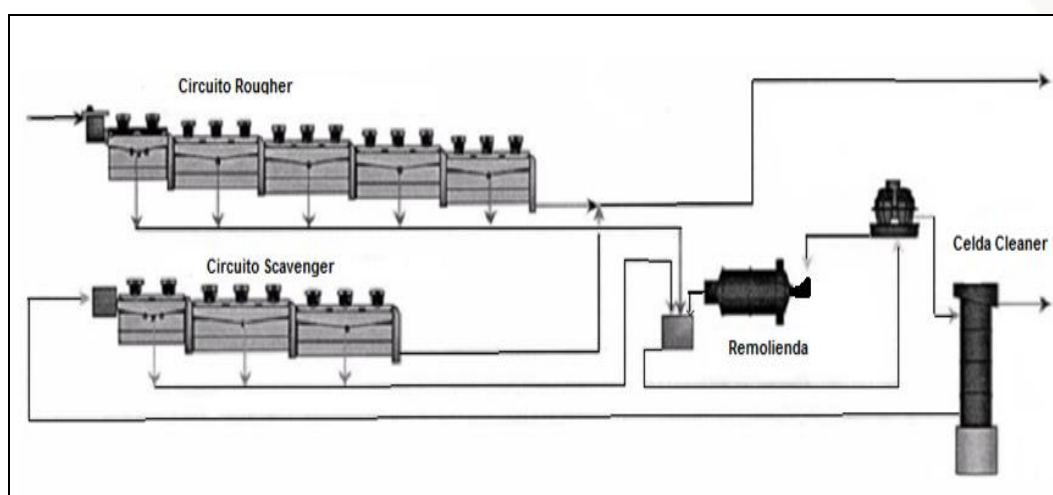


Figura 114 Circuito flotación con remolienda – clasificación

27.4 Control Automático. Existen 2 modos posibles de control automático:

En el modo **Cascada** (Figura 115), el operador de sala de control usa el controlador indicador de densidad para mantener la densidad de pulpa deseada en la pulpa de alimentación a la batería de hidrociclones.

Un medidor de densidad nuclear en la línea de alimentación a la batería de hidrociclones de remolienda mide la densidad de pulpa. Un transmisor indicador de densidad transmite la señal de densidad al indicador de densidad en el DCS. La indicación de densidad es enviada a un relé de densidad.

El operador de sala de control selecciona la señal que va a ser usada para controlar la densidad de pulpa de alimentación a los hidrociclones, la que se convierte en la variable de proceso que es enviada al controlador indicador de densidad en el DCS.

El controlador indicador de densidad compara la densidad con el set point ingresado por el operador de sala de control. Si hay una diferencia, el controlador responde ya sea aumentando o

disminuyendo el set point de flujo de agua de proceso para el controlador indicador de flujo. Este controlador regula el flujo de agua de proceso al estanque de alimentación a ciclones de remolienda. De esta manera, la dilución de la pulpa de alimentación a ciclones es controlada para entregar la densidad deseada de alimentación a ciclones.

Si la densidad medida es mayor que el set point ingresado por el operador de sala de control, el controlador indicador de densidad responde aumentando el set point del controlador indicador de flujo de agua. Si el flujo real de agua de proceso es menor que el set point, el controlador responde aumentando la abertura de la válvula de control de flujo de agua, permitiendo que entre más agua en al cajón (sump).

Si eventualmente el flujo real de agua es igual que el flujo de agua del set point. La densidad de pulpa en el estanque y en las líneas de alimentación de ciclones, disminuye para igualarse al set point de densidad.

Si la densidad medida es menor que el set point del operador de sala de control, el controlador indicador de densidad responde disminuyendo el set point del controlador indicador de flujo de agua.

Si el flujo real de agua de proceso es mayor que el set point, el controlador responde disminuyendo la abertura de la válvula de control de flujo de agua, permitiendo que entre menos agua en el sump.

Si eventualmente el flujo real de agua es igual que el flujo de agua del set point. La densidad de pulpa en el estanque y en las líneas de alimentación de ciclones, aumenta para igualarse al set point de densidad.

En el modo **Automático** (Figura 116), el operador de sala de control usa el controlador indicador de flujo de agua de proceso para mantener el flujo de agua de proceso deseado al estanque de alimentación a los hidrociclones de remolienda.

El operador de sala de control ingresa un set point de flujo de agua en el controlador indicador de flujo de agua de proceso. Si el flujo medido está sobre el set point, la señal de salida del controlador modula la posición de la válvula de control de flujo a una posición más cerrada para disminuir el flujo de agua de proceso al sump. En caso contrario, si el flujo de agua al estanque de alimentación a ciclones del molino de remolienda está bajo el set point, la señal de salida del controlador mueve la posición de la válvula de flujo a una posición más abierta para aumentar el flujo de agua al estanque.

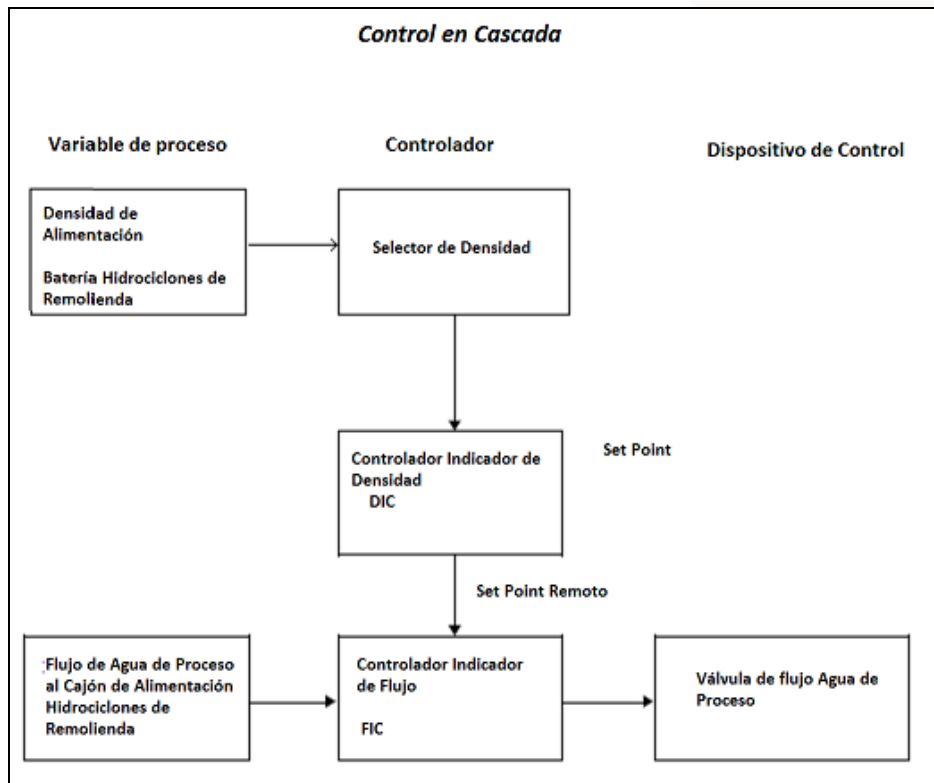


Figura 115 Control en cascada

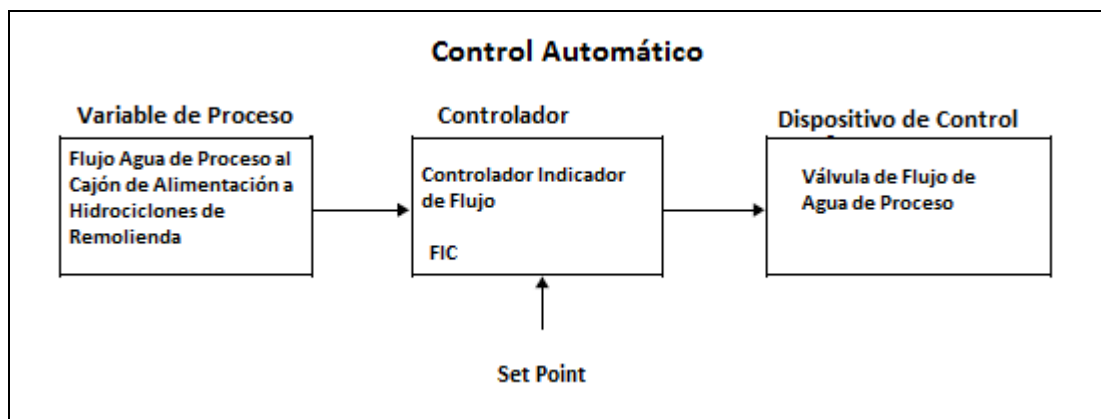


Figura 116 Control automático

27.5 Control manual y lazos de control.

- Nivel estanque alimentación hidrociclones molino Remolienda.
- Presión batería de Hidrociclones de Remolienda.
- Molino Remolienda.

Los lazos de control automático y controles manuales considerados en la operación de las diferentes etapas de un circuito clásico de Flotación –Remolienda, son:

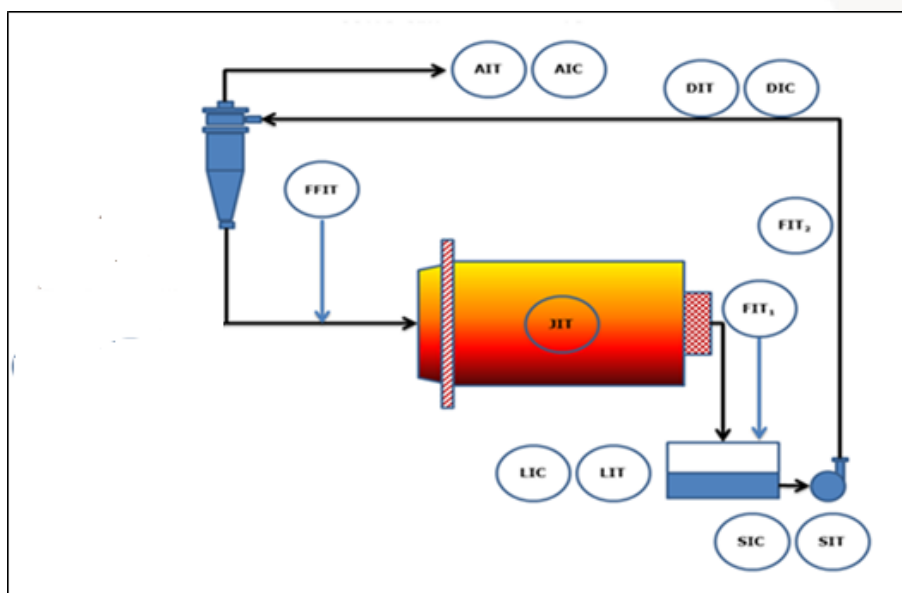


Figura 117 Diagrama circuito cerrado remolienda

AIT	Analizador del tamaño de partículas.
AIC	Controlador del tamaño de partículas.
DIT	Sensor de la densidad de alimentación a los hidrociclones.
DIC	Controlador de la densidad de alimentación a los hidrociclones.
FIT ₂	Flujómetro del volumen de pulpa de alimentación a los hidrociclones.
FFIT	Sensor de la razón agua/mineral.
LIT	Sensor de nivel del pozo de la bomba.
LIC	Control del nivel del pozo de la bomba.
FIT ₁	Sensor flujo de agua al pozo.
JIT	Sensor de potencia del molino.

28 Variables controladas en la operación remolienda-clasificación

Algunas variables controladas son:

28.1 Control de nivel sumidero bomba alimentación hidrociclones

Este control se realiza midiendo el nivel de pulpa en los pozos y actuando sobre el variador de velocidad de las bombas alimentación de hidrociclones de remolienda.

La Figura 118 muestra el control de nivel en pozos de bombeo a hidrociclones.

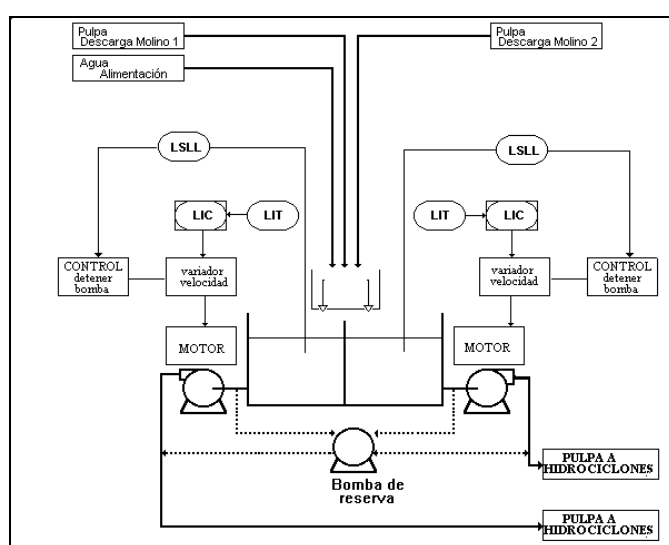


Figura 118 Control de nivel en pozo de bombeo a hidrociclones remolienda

Descripción de instrumentos de la Figura 118:

LSLL : Interruptor de nivel (nivel baja-bajo).

LIC : Control de nivel.

LIT : Transmisor indicador de nivel (medidor).

El cajón de bombeo a hidrociclones, compuesto por dos secciones, posee un sistema independiente de control de nivel que actúa sobre la velocidad de la bomba. El control automático fija la velocidad de la bomba, manteniendo el nivel del cajón estable.

El controlador LIC aumenta o disminuye la velocidad de la bomba al detectar, mediante el medidor LIT alguna subida o bajada de nivel.

El operador ingresa un punto de ajuste (set point) en el controlador indicador de nivel. El controlador regula la velocidad de la bomba en línea de alimentación a la batería de hidrociclones

para mantener el nivel deseado de pulpa en el estanque. El rango de trabajo fluctúa entre 30 a 80 %, aunque dependerá de las condiciones de operación de cada empresa en particular.

El objetivo del lazo de control de nivel del estanque de alimentación a los hidrociclones es mantener el nivel deseado de pulpa en el estanque. El nivel se mantiene ajustando la velocidad de la bomba en la alimentación a primera limpieza. El nivel de pulpa debe ser lo suficientemente alto para asegurar que el cajón (sump) tiene un nivel de pulpa que permita una operación eficiente de la bomba. Al mismo tiempo, el nivel no debe ser tan alto para evitar rebases del estanque. El operador debe prestar mucha atención a los flujos de entrada y de salida de este estanque y asegurarse que no existan variaciones importantes de flujo. Las subidas de flujo pueden tener un efecto negativo en la operación de la clasificación (cortocircuitos, acordonamiento en el apex, etc.).

28.2 Monitoreo de presión alimentación a hidrociclones de remolienda:

En la batería de hidrociclones, se dispone de un manómetro en la línea principal que alimenta a los hidrociclones. La señal de dicho instrumento es desplegada al operador en la sala de control. Para operar dentro de rangos normales de presión, el operador deberá tomar la acción manual en la abertura o cierre de ciclones (Figura 119).

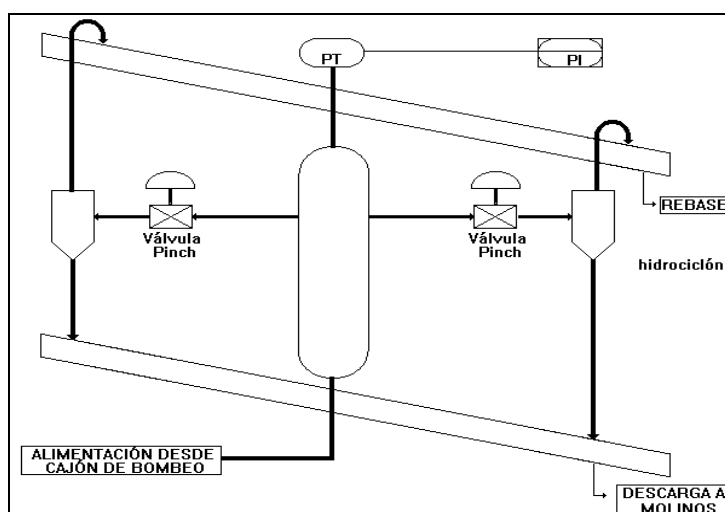


Figura 119 Medición de presión en batería de hidrociclones

El operador desde sala de control coloca y saca los hidrociclones de la línea, según sea necesario para mantener la presión en el rango deseado. Una presión muy baja en la alimentación indica que las velocidades dentro de los ciclones son muy bajas y que la eficiencia de separación es mala. Una presión muy alta en la alimentación indica que está entrando mucha carga a cada ciclón, y el ciclón puede comenzar a descargar en forma de cordón.

El objetivo del lazo de control de presión de alimentación a los hidrociclones es mantener la presión adecuada de trabajo, para optimizar la clasificación. El rango de operación fluctúa entre 15 a 20 psi, aunque dependerá de las condiciones de operación de cada empresa en particular.

28.3 Monitoreo de potencias. Consumo de energía del molino de remolienda

En los molinos se realiza una medición de la potencia tomada por los motores. Esta potencia es desplegada en la sala de control, según se muestra en la Figura 120.

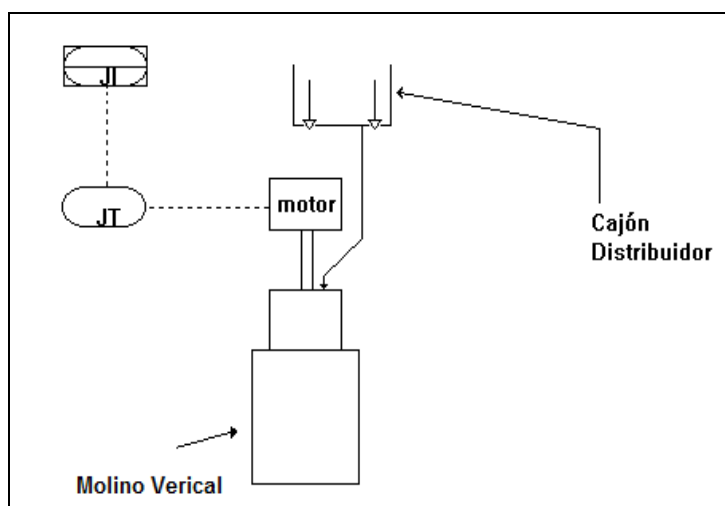


Figura 120 Monitoreo de potencias

Descripción de instrumentos en Figura 120:

JI : Indicador de potencia.

JT : Medidor de potencia.

El operador de sala de control controla el consumo de energía del molino durante el carguío de bolas de acero. El operador de terreno agrega las bolas según lo determina el personal de metalurgia.

Al aumentar el consumo de energía se aumenta la efectividad del molino y se disminuye el tamaño del producto del molino. Al sobrecargar el molino se sobrecarga también el motor del molino. Un bajo consumo de energía lleva a cargas de circulación altas y a un aumento de la cantidad de producto sobre tamaño del circuito de molienda que es alimentado a la clasificación (hidrociclones). El consumo de energía no debería ser más allá del consumo nominal del motor.

28.4 Control de densidad alimentación hidrociclones de remolienda

En la línea de alimentación a la batería de hidrociclones se encuentra ubicado un densímetro nuclear, el cual forma parte de un lazo de control usado para mantener estable la densidad de la pulpa.

Según se muestra en la Figura 121, el control de densidad funciona en base a dos elementos: controlador de densidad (DIC) y de flujo (FIC).

En este caso, el operador fija la referencia de densidad deseada en el controlador DIC, el cual su vez genera una señal que sirve como referencia al controlador FIC, indicándose cuál será el caudal de agua necesario para obtener la densidad deseada.

El control de densidad se realiza regulando el flujo de agua fresca que alimenta el pozo de descarga del molino para ello, se mide la densidad de entrada de la batería de hidrociclones de remolienda y se regula el flujo de agua al pozo de descarga del molino. El controlador actúa sobre la válvula reguladora de flujo de agua al pozo. Ver Figura 122.

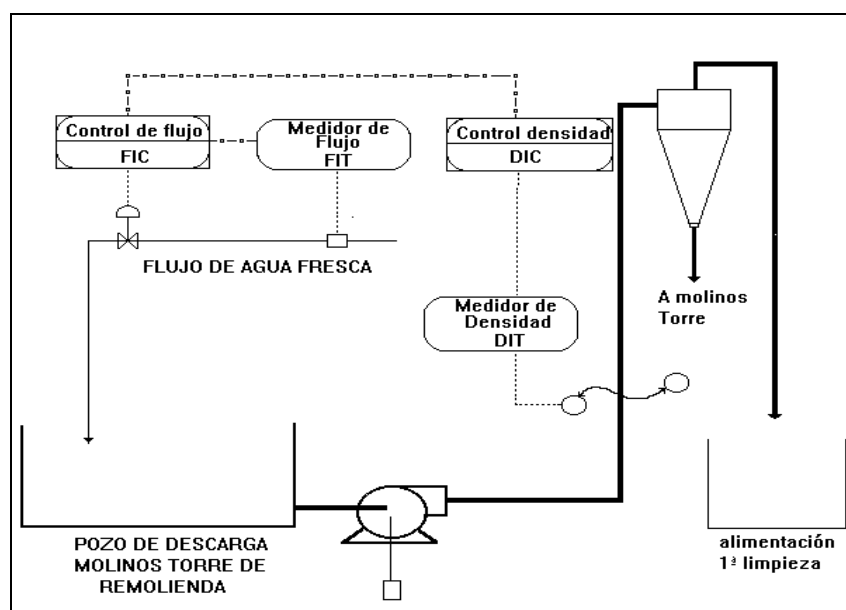


Figura 121 Control de densidad en la alimentación a los hidrociclones en remolienda

El operador de sala de control ingresa el set point deseado en el controlador de densidad. El controlador de densidad calcula un set point para la adición de agua al cajón de bombeo de alimentación de hidrociclones de remolienda, lo cual lleva a la densidad correcta. El flujo de agua hacia el estanque es controlado por el set point en cascada entregado por el controlador indicador de densidad.

En la línea de alimentación a la batería de hidrociclones se encuentra ubicado un densímetro nuclear, el cual forma parte de un lazo de control usado para mantener estable la densidad de la pulpa.

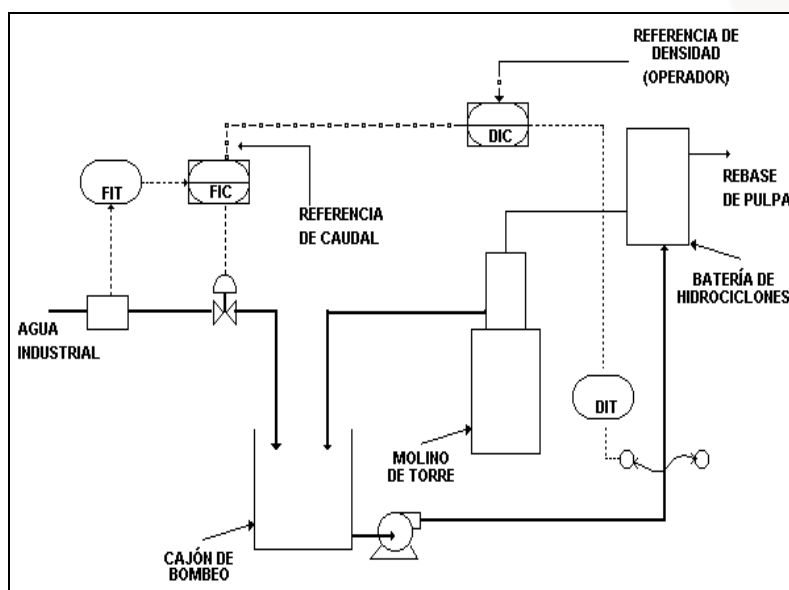


Figura 122 Control de densidad en batería hidrociclones

En este caso, el operador fija la referencia de densidad deseada en el controlador DIC, el cual su vez genera una señal que sirve como referencia al controlador FIC, indicándose cuál será el caudal de agua necesario para obtener la densidad deseada.

Descripción de instrumentos en Figura 122:

- DIC : Control de densidad.
- DIT : Medidor de densidad.
- FIC : Control de flujo.
- FIT : Medidor de flujo.

El objetivo del lazo de control de densidad de alimentación a ciclones de remolienda es mantener la densidad de pulpa deseada en la línea de alimentación a la batería de ciclones, la que es necesario para tener una operación estable en los ciclones y un tamaño de partícula apropiado en el concentrado que se envía al circuito de flotación de limpieza.

La densidad de la alimentación a ciclones es la variable de operación más importante para determinar la distribución de tamaño de partícula del overflow de los ciclones.

Mientras más baja es la densidad en la alimentación, más fina es la distribución de tamaño de partícula en el overflow de los hidrociclones. Mientras más alta es la densidad en la alimentación, más gruesa es la distribución de tamaño de partícula en el overflow de los hidrociclones.

Cambios relativamente pequeños en la densidad de la alimentación producen cambios significativos en la distribución de tamaño de partícula en el overflow de los hidrociclones. Cuando se compara con los cambios en la densidad de la alimentación, otros parámetros tales como la presión de la alimentación a ciclones, el diámetro del ápex y el diámetro de vórtice tienen mucho menos efecto en la distribución de tamaño de partículas en el overflow de los hidrociclones.

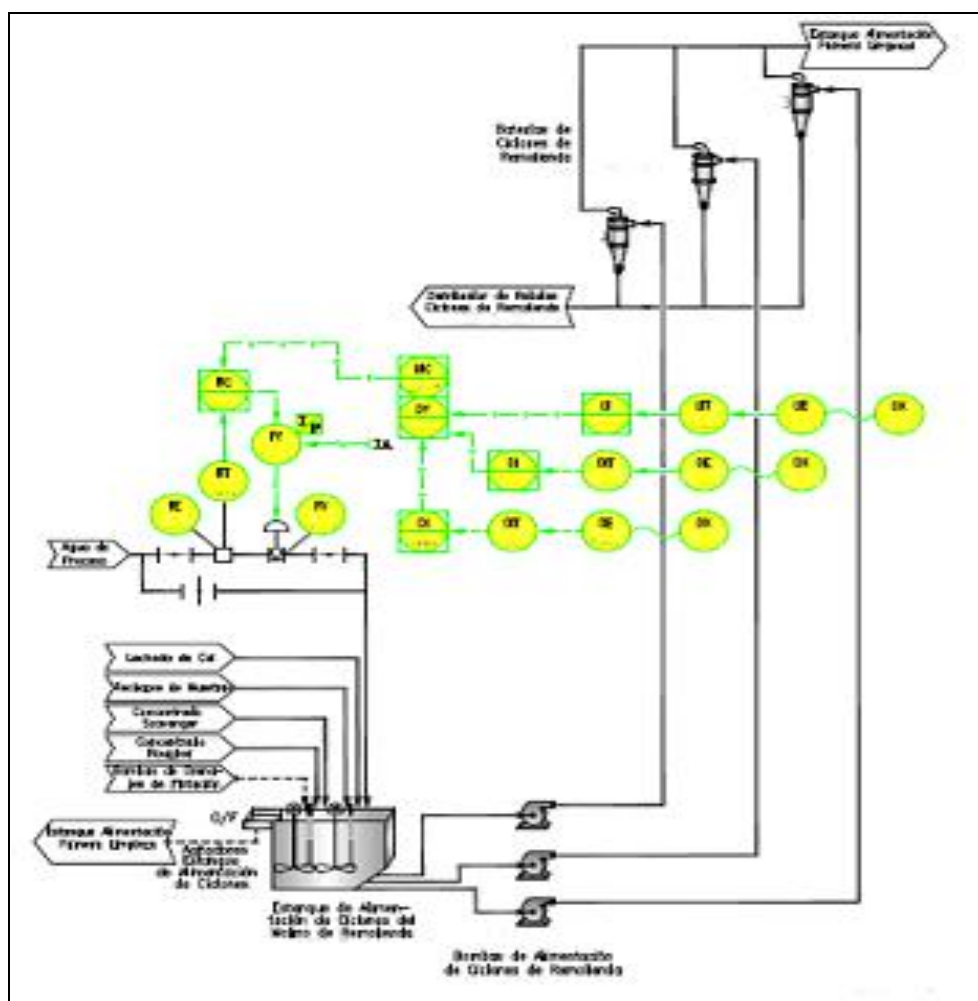


Figura 123 Lazo de control de densidad a hidrociclones de remolienda

28.5 Nivel del cajón de descarga molino de remolienda

El propósito del lazo de control de nivel del cajón de alimentación a los hidrociclones es controlar el nivel de pulpa en el sump, para así mantener condiciones de operación estables en los ciclones, y

simultáneamente evitar que el sump se rebalse. El nivel del sump es controlado modulando el variador de frecuencia del motor de la bomba de alimentación de hidrociclones de remolienda.

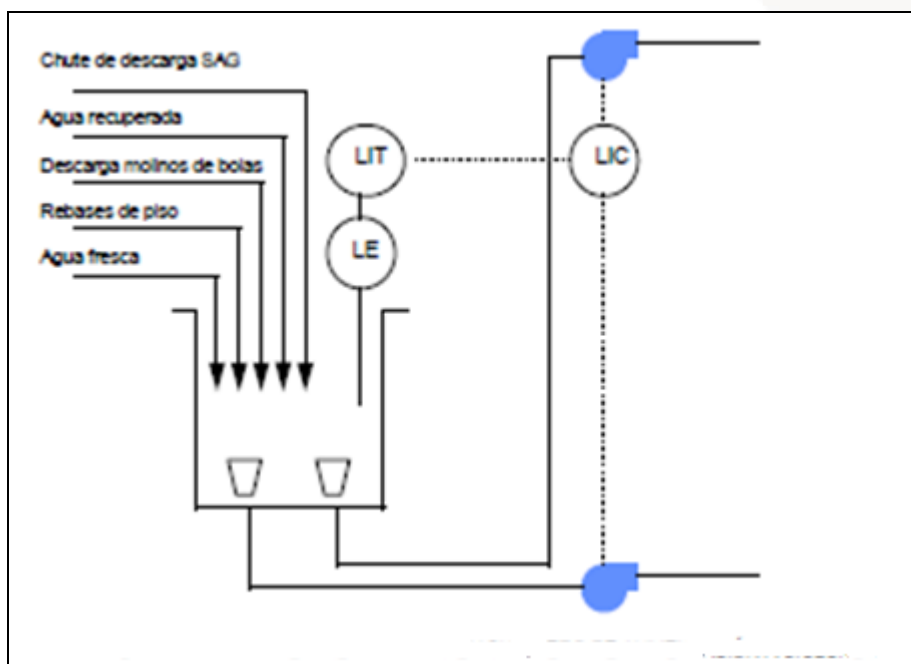


Figura 124 Lazos de control para mantener nivel sump

Elementos de instrumentación:

LE: Sensor de nivel (ultrasónico).

LIT: Transmisor.

LIC: Controlador.

HIC: Controlador con algoritmo tipo Bias.

28.6 Control de pH

El control de pH considera la adición de lechada de cal en el sumidero de alimentación de pulpa a los molinos vertical. La adición de cal se efectúa en base a 2 líneas controladas, de las cuales una es de reserva.

En la Figura 125 se muestra la instrumentación asociada a la adición de lechada de cal.

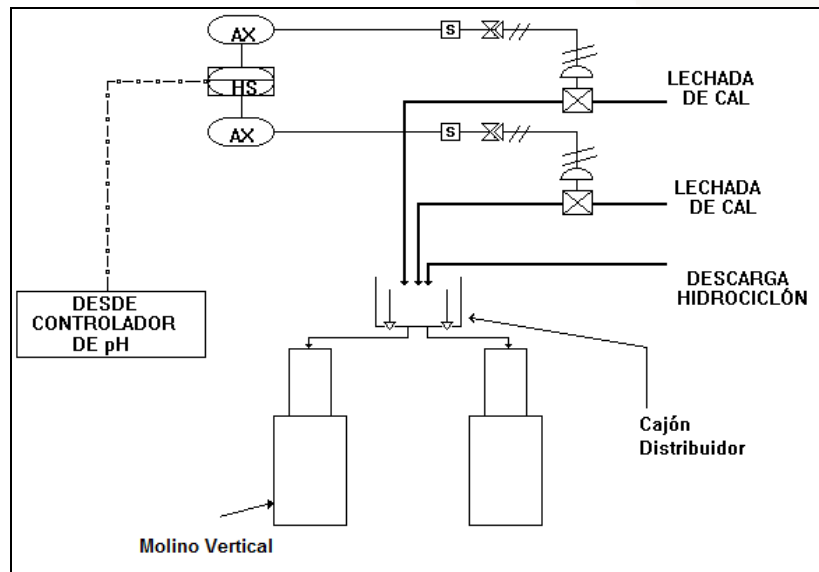


Figura 125 Sistema de control de pH en cajón distribuidor a molinos

Descripción de instrumentos en Figura 125:

AX : Generador de pulsos (la cal se adiciona por pulsos en la válvula, chorros).

HS : Selector.

S : Trampa de sólidos decantados.

28.7 Control de agua de sello

En las líneas de agua sello de las bombas que alimentan la batería de hidrociclones, se dispone de un interruptor de flujo y un interruptor de presión baja. Estos elementos generan una alarma cuando baja la presión o el flujo de agua de sello. Figura 126.

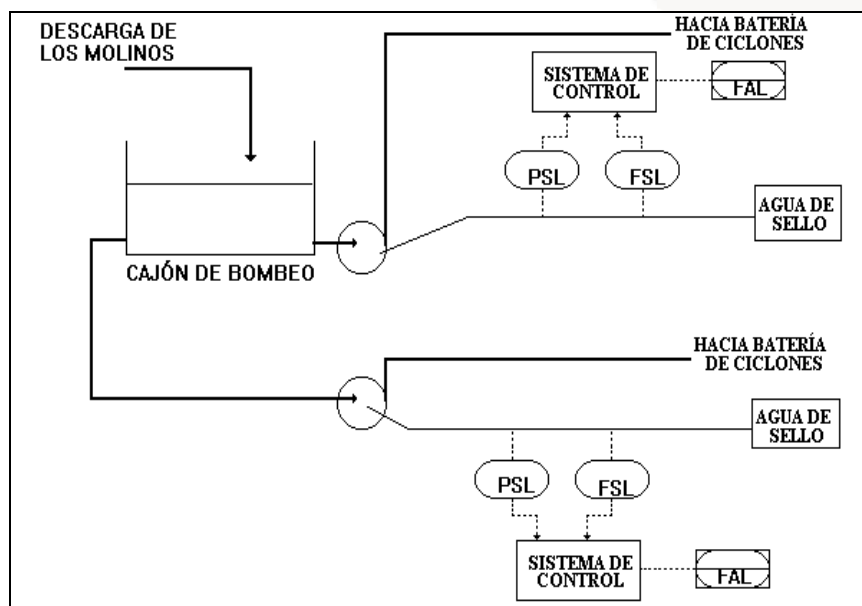


Figura 126 Instrumentación en líneas agua de sello a bombas de alimentación hidrociclones.

Descripción de instrumentos en Figura 125:

FAL : Alarma.


PSL : Detector de presión baja.

FSL : Detector de flujo bajo.

29 Enclavamientos del molino de remolienda

Los enclavamientos más importantes del proceso de remolienda y clasificación son:

- 1.-Cajón de descarga molino (sump) y bombas de alimentación de hidrociclones de remolienda.
- 2.- Molino de remolienda y bombas de alimentación hidrociclones de remolienda.
- 3.- Nivel sump y bombas de alimentación de primera limpieza.
- 4.- Cajón de descarga molino remolienda (sump) y bombas de drenajes área de flotación

Equipo	Condición de Enclavamiento	Permisivo	Enclavamiento
 <p>Bomba de Alimentación Hidrociclones de Remolienda</p>	A. La bomba no puede partir o correr si alguna de las temperaturas del reductor está alta-alta	X	X
	B. La bomba no puede partir si el flujo de agua de sello es bajo.	X	-
	C. La bomba no puede partir si la presión de descarga de agua de sello está baja.	X	-
	D. La bomba no puede partir o correr si hay una falla en la secuencia de operación de la válvula de drenaje y de aislamiento de la bomba.	X	X
	<ul style="list-style-type: none"> · Abrir la válvula de lavado (HV) por 5 segundos. · Abrir la válvula de agua de sello (FV) · Abrir la válvula de aislamiento de la succión de la bomba (HV). 		
	E. La bomba no puede partir o correr si un botón de Parada de Emergencia está activado y no se ha reseteado.	X	X
	F. La bomba no puede partir o correr si hay falla de energía en el control.	X	X
	G. La bomba no puede partir o correr si hay una falla en el motor de frecuencia ajustable.	X	X
	H. La bomba no puede partir o correr si hay una condición de alarma en el motor de frecuencia ajustable.	X	X
	I. La bomba no puede partir a menos que exista la señal de listo desde la unidad del motor de frecuencia	X	-

	ajustable. J. La bomba no puede partir a menos que la válvula de drenaje (HV-4555) de la succión de la bomba esté cerrada (ZSL).	X	-
--	---	---	---

Tabla 38 Condiciones de enclavamiento de la bomba de alimentación hidrociclones de remolienda

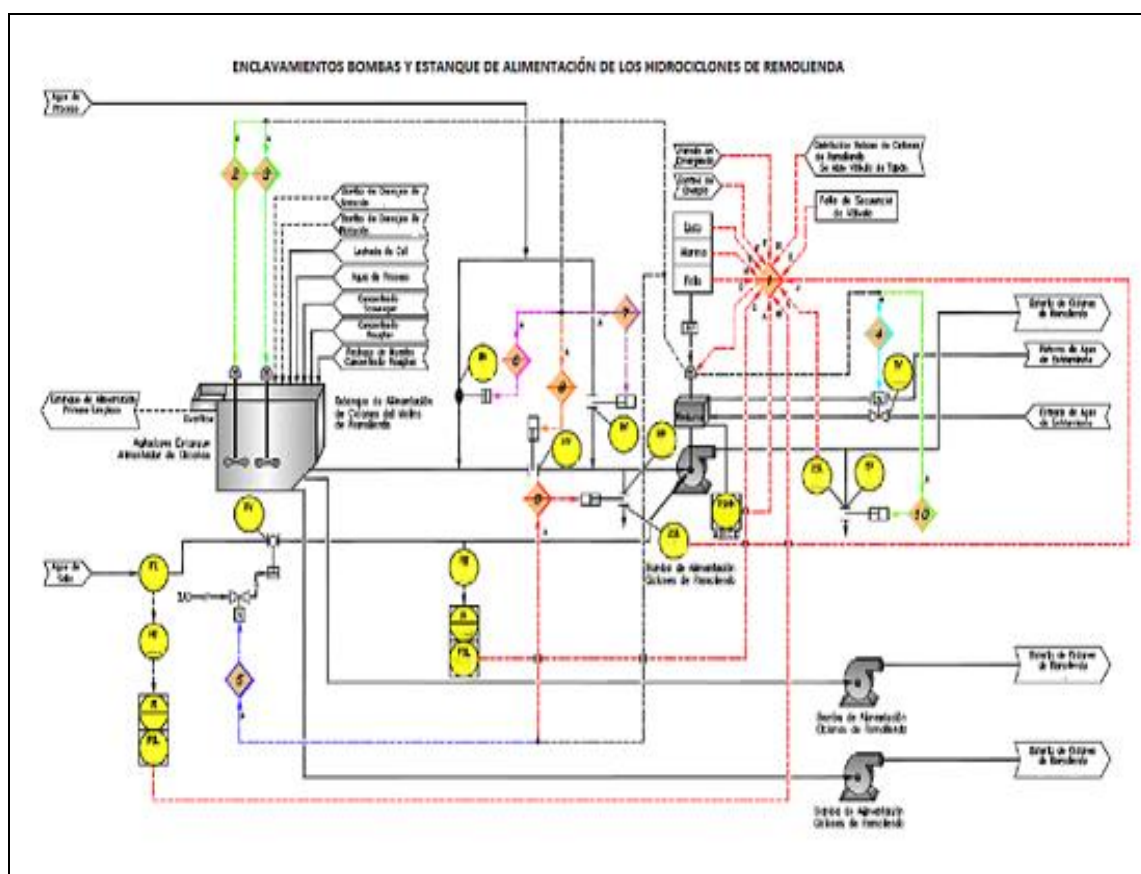


Figura 127 Enclavamientos bombas y estanque de alimentación hidrociclones de remolienda

29.1 Enclavamientos del molino vertical como remolienda

Los enclavamientos principales de los equipos de la planta de flotación son:

29.1.1 Bombas alimentación hidrociclones.

Están enclavadas con:

- Agua de sello bombas, si baja la presión del agua de sello de la bomba, esta se detendrá como medida de protección de la bomba.

29.1.2 Molinos de remolienda.

Están enclavados con:

- Servicios motor molino.
- Servicios del molino.


29.1.3 Dosificadores de reactivos.

Están enclavadas con:

- Bajo nivel estanque de reactivo.

29.1.4 Válvulas de cuchillo sump de alimentación bombas hidrociclones.

Ante una falla de suministro de energía eléctrica las válvulas se cierran.

Equipo	Condición de Enclavamiento	Permisivo	Enclavamiento
 Molino de remolienda.	A. El motor del molino de remolienda no puede partir o correr si el nivel del depósito de aceite lubricante está bajo-bajo (LSLL).	X	X
	B. El motor del molino de remolienda no puede partir o correr si el flujo de aceite lubricante es bajo-bajo (FSLL-).	X	X
	C. El motor del molino de remolienda no puede partir o correr si la presión de aceite lubricante es baja-baja (PSLL).	X	X
	D. El motor del molino de remolienda no puede partir o correr si la temperatura del aceite lubricante está	X	X



	alta-alta (TAHH).		
	E. El motor del molino de remolienda no puede partir si la temperatura del aceite lubricante es alta (TAH).	X	-
	F. El motor del molino de remolienda no puede partir o correr si la temperatura del rodamiento del reductor es alta-alta (TAHH).	X	X
	G. El motor del molino de remolienda no puede partir si hay una condición de falla en el sistema de suministro de grasa (XA).	X	-
	A. La válvula de control de temperatura se abre cuando la temperatura del aceite de lubricación es alta y se cierra cuando la temperatura del aceite de lubricación es baja (TSHL).	-	X
	A. El contador del sistema de suministro de grasa se pone en marcha (QS) y la válvula solenoide de suministro de aire (FV) se abre cuando un molino es puesto en servicio.	-	X
Molino de remolienda.			
Válvula de control de temperatura TCV.			
Molino de remolienda.			
Sistema de suministro de grasa.			

Tabla 39 Condiciones de enclavamiento del molino de remolienda

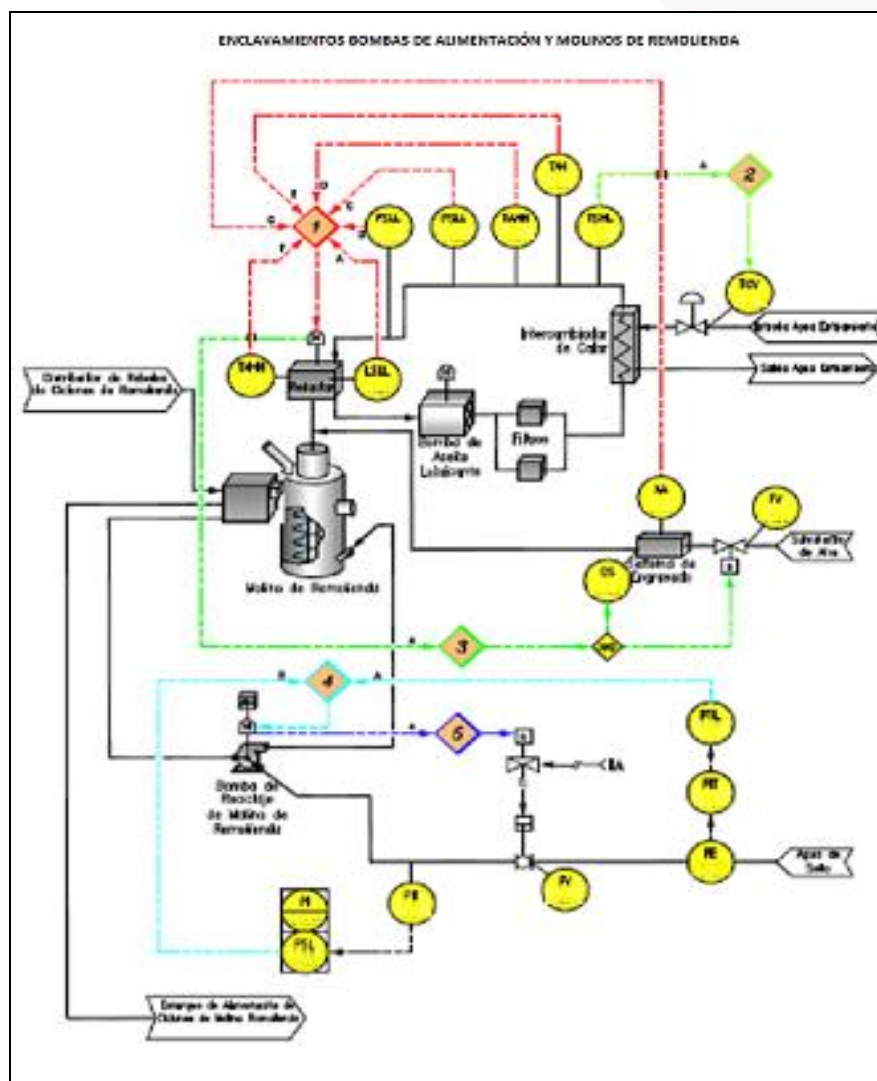


Figura 128 Enclavamientos bombas de alimentación y molinos de remolienda

30 Control dosificación de reactivos

30.1 Control de reactivos de flotación

Es el paso para llevar a cabo el control de los reactivos de la planta, es fundamental mantener respaldo de la gestión de recepción de reactivos de flotación. Para eso, la persona responsable deberá recepcionar el producto vía verificación de la guía de despacho del transportista. Todos los tanques de almacenamiento a granel, ubicados en superficie, deberán contar como protección ante la eventualidad de derrames con un sistema de revestimiento con una capacidad equivalente al de 110 por ciento del volumen del mayor tanque de almacenamiento ubicado dentro

del área con berma. El revestimiento o berma puede ser construido con tierra recubierta con una capa de arcilla o plástico impermeable, concreto o asfalto. La identificación del producto debe ser fácilmente visible y legible, se deberá capacitar a los empleados sobre el manejo y respuesta en caso de emergencias.

El responsable de la recepción y almacenamiento de los reactivos deberá verificar el estado de todo tanque de almacenamiento subterráneo (incluyendo tuberías bajo tierra), los cuales deberán ser evaluado con cierta periodicidad.

La persona responsable deberá comparar los registros de inventario de llenado y uso, con el fin de descartar la existencia de goteras en el sistema del tanque. Por lo menos una vez cada dos años deberá verificarse la presión y hacerse una evaluación del buen funcionamiento del sistema de bombeo. Asimismo, deberá evaluar periódicamente que la protección galvánica de todos los revestimientos metálicos bajo tierra, se encuentre en buenas condiciones.

La persona responsable deberá controlar y verificar que el personal que trabaje en el área de almacenamiento o que tenga acceso a productos, debe estar debidamente entrenado para su apropiado uso y manipulación, así como para poder hacer frente a situaciones de emergencia, además verificará que todo el personal involucrado en la recepción use todos los elementos de protección personal adecuados para la faena.

Todo traslado de reactivos líquidos en tambores, deberá ser apoyado por montacargas, conducido por personal autorizado.

30.2 Flujo de colector primario al estanque de alimentación a primera limpieza

El operador de sala de control ingresa un set point en g/ton del reactivo colector en el controlador indicador de flujo de reactivo, el cual actúa en cascada con el dispositivo final de control.

Una válvula de flujo, trabajando en conjunto con un medidor y con el controlador indicador de flujo, controla el flujo de colector primario al estanque de alimentación a primera limpieza, que es la que recibe el fino (overflow) de los hidrociclones de remolienda.

El flujo inadecuado de colector primario al circuito de flotación produce una eventual pérdida de mineral de cobre en las colas finales. Esto es una pérdida directa en las ganancias. Agregar mucho colector primario al circuito de flotación puede deprimir la flotación del mineral de cobre y es también un derroche de reactivo. Esto se traduce en pérdidas en la producción y un aumento de los costos de operación.

El objetivo del lazo de control de flujo de colector primario al estanque de alimentación a primera limpieza (over flow hidrociclones) es mantener el flujo deseado de colector primario en el circuito de flotación de primera limpieza para obtener buenos resultados en la flotación.

Si el flujo de colector es muy alto o muy bajo pueden verse afectados tanto la recuperación de cobre como la ley de concentrado final. El flujo de colector lo mantiene el operador de sala de control ajustando a la posición de una válvula en la línea de colector primario hacia el estanque de alimentación de primera limpieza.

El flujo de colector primario es medido por el elemento primario de medición (FE) y el valor medido es transmitido (FIT) a un controlador indicador de flujo (FIC). El controlador compara el flujo medido con el set point de flujo de colector primario ingresado por el operador. Si hay una diferencia, el controlador modula la apertura de la válvula de flujo (FY/FV) en la línea de colector primario de alimentación al estanque de primera limpieza.

Si el flujo de colector primario al estanque de alimentación de primera limpieza está por debajo del set point, el controlador aumenta la abertura de la válvula de flujo, aumentando el flujo de colector primario al estanque de alimentación de primera limpieza. Eventualmente, el flujo de colector primario medido aumenta para igualarse al set point. En el caso contrario, si el flujo de colector primario a la celda de acondicionamiento está sobre el set point, el controlador disminuye la abertura de la válvula de flujo, disminuyendo el flujo de colector primario al estanque de alimentación de la primera limpieza. Eventualmente, el flujo de colector primario medido disminuye para igualarse al set point.

30.3 Flujo de espumante al estanque de alimentación a primera limpieza

El operador de sala de control ingresa un set point en g/ton del reactivo espumante en el controlador indicador de flujo de reactivo, el cual actúa en cascada con el elemento final de control. Una válvula de flujo, trabajando en conjunto con un medidor de flujo y con el controlador indicador de flujo, controla el flujo de espumante al estanque de alimentación a primera.

El objetivo del lazo de control de flujo de espumante al estanque de alimentación a primera limpieza es mantener el flujo deseado de espumante en el circuito de flotación de primera limpieza.

Si el flujo de espumante es muy alto o muy bajo pueden verse afectados tanto la recuperación de cobre como la ley de concentrado final. El flujo de espumante se mantiene ajustando la posición de una válvula en la línea de carga de espumante al estanque de alimentación de primera limpieza (overflow hidrociclones de remolienda).

El flujo de espumante es medido (FE) y el valor medido es transmitido (FIT) a un controlador indicador de flujo (FIC). El controlador compara el flujo medido con el set point de flujo de espumante ingresado por el operador. Si hay una diferencia, el controlador modula la apertura de la válvula de flujo (FY/FV) en la línea de espumante de alimentación al estanque de primera limpieza.

Si el flujo de espumante al estanque de alimentación de primera limpieza está por debajo del set point, el controlador aumenta la abertura de la válvula de flujo, aumentando el flujo de espumante al estanque de alimentación de primera limpieza.

Eventualmente, el flujo de espumante medido aumenta para igualarse al set point. En el caso contrario, si el flujo de espumante a la celda de acondicionamiento está sobre el set point, el controlador disminuye la abertura de la válvula de flujo, disminuyendo así el flujo de espumante al estanque de alimentación de primera limpieza. Eventualmente, el flujo de espumante medido disminuye para igualarse al set point.

El flujo inadecuado de espumante produce una mala calidad de espuma que no es capaz de soportar el mineral de cobre en la superficie de la pulpa en las celdas de flotación. Esto produce una pérdida de mineral de cobre en las colas finales. Al agregar mucho espumante al circuito de flotación también puede llevar a una mala calidad de espuma y a un mal soporte del mineral de cobre en la espuma superficial de la pulpa en las celdas de flotación. Esta sobredosis de espumante tiene también un efecto negativo en los estanques de concentrado aguas abajo. Mucha espuma produce que los estanques rebalsen.

Esto lleva a incrementar los costos por limpieza y los costos de uso de reactivo. Demasiado espumante también aumenta el atrapamiento de ganga en la espuma de flotación. Esto degrada el concentrado y lleva a gastos mayores en costos de embarque y tratamientos de fundición.

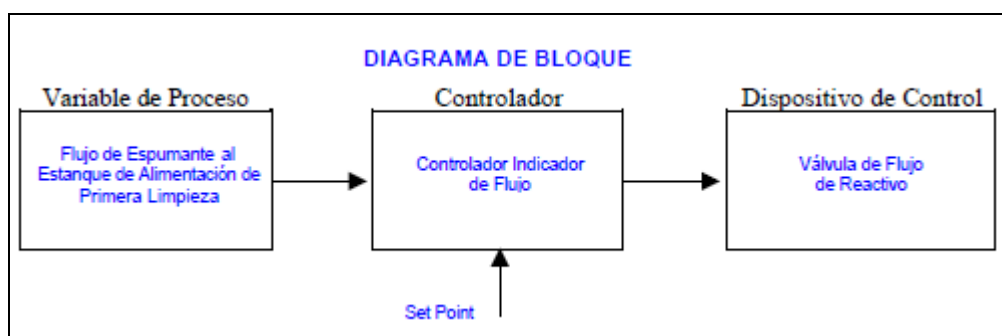


Figura 129 Diagrama de bloque de control de dosificación de espumante

30.4 Preparación

En el área de preparación los reactivos se encuentran en bruto y en altas concentraciones, por lo que la probabilidad de que causen efectos nocivos para la salud es mayor. Todas las organizaciones cuentan con procedimientos operativos que incluyen la manipulación de reactivos en bruto. La implementación de estos procedimientos operativos es responsabilidad de la persona que controla esta labor, en forma de capacitación.

En el caso de los reactivos de flotación, los riesgos de incendio y explosión para las mezclas y concentraciones diluidas (tanques de servicio) son mínimos siempre que se sigan los procedimientos adecuados de almacenamiento, prevención de derrames y primeros auxilios. Asimismo, la persona responsable y que controla esta labor capacitará al personal manteniéndolo actualizado sobre la correcta implementación de los procedimientos.

30.5 Importancia y dosificación.

El punto de dosificación depende de la solubilidad del reactivo, algunos requieren mayores tiempos de acondicionamiento, por ejemplo, aquellos poco solubles que actúan finamente emulsionados en la pulpa, estos deben ser agregados al comienzo de los circuitos generalmente en la molienda.

Los reactivos más solubles son agregados en el acondicionamiento previo o en las operaciones anteriores a la flotación. Este es el caso de los Xantatos que son relativamente solubles en agua, se agregan en el cajón distribuidor, inmediatamente antes de la flotación, dado que requieren bajos tiempos de acondicionamiento.

Los espumantes que no presentan propiedades colectoras se agregan sólo antes de la flotación, dado que su acción afecta la interfase líquido – aire, dónde se verifica un exceso superficial que permite estabilizar las burbujas y formar espuma.

En la flotación, los reactivos son el componente y la variable más importante, ya que el número de especies de flotabilidad natural es tan reducido: talco, azufre, grafito, molibdenita y pocos más, y su importancia comercial tan reducida que se puede afirmar que la flotación industrial moderna no se podría efectuar sin reactivos.

La dosificación de reactivos se enmarca en valores de gramos por tonelada de mineral procesado y son fijados por el departamento de metalurgia. Ejemplos.

Colector SF-323 (Isopropil Etil Tiocarbamato) de la Shell, líquido, 21 (g/t).

Puntos de adición: Alimentación molienda 43% y en flotación primaria 57%.

Espumante MIBC 17 g/t: Puntos de adición: alimentación molienda 43% y en flotación primaria 57% (en 1ra celda 50%, mitad circuito celdas rougher 40% y en cajón alimentación última celda rougher 10%).

Cal para pH 10,5, punto de adición en molienda.

Sulfhidrato de sodio (NaHS) 5 (g/t) Puntos de adición: Flotación selectiva Mo-Cu (flotación primaria, flotación de barrido y flotación de limpieza).

Reactivos	Promedio	Rango
Flotación Colectiva		
Colector 1° (g/t)	25	10 - 100
Colector 2° (g/t)	13	10 - 100
Espumante (g/t)	30	15 - 100
Cal (g/t)	1700	250 - 2500
Flotación selectiva (molibdeno)		
NaSH (Kg/t)	5	4,5 - 5
Diesel (g/t)	220	50 - 250

Tabla 40 Dosificación de reactivos

30.6 Riesgos en la manipulación de reactivos.

Los riesgos asociados a la manipulación de los reactivos se generan básicamente por la falta de información que posee el usuario al instante de realizar una actividad con el producto. Todos los productos químicos vienen con información entregada por el fabricante, se les denomina MSDS u hoja informativa sobre sustancias peligrosas.

En este documento se describe las características químicas del reactivo, almacenamiento, tipos de contenedores a utilizar, los riesgos asociados y las medidas de control en caso de ingestión,

inhalación y / o contacto. En la gran minería, se utilizan resúmenes de la información anterior, que le llaman ficha de datos de seguridad de sustancias u Hojas de Seguridad.

También, como alternativa de información, están el rombo de la NFPA y los de la norma Chilena para las sustancias peligrosas, que se encuentran en los recipientes que contienen a los productos químicos.

30.7 Variables de control de los reactivos de flotación

Algunos ejemplos de variables controladas por sala de control de la dosificación de reactivos son:

1.- Nivel del estanque de colector primario.

Falla: El nivel del estanque es alto

Causa posible:

- Se descargó reactivo desde el camión distribuidor al interior del estanque.

Esta alarma se activa para notificar al operador de la sala de control que se descargó demasiado reactivo dentro del estanque.

El operador de sala de control ordena al operador de terreno que cualquier descarga adicional debe ser detenida hasta que el nivel del estanque se reduzca lo suficiente para permitir más reactivo.

Falla: El nivel del estanque es bajo

Causa probable:

- Esta alarma se activa para notificar al operador de sala de control que:

- Se requiere más reactivo en el estanque.

- Hay una fuga en el estanque o en la tubería de descarga.

- La válvula de drenaje está abierta

El operador de sala de control ordenará al operador de terreno que realice las siguientes acciones:

1. Hacer que se entregue más reactivo y descargarlo en el estanque.

2. Chequear fugas en el estanque y en las tuberías de descarga. El operador de sala de control solicitará a mantención reparar si es necesario.

3. Chequear la válvula de la línea de drenaje del estanque y cerrarla si es necesario.

Falla: El nivel del estanque es alto.

Causa probable:

- Se descargó reactivo desde el camión distribuidor al estanque

Es una función de operación normal.

El operador de sala de control notificará al operador de terreno y/o al conductor del camión distribuidor que debe detener la descarga de reactivo en el estanque.

2.- Estanque de mezcla de colector secundario.

Falla: El nivel del estanque es alto alto.

Causa probable:

- Se ha agregado agua adicional al estanque durante el proceso de mezclado

El operador de sala de control ordenará al operador de terreno chequear que la válvula del agua fresca esté completamente cerrada y que la válvula de corte de control remoto o local en la línea de agua de reposición, esté cerrada y no tenga fugas.

Falla: El nivel del estanque es bajo.

La alarma se activa para notificar al operador de la sala de control que el estanque de mezcla está lo suficientemente bajo como para permitir una nueva preparación de colector secundario sea preparado.

Causa probable:

- Hay una fuga en el estanque o en la tubería de descarga.
- La válvula de la línea de drenaje está abierta.

El operador de sala de control ordenará al operador de terreno que realice las siguientes acciones:

1. Mezclar un nuevo batch de colector secundario.
2. Revisar el estanque y la tubería de descarga por si encuentra fugas. . El operador de sala de control solicitará a mantención reparar si es necesario.
3. Revisar la válvula de la línea de drenaje y cerrarla si es necesario

Falla: El nivel del estanque es alto alto.

Causa probable:

- La bomba de transferencia falló al no detenerse cuando el interruptor de nivel alto del estanque de almacenamiento fue activado.

El operador de sala de control ordenará al operador de terreno chequear.

El operador de sala de control solicitará a mantención reparar el interruptor de nivel alto o reemplazar si es necesario.

Remolienda - Clasificación

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual en grupos, deberán conocer y luego operar, desde una sala de operación de una planta, el proceso de Remolienda - Clasificación.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con la operación de los molinos de remolienda- clasificación y equipos anexos.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla.

Operar los sistemas de control de automatización multivariable (software de operación) del sistema al proceso de remolienda y clasificación, según procedimientos.

Verificar desde pantallas de sala de control, el funcionamiento mecánico de los molinos de remolienda y equipos auxiliares, para detectar desperfectos según estándares y procedimientos.

Monitorear en pantalla las condiciones operacionales del proceso de remolienda analizando y registrando el comportamiento de las tendencias de las variables de operación, según estándares y procedimientos

Realizar en pantalla ajustes de parámetros y variables de operación al proceso de remolienda y clasificación para normalizar operación, de acuerdo a condiciones de operación y procedimientos.

Programar mantenciones a equipos del proceso de remolienda y clasificación para mantener alta disponibilidad operacional, según estándares y procedimientos

Estrategia Metodológica para el Instructor.

El instructor, explica tecnología y componentes del simulador, pantallas donde aparece el molino de remolienda convencional y vertical (simulaciones apartes) y equipos anexos.

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las utilizadas en las salas de control modernas, sin ninguna conexión real a un equipo o maquinaria.

El Visualizador de Sala de Control

Es el módulo de visualización de maquinaria, también simulado. Este módulo está generado con equipos 3D simulados y con imágenes capturadas de pantallas reales. Lo importantes es que los participantes puedan también observar los cambios que se producen en la operación de las celdas al realizar cambio de variables y parámetros en la pantalla del PC.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes a medida que explica el proceso de la flotación, según lo expuesto en clases.

Software de Simulación Multivariable	x
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 41

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar anotando en una pizarra, paso a paso, el procedimiento de la alimentación, molienda y clasificación de los molinos de remolienda. Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo en el formulario que el instructor les entregará para control de los riesgos presentes, tal como si estuvieran en una faena minera.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida de que vaya realizando la actividad, para medir grado de conocimientos teóricos, a fin de confirmar los mismos.

Los elementos de protección personal obligatorios que el participante debe ocupar en el desarrollo de la actividad deben ser los mismos a los empleados de acuerdo a la ocupación, y serán estos:



Figura 130 Elementos de protección personal obligatorios

Materiales y Recursos.

- 1 computador con software de simulación por participante, conectados en línea con el PC del instructor.
- 1 data en sala de clases.
- 1 cuaderno y lápiz por participante

Desarrollo de la Actividad

En esta actividad el participante puede ser el único operador del simulador o cada participante tendrá acceso a uno. Sin embargo, los eventos serán individuales por simulación y el Instructor podrá monitorear, individualmente cada uno de ellos.



Figura 131 Instructor y participante en una pantalla del simulador de control del molino de remolienda vertical.

1. Los participantes reciben instrucción de parte del instructor, acerca de los objetivos del aprendizaje
2. Los participantes reconocen el simulador y se familiarizan con sus controles, proceso asistido por el instructor.
3. El instructor proyecta una simulación de un molino de remolienda convencional y posteriormente un molino vertical, con el data en la pizarra y explica la operación, los componentes y fallas operacionales de los molinos de remolienda y de los equipos auxiliares (bombas, válvulas, hidrociclones, sistema de aire instrumentación, etc.).
3. Luego cada participante, desde su PC ingresan al simulador, reconociendo el molino de remolienda y equipos auxiliares a través de la simulación proyectada por el software.
4. Los participantes a través del simulador operan el molino de remolienda, chequeando funcionamiento de los equipos y, monitoreando desde pantalla simulada de sala de control parámetros y ajustando variables (dosificación de reactivos, densidad de pulpa, etc.)
5. Los participantes coordinan en el software simulador la detención y puesta en servicio del molino de remolienda y equipos auxiliares, simulando entrega de equipos a mantención y posterior puesta en marcha de estos.
6. Los participantes observarán en el simulador detención de equipos, baja de presión de batería de hidrociclones, detención imprevista de bomba de alimentación hidrociclones.
6. Finalizada la actividad, el simulador genera reporte de aprendizaje del participante, instrumento con el cual el instructor evaluará al participante

Cierre de la actividad

El instructor analizará con los participantes el desarrollo de la actividad con el software de simulación del molino de remolienda y equipos anexos, destacando que esta misma operación es la que se realiza en las sala de control en la faena y que cualquier error o mala coordinación de esta operación de control puede generar pérdidas a la producción, daños a la empresa, daños a los equipos, provocar algún incidente, etc.

Módulo VI: Control Espesamiento de Concentrado (Molibdeno)

31 Controlador espesamiento de concentrado.

31.1 Descripción del control de espesadores.

Antes de arrancar, se debe realizar una inspección pre-operacional.

En pantalla de la sala de control, verificar que los servicios y sistemas auxiliares se encuentran operativos. Estos son:

- a) Energía eléctrica.
- b) Aire de instrumentación.
- c) Aire de servicio.
- d) Sistema de agua fresca.
- e) Sistema de agua recuperada.
- f) Sistema de agua de enfriamiento.
- g) Sistema de agua potable.
- h) Sistema de reactivos.

31.2 Procedimiento de partida espesador desde sala de control.

- 1. Coordinación con el operador de los espesadores y agua recuperada.
- 2. Coordinación con el operador del área de bombeo.
- 3. Ingresar a las pantallas donde se visualiza el diagrama general.

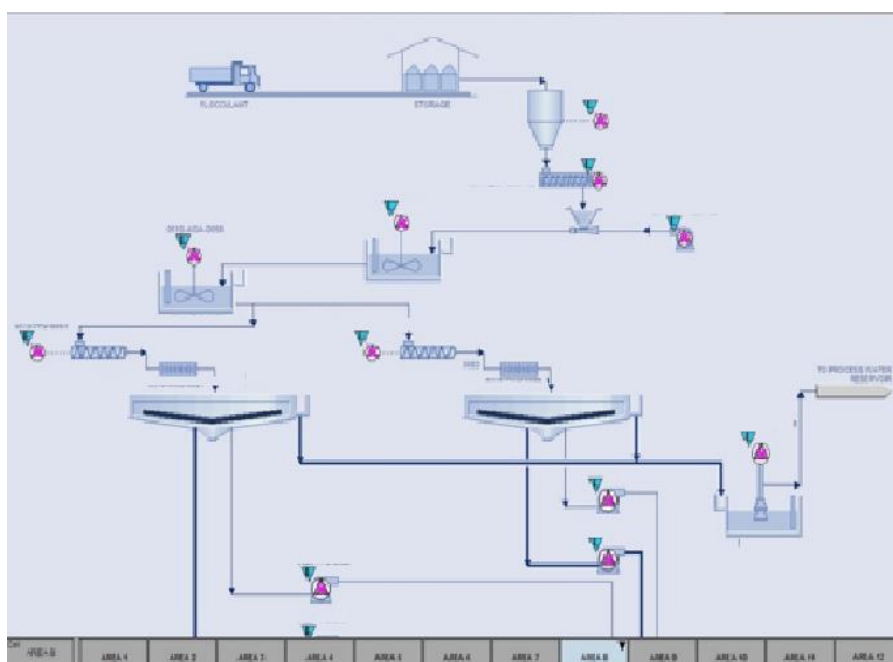


Figura 132 Vista general espesador de relaves desde sala de control

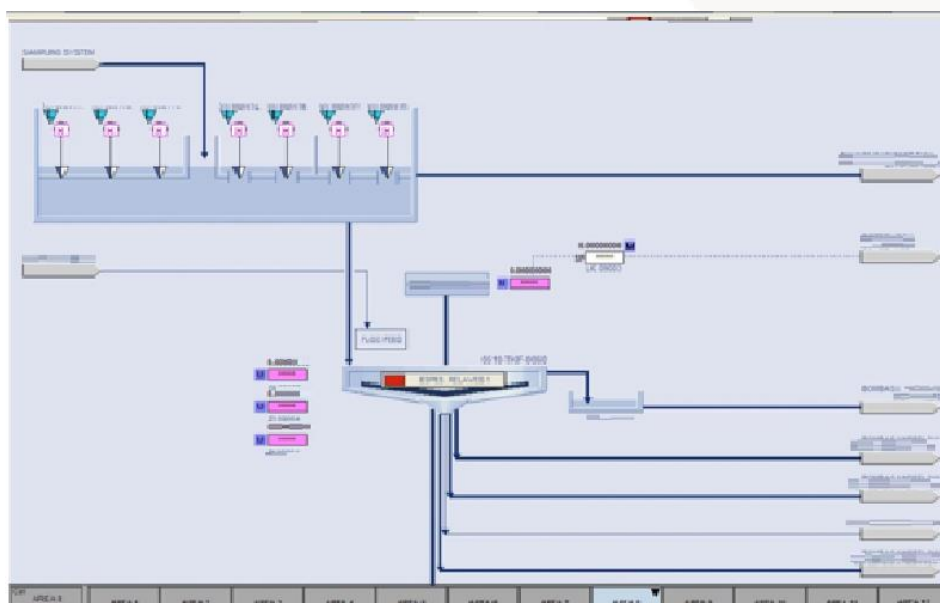


Figura 133 Pantalla alimentación espesador de relaves

4. Verificar los enclavamientos permisivos de partida de las bombas. Estos son: agua de sello, niveles de agua y otras válvulas de ingreso y salida de bombas.

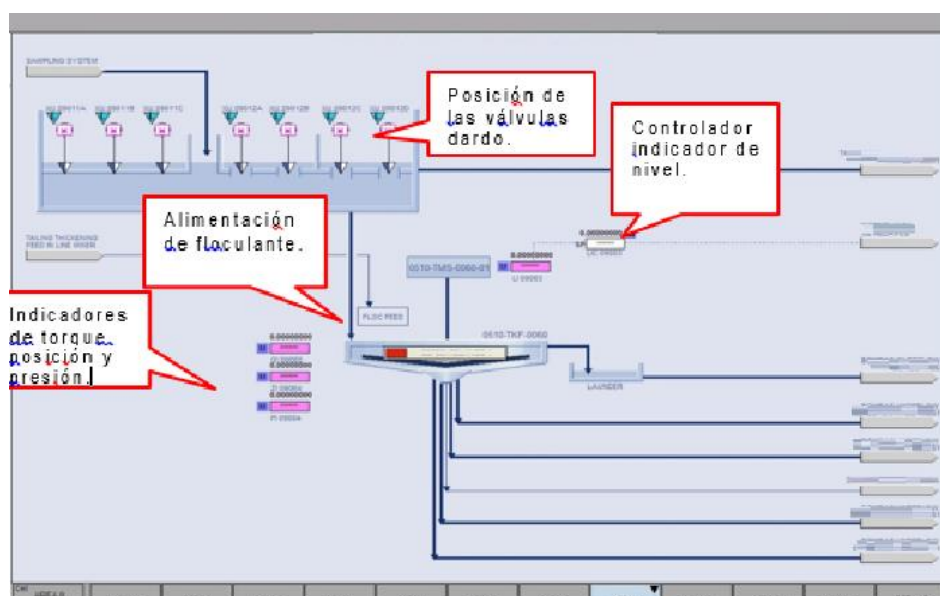


Figura 134 Pantalla verificación de sensores espesador de relaves

5. Verificar el sistema hidráulico y de motores de accionamiento de levante. Confirmar con el operador de terreno.
6. Seleccionar espesador y verificar alarmas en el sistema de accionamiento de rastras. Considerar los sistemas de levante de brazos de rastras para la operación. Verificar permisos y enclavamientos.

7. Dar partida a los mecanismos de accionamiento de las rastras de los espesadores, verificando en pantalla de sala de control el sistema de auto lubricación, señales panel local, torque y posición de rastras, permisos del detalle de motor.

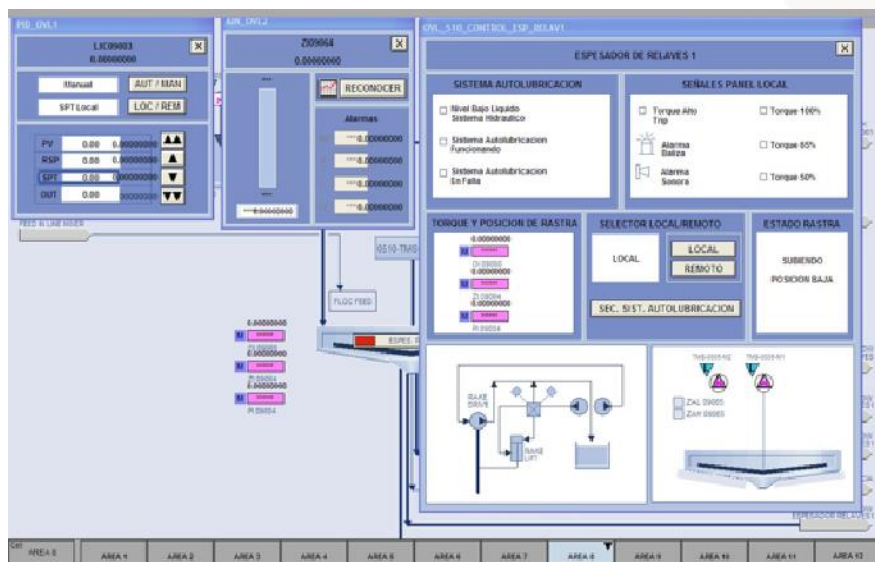


Figura 135 Pantalla de verificación sistema de partida espesador

8. Abrir las válvulas dardo del cajón distribuidor de alimentación a los espesadores. Así mismo, verificar válvulas dardo de rebose. En una operación normal, las válvulas de rebose quedan en posición close. Verificar con el operador de terreno.

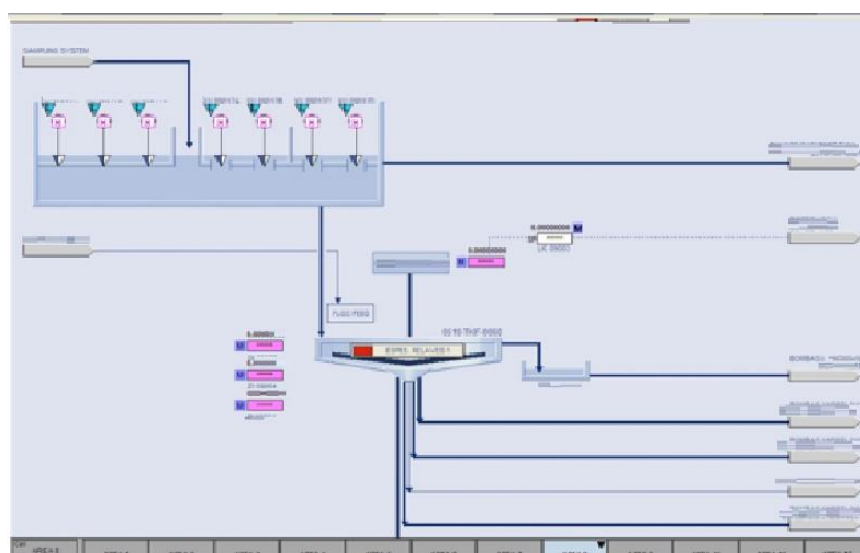


Figura 136 Pantalla revisión de sensores

9. Revisar los sensores: de nivel, presión, presión de cama y flujómetros.
10. Arrancar las bombas de dosificación de floculante y mantener stand by la bomba. Iniciar la adición de floculante, según corresponda dando apertura de válvulas de agua de mezclado.

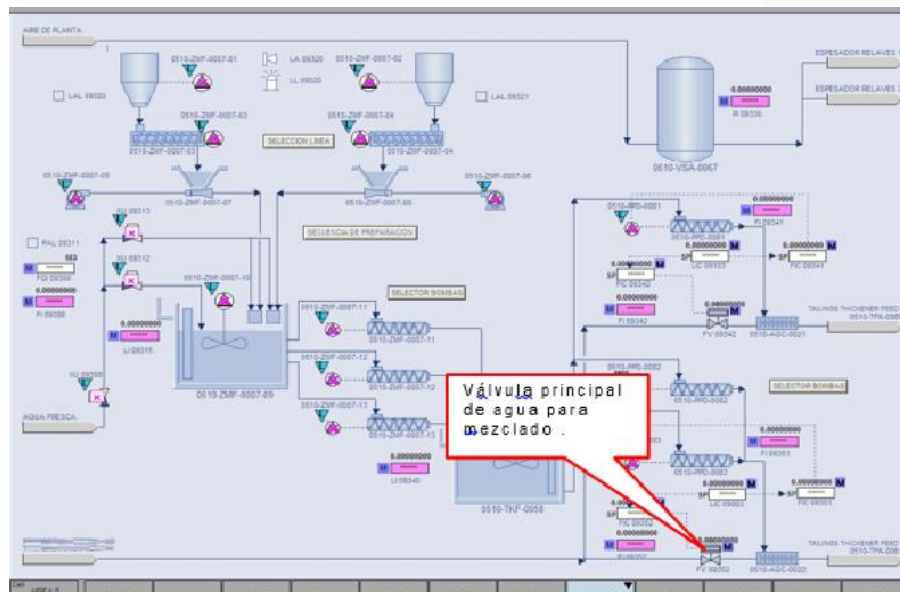


Figura 137 Pantalla preparación y distribución de floculante

11. Coordinar con el operador de terreno la apertura de válvulas del espesador. Colocar el sistema para el modo recirculación.
12. Arrancar las bombas de pulpa para la recirculación, una bomba por espesador.
13. Coordinar con el operador de terreno, el muestreo de la densidad.
14. Abrir las válvulas de descarga y cerrar las válvulas de recirculación cuando se haya obtenido el sólido deseado.

31.3 Procedimiento de detención del espesador.

1. Coordinación con el operador de los espesadores y agua recuperada.
2. Coordinación con el operador del área de bombeo.
3. Ingresar a las pantallas, donde se visualiza el área del espesador.

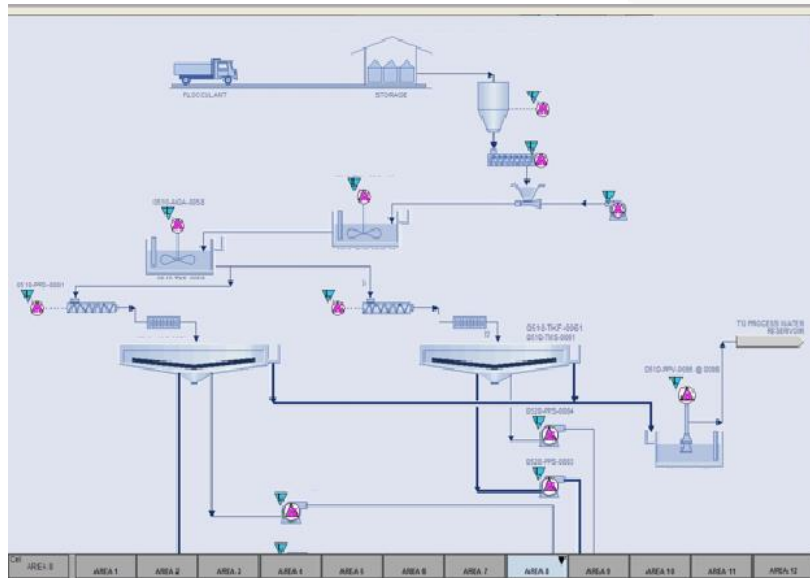


Figura 138 Pantalla cierre válvulas dardos

4. Cerrar las válvulas dardo del cajón distribuidor de ingreso a los espesadores. Así mismo, abrir la válvula dardo de rebose. En una operación normal, las válvulas de rebose quedan en posición cerrada.

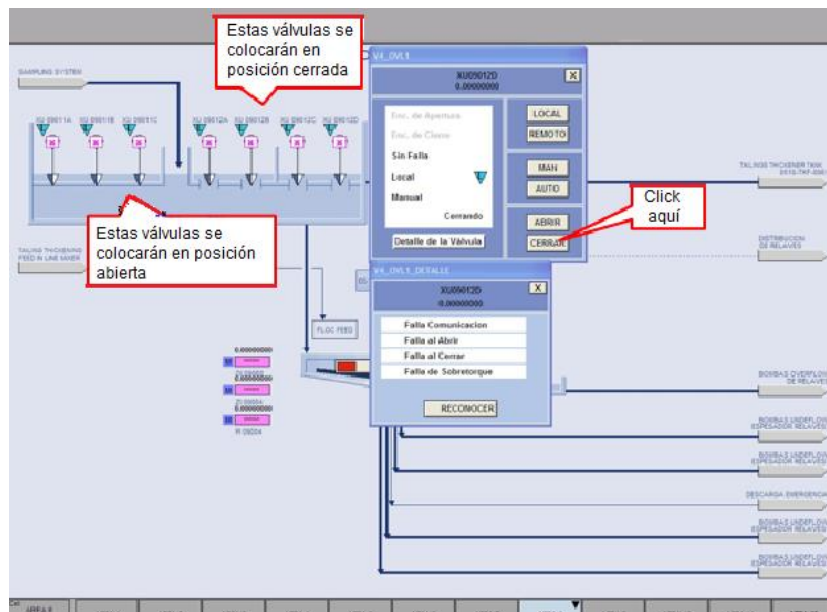


Figura 139 Pantalla cierre de válvulas floculante

5. Detener las bombas de floculantes (detener equipos y cerrar las válvulas de alimentación del floculante).
6. Abrir las válvulas de agua de proceso para mantener el nivel de agua del espesador.

31.4 Balance metalúrgico.

A continuación, se plantea el siguiente ejercicio de balance en un espesador y filtro de concentrados de una determinada planta de procesamiento.

Enunciado: Un caudal de pulpa proveniente de la flotación de concentrados, pasa por un espesador de concentrados de alta capacidad, en donde se recupera agua para el proceso. Por el underflow del equipo, sale una pulpa de con cierta concentración de sólidos, que se dirige hacia un filtro de prensa, de donde sale un concentrado con un porcentaje de humedad. El agua recuperada en la filtración se bombea hacia un estanque reservorio de la planta.

Datos del ejercicio:

Caudal de pulpa: $1500 \text{ m}^3/\text{h}$.

Densidad de la pulpa entrante al espesador: $1,4 \text{ ton}/\text{m}^3$

Concentración de sólidos de la pulpa que entra al espesador: 20 %.

Concentración de sólidos alcanzados por la pulpa a la salida del espesador: 60 %.

Flujo másico de concentrado húmedo: 470 ton.

Determinar:

- a) Flujo másico de agua recuperada en el filtro.
- b) Flujo másico de agua recuperada en el espesador.
- c) Flujo másico de pulpa que sale del espesador.

Considerar:

Densidad del agua: $1 \text{ gr}/\text{cm}^3$ o $1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$

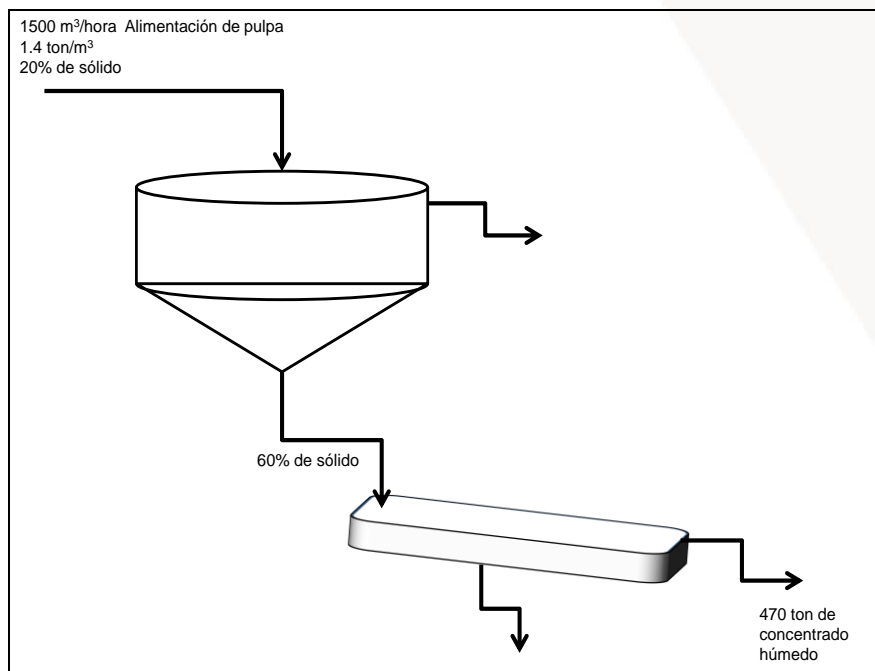


Figura 140

Operación Espesadores

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual en grupos, deberán conocer y luego ajustar los parámetros de operación de un espesador, mediante la simulación de un proceso.

Aprendizaje esperado

El participante deberá ajustar los parámetros de operación de un sistema de espesadores de concentrados, mediante la simulación de un proceso.

El objetivo es familiarizar a los participantes con esta importante actividad de control que se realiza en todas las plantas de procesamiento de minerales.

Operar los sistemas de control de automatización multivariable (software de operación) del sistema al proceso de espesamiento de concentrados (cobre y molibdeno).

Verificar desde sala de control funcionamiento mecánico y eléctrico de los espesadores y equipos anexos del proceso de espesamiento de concentrados (cobre, molibdeno).

Identificar desde pantallas de sala de control las condiciones operacionales del proceso de espesamiento de concentrados (cobre y molibdeno), analizando y registrando el comportamiento de las variables.

Realizar desde sala de control ajustes de parámetros y variables a equipos del proceso de espesamiento de concentrados (cobre y molibdeno) y equipos anexos para normalizar operación.

Incorporar desde controladores dosificación de reactivos de decantación de sólidos en el proceso de espesamiento de concentrados (cobre y molibdeno).

Programar mantenciones a equipos del proceso de espesamiento de concentrados (cobre y molibdeno).

Estrategia Metodológica para el Instructor.

El instructor, explica tecnología y componentes del simulador, pantallas donde aparecen los equipos de operación de espesamiento y equipos auxiliares.

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las utilizadas en las salas de control modernas, sin ninguna conexión real a un equipo o maquinaria.

El Visualizador de Sala de Control

Es el módulo de visualización de maquinaria, también simulado. Este módulo está generado con equipos 3D simulados y con imágenes capturadas de pantallas reales. Lo importantes es que los participantes puedan también observar los cambios que se producen en un proceso o sistema de control al realizar cambio parámetros en la pantalla del PC.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes a medida que explica el control de procesos, según lo expuesto en clases.

Software de Simulación Multivariable	x
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 42

Desarrollo de la Actividad.

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar, anotando en una pizarra, paso a paso, el procedimiento de simulación del proceso de espesamiento.

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo en el formulario que el instructor les entregará para control de los riesgos presentes, tal como si estuvieran en una faena minera.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida de que vaya realizando la actividad, para medir grado de conocimientos teóricos, a fin de confirmar los mismos.

Los elementos de protección personal obligatorios que el participante debe ocupar en el desarrollo de la actividad deben ser los mismos a los empleados de acuerdo a la ocupación, y serán estos:



Figura 141 Elementos de protección obligatorio

El participante, ya frente al computador con la interfaz de simulación de sistema de transporte de concentrados, deberá realizar lo siguiente:

1. Revisar las condiciones de partida de los equipos de espesamiento, utilizando la pantalla de control. Ante cualquier duda, podrá consultar al instructor.
2. Anotar en su cuaderno de actividades, los parámetros de la bomba que se despliegan desde la pantalla.
3. Comparar los datos con los entregados por el instructor en una tabla de parámetros de operación.
4. Deberá fijar el set point de los equipos de espesamiento de concentrados.

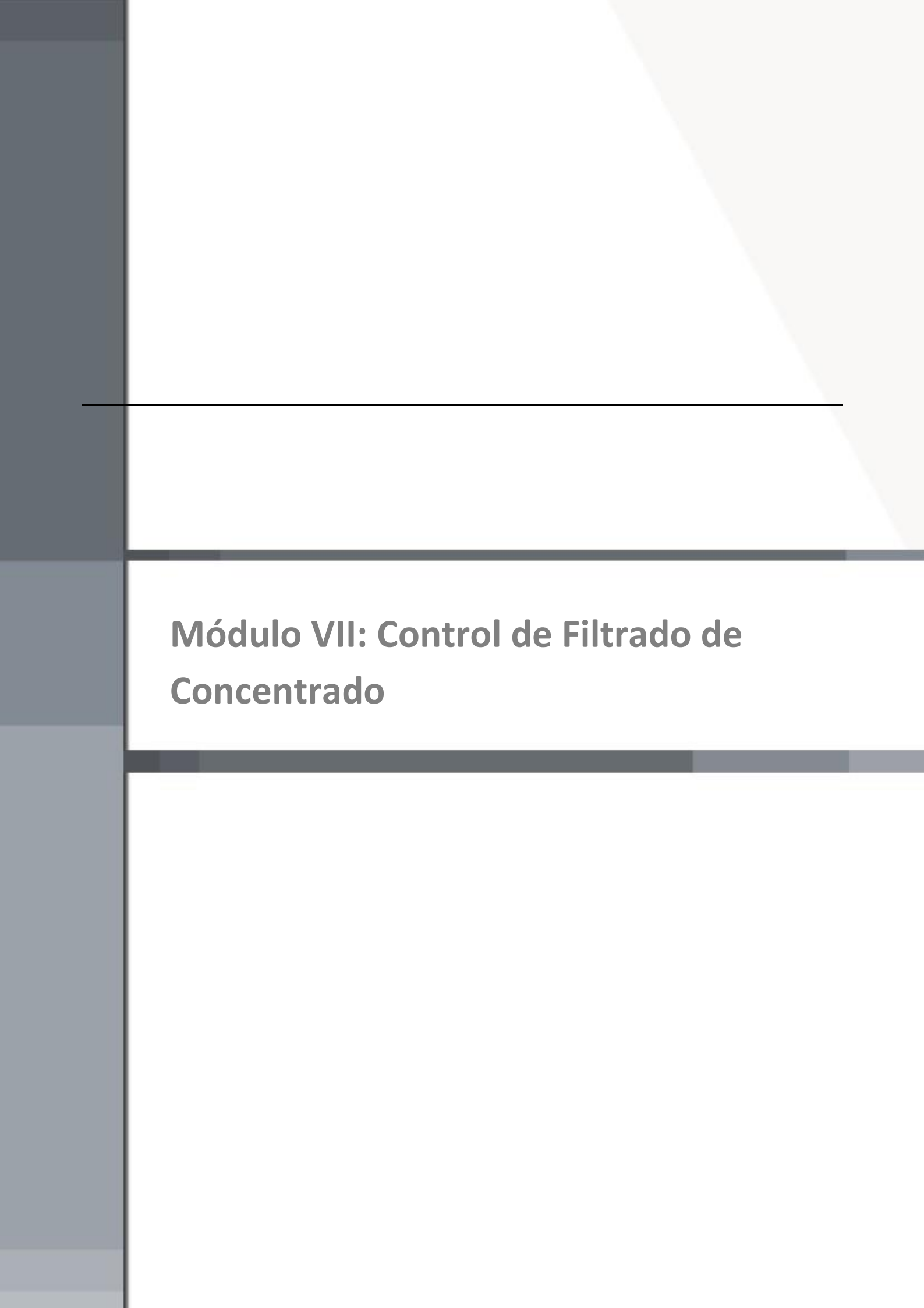


Figura 142 Ejemplo de despliegue de pantalla de control de espesadores.

5. Una vez revisados los parámetros, deberá desplegar la pantalla de alarma y enclavamiento de los equipos. Revisará si es que existe alguna anomalía que no permita dar condición a estos.
6. Deberá anotar en su cuaderno de actividades, la secuencia de partida del sistema de espesamiento de concentrados. Se guiará con la tabla de parámetros y enclavamientos.
7. Una vez que realice los pasos anteriores, con la interfaz principal y los equipos en condiciones de espera, dará partida al simulador.
8. Si en el proceso de operación, aparece una alarma, el participante deberá revisar la condición que está activando esta condición y ajustarla, para eso se guiará con la tabla de parámetros. Tal como lo muestra la figura de la pantalla de la actividad.
9. Una vez que se haya cumplido el tiempo, el instructor indicará al participante que detenga el programa de simulación.
10. El participante deberá realizar un informe y exponer en clases lo aprendido en el desarrollo de la actividad.

Cierre de la actividad

El instructor analizará con los participantes el desarrollo de la actividad con el software de simulación de los espesadores y equipos anexos, destacando que esta misma operación es la que se realiza en la sala de control en la faena y que cualquier error o mala coordinación de esta operación de control puede generar pérdidas a la producción, daños a la empresa, daños a los equipos, provocar algún incidente, etc.



Módulo VII: Control de Filtrado de Concentrado

32 Controlador de proceso de filtrado.

32.1 Descripción del proceso filtrado filtro de presión.

El filtro de presión es un filtro de alta eficiencia para filtrar concentrados, con un porcentaje de sólidos de entrada que varía entre 50 – 70 %. El control de las variables es un aspecto importante en la producción final. Estos equipos de producción cuentan con sistemas de control y programas que permiten alertar si una condición esta fuera de rango. No obstante, el constante monitoreo de un operador es necesario para el normal funcionamiento.

En la Figura 143 se muestra el Layout (distribución de equipos, válvulas y cañerías), del área de filtrado de concentrados.

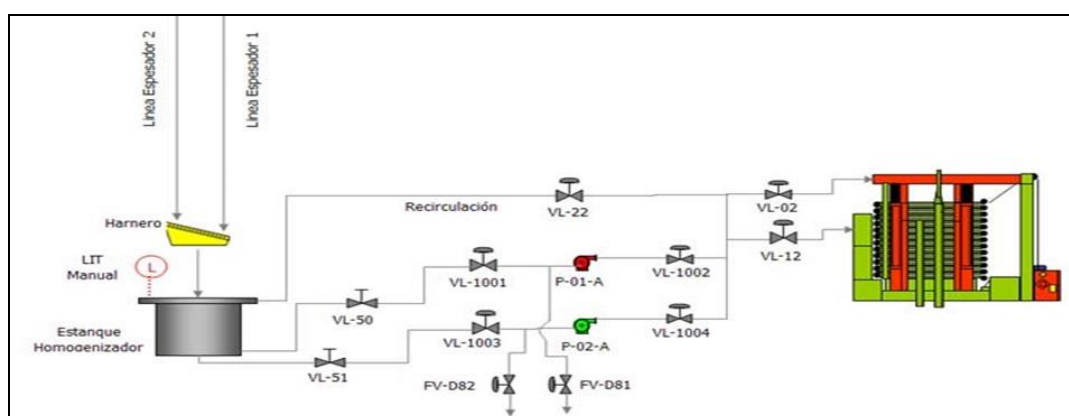


Figura 143 Layout área de alimentación filtro de presión

En la Figura 144 se muestra una imagen de la ubicación física de las válvulas y bombas del área alimentación filtro.



Figura 144 Ubicación de válvulas y bombas

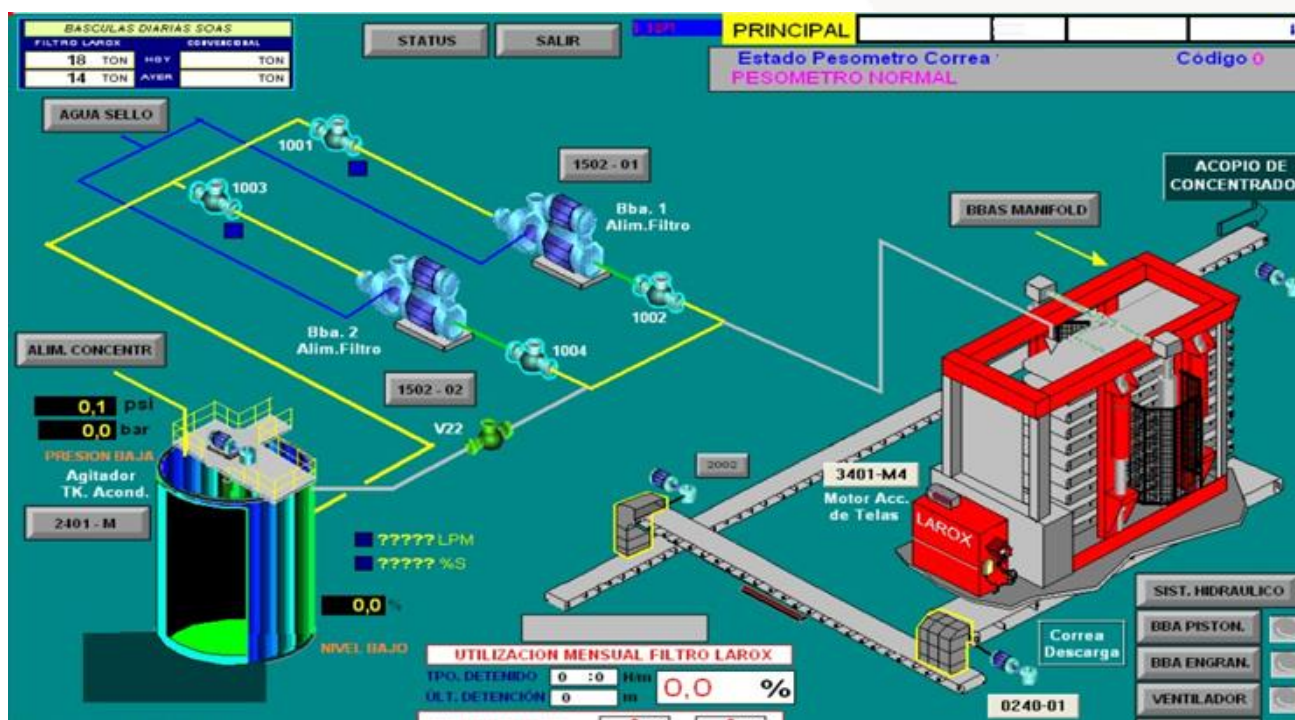


Figura 145 Pantalla de consola FIX. Filtro Larox.

Si alguna de las variables operacionales presenta algún problema en la consola o panel de control, aparecerá una pantalla (Figura 145), indicando que variables presentan problemas. Si durante la operación se genera una alarma el operador deberá realizar lo siguiente:

1. Identificar variable del área alimentación filtro que originó la alarma.
2. Para identificar la alarma, el operador debe hacer clic en botón “Reconocer” que se indica en la pantalla general.
3. En la pantalla aparecerá la descripción del problema que originó la alarma.
4. Una vez identificada la alarma operador debe hacer clic en el botón “volver” que se indica en la pantalla.
5. En el sistema de control, el operador del filtro deberá reconocer alarma de acuerdo al procedimiento de reconocimiento de alarmas.

32.2 Control porcentaje de sólidos en la pulpa.

En condiciones normales de operación, el porcentaje de sólidos de la pulpa está entre 60 – 70 %. Este valor depende de las condiciones de operación de cada empresa.

1. Si el porcentaje de sólidos es menor al 60 %, el operador deberá comunicar situación al operador planta de concentrados para que tome las medidas necesarias para aumentar el % de sólidos.

2. El operador filtro, debe iniciar en la consola la recirculación de pulpa al TK poniendo en servicio la válvula de recirculación.
3. Cuando haga clic sobre la válvula de recirculación aparecerá el cuadro de control de la válvula.

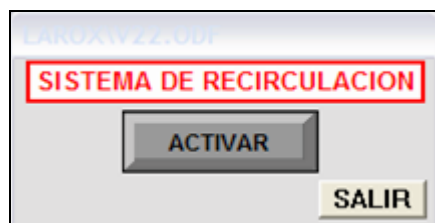


Figura 146 Sistema de activación de la válvula de recirculación

4. Para poner en servicio la válvula operador debe apretar el botón activar.
5. Cuando el porcentaje de sólidos sea mayor al 60 %, el operador deberá desactivar la recirculación de concentrado.
6. El operador además de activar la recirculación de concentrado al TK, deberá aumentar el tiempo de alimentación del filtro hasta alcanzar el valor de ajuste de carga del filtro.

32.3 Control de nivel de pulpa en el TK alimentación filtro.

El nivel de la pulpa en el TK alimentación filtro debe estar entre 60 – 90 %, si el nivel del estanque de alimentación al filtro (TK) disminuye de 35 %, el filtro se detiene por enclavamiento. La alimentación al TK es en forma automática de acuerdo al nivel. Si el nivel de la pulpa disminuye de 60 %, el operador deberá realizar lo siguiente:

1. Verificar el nivel de la pulpa en el TK de alimentación. En la Figura 147 se muestra donde el operador verifica el nivel.

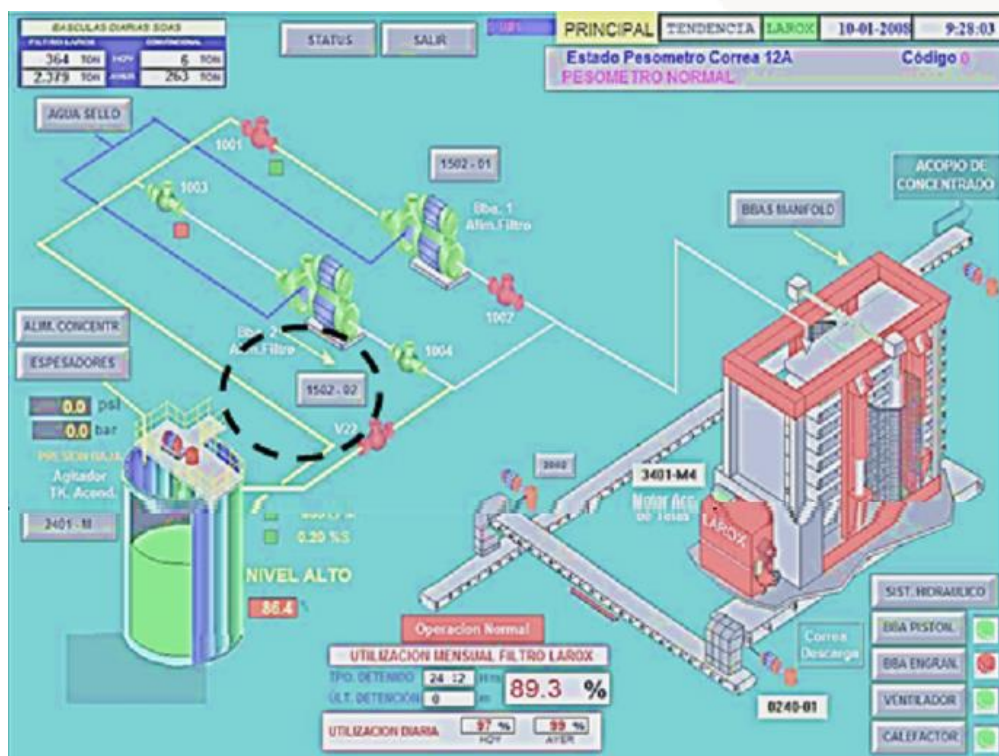


Figura 147 Control nivel de la pulpa en el TK.

Si el nivel del TK es menor a 60 %, el operador filtro debe comunicar la situación al operador planta concentradora, ya que puede haber problemas con las bombas de los espesadores que alimentan el TK.

3. Si el nivel es mayor al 90 % puede existir problemas mecánicos con las bombas de alimentación al filtro.
4. El operador de sala de control debe coordinar con personal de mantención revisión de las bombas.

32.4 Control de velocidad bomba alimentación filtro

La velocidad de las bombas de alimentación al filtro se controla en forma automática de acuerdo a los requerimientos del filtro. El operador solo pone en servicio la bomba.

Para poner en servicio la bomba que se ha seleccionado para entrar en servicio, el operador debe realizar lo siguiente:

1. El operador debe hacer clic en control de la bomba que se ha seleccionado.

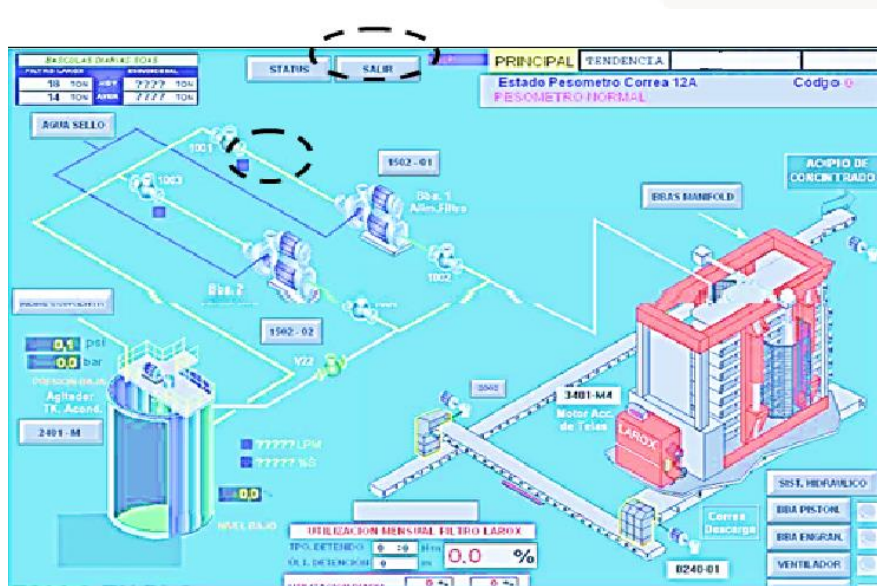


Figura 148 Control de bombas alimentación filtro.

3. Aparecerá en pantalla el cuadro de control de la bomba. En la Figura 149 se muestra el cuadro de control.



Figura 149 Control panel FIX bombas de alimentación.

4. Hacer clic en el botón “Seleccionar”, de esta forma la bomba entra en operación.

32.5 Alimentación agua al filtro de presión

En la Figura 150 se muestra el Layout (distribución de equipos, válvulas y cañerías), del proceso de alimentación agua al filtro.

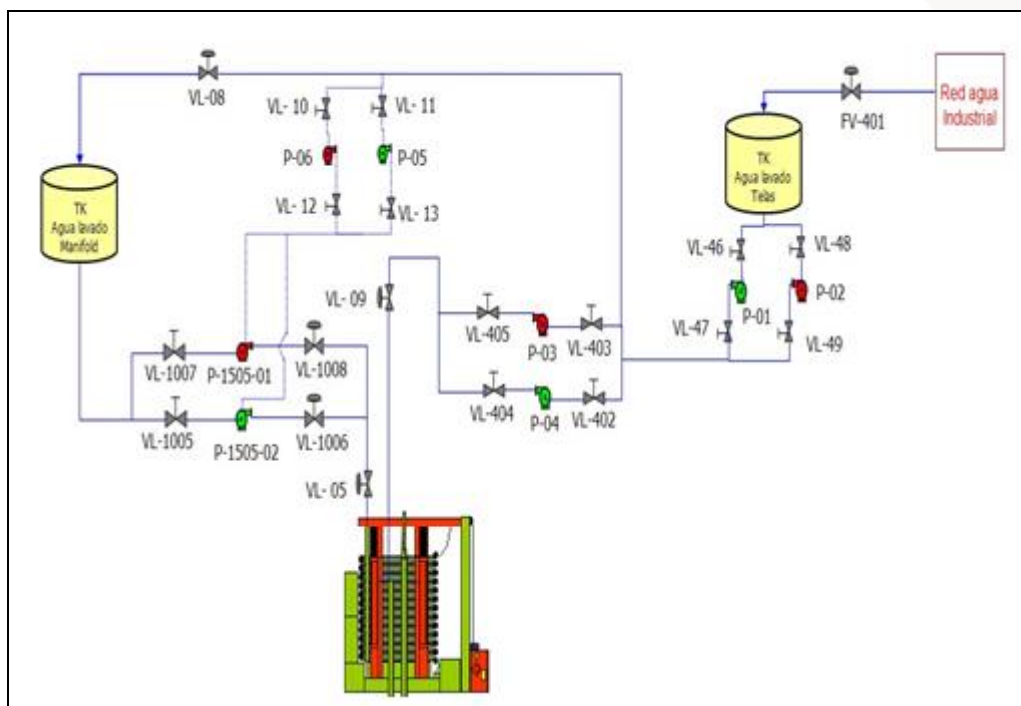


Figura 150 Layout, proceso de alimentación agua a filtro (Larox)

32.6 Control del tiempo lavado tubo alimentación filtro.

En condiciones normales de operación el tiempo de lavado de tubos del filtro debe fluctuar entre 10– 15 segundos.

1. Si el tiempo de lavado es menor a 10 segundos o mayor a 15 segundos puede haber problemas con el programa de lavado del filtro.
2. Operador debe programar nuevamente en el tiempo de lavado de los tubos de acuerdo al procedimiento.
3. Verificar en consola que el tiempo de lavado de tubos se encuentra en el rango de operación normal.
4. Si el tiempo de lavado no se encuentra en el rango de operación normal coordinar con personal de mantención la revisión del programa de lavado.

32.7 Control del tiempo lavado mangueras alimentación filtro.

En condiciones normales de operación el tiempo de lavado de las mangueras del filtro debe ser de 20 segundos.

1. Si el tiempo de lavado de las mangueras es menor o mayor a 20 segundos puede haber problemas con el programa de lavado.
2. Operador debe programar nuevamente en el tiempo de lavado de las mangueras.
3. Verificar en consola que el tiempo de lavado de las mangueras se encuentra en el rango de operación normal.
4. Si el tiempo de lavado no se encuentra en el rango de operación normal coordinar con personal de mantención la revisión del programa de lavado.

The screenshot shows a control interface titled 'LAROX PARAM.ODF'. It includes a date and time display (15:24:18, 26-12-2007) and a 'SALIR' button. The main section is titled 'FILTRO LAROX PARAMETROS DE OPERACION' and lists 16 parameters with their current values and units:

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
TIEMPO DE ALIMENTACION	350	Seg.
TIEMPO DE LAVADO DE TUBO DE ALIMENTACION	10	Seg.
TIEMPO DE LAVADO DE MANGUERAS DE ALIMENTACION	20	Seg.
TIEMPO DE PENSADO	90	Seg.
TIEMPO DE DRENAJE DE TUBO DE ALIMENTACION	10	Seg.
TIEMPO DE SECADO	200	Seg.
TIEMPO DE DRENAJE DE PRESION	25	Seg.
TIEMPO DE DESCARGA DE LA TORTA	45	Seg.
SET DE CARGA	1.935	Kg.
PRESION MAXIMA DE ALIMENTACION	6.7	Bar
PRESION DE SELLADO DE PLACAS	75	Bar
PRESION MINIMA DE AIRE PENSADO	85	Bar
PRESION MINIMA DE ACUMULADOR HIDRAULICO	115	Bar
PRESION MAXIMA DE ACUMULADOR HIDRAULICO	185	Bar
VELOCIDAD DE LAVADO DE TELA	30	%
VELOCIDAD DE DESCARGA DE LA TORTA	22	%
PRESION DE AJUSTE PUNTO "G"	6.0	Bar

Figura 151 Pantalla FIX monitoreo tiempos de lavado

32.8 Procedimiento para reconocer las alarmas del filtro en pantallas de sala de control.

Si durante el proceso de filtrado ocurre algún problema con el filtro, en el panel de control destellará una luz amarilla indicando que hay una alarma. El operador de sala de control deberá identificar la causa que originó la alarma. Para realizar esta operación, el operador debe seguir los siguientes pasos.



Figura 152 Alarmas del filtro en el sistema de control

1. Identificar en la consola o panel de control la alarma.
2. Apretar en pantalla la tecla donde destella la alarma.
3. Ver tipo de alarma que indica el panel de control.
4. Buscar en pantalla el tipo de alarma para obtener modo de solución del problema detectado
6. Solucionar el problema actuando de acuerdo a lo sugerido en pantalla.
7. Si el operador no puede resolver el problema, coordinar con personal de mantención la revisión del filtro.
8. Una vez que se ha solucionado el problema apretar en pantalla la tecla “ESC”.
9. Aparecerá pantalla general de control del filtro.
10. Apretar botón “Reposición alarma”. En el círculo rojo de la Figura 153 se muestra el botón.
11. Verificar en consola FIX que todos los controles de correas, bombas, etc. del filtro estén activados.
12. Apretar botón “Arranque/en marcha” (circulo amarillo de la Figura 153).
13. Verificar que toda la operación se encuentra en condición normal de trabajo.



Figura 153 Botoneras

Alarmas que detienen de inmediato al filtro:

- Detención de emergencia.
- Caída de voltaje.

Alarmas que detienen al filtro después de un retardo pre-establecido

- Falla de válvulas o sensores.
- Falla de motor.
- Presiones de proceso.
- Manejo de la tela.
- Movimientos del paquete de placas.
- Batería con baja carga en la CPU.
- Falla en la unidad hidráulica.
- Nivel de los TK de agua del proceso.

32.9 Procedimiento para modificar variables de filtrado desde panel de control

1. Asegurarse que en la consola de control, está la pantalla general del sistema de control del filtro.
2. En tablero de control pasar de posición cero a posición 1, con el selector del tablero. En la Figura 154 se muestra posición de la llave.



Figura 154 Llave control consola

3. Pasar de posición “Automático” a posición “Time” en selector ubicado en tablero. En la flecha roja de la Figura 155 se muestra el selector.



Figura 155 Selector Automático/Time del sistema

4. Aparecerá pantalla tipo calculadora, donde se deberá presionar “CLEAR” para limpiar la pantalla, y luego presionar el signo +/-, e ingresar la clave y presionar “ENTER”. En la Figura 156 se muestra la pantalla de ingreso de datos.



Figura 156 Pantalla de ingreso de datos.

5. Aparecerá un despliegue en pantalla con el nombre de una variable, y una flecha izquierda y derecha para avanzar hacia las otras variables (Seleccionar la que desea cambiar).

6. Para modificar el valor primero se aprieta la tecla “CLEAR”.

7. Se ingresa el nuevo valor de la variable digitando los dígitos de la calculadora que aparece en la pantalla.

8. Verificar cambio de variable.

9. Volver la llave de posición 1 a posición cero.

10. Volver la llave de posición “Time” a posición “Automática”. En la flecha roja de la Figura 157 se indica dónde debe quedar el selector.



Figura 157 Selector Automático/Time del sistema

11. El filtro adoptará la modificación en el próximo ciclo.

32.10 Alimentación de aire al filtro de prensa

En la Figura 158 se muestra el Layout (distribución de equipos, válvulas y cañerías), del proceso de alimentación de aire al filtro de prensa.

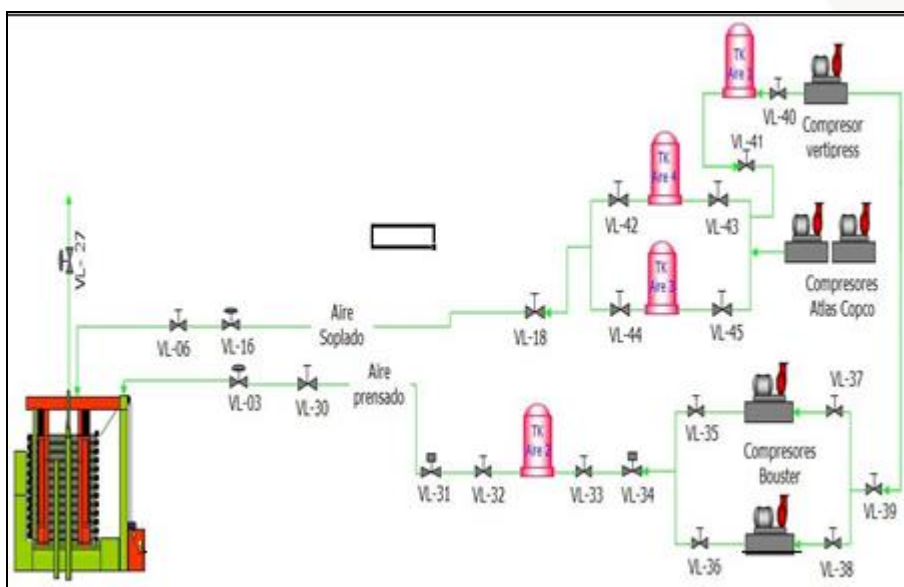


Figura 158 Layout proceso de alimentación aire al filtro de presión. Larox.

En la Figura 159 se muestra el panel de control en consola FIX desde donde el operador monitorea la variable mencionadas anteriormente.

LAROXVPARAM.ODF

FILTRO LAROX
PARAMETROS DE OPERACION

15:24:10
26-12-2007

SALIR

TIEMPO DE ALIMENTACION	350	Seg.
TIEMPO DE LAVADO DE TUBO DE ALIMENTACION	10	Seg.
TIEMPO DE LAVADO DE MANGUERAS DE ALIMENTACION	20	Seg.
TIEMPO DE Prensado	90	Seg.
TIEMPO DE DRENADO DE TUBO DE ALIMENTACION	10	Seg.
TIEMPO DE SECADO	200	Seg.
TIEMPO DE DRENADO DE PRESION	25	Seg.
TIEMPO DE DESCARGA DE LA TORTA	45	Seg.
SET DE CARGA	1.035	kg.
PRESION MAXIMA DE ALIMENTACION	6.7	Bar
PRESION DE SELLADO DE PLACAS	75	Bar
PRESION MINIMA DE AIRE Prensado	85	Bar
PRESION MINIMA DE ACUMULADOR HIDRAULICO	115	Bar
PRESION MAXIMA DE ACUMULADOR HIDRAULICO	185	Bar
VELOCIDAD DE LAVADO DE TELA	30	%
VELOCIDAD DE DESCARGA DE LA TORTA	22	%
PRESION DE AJUSTE PUNTO "G"	6.0	Bar

Figura 159 Pantalla de monitoreo de tiempos de lavado.

32.11 Control de presión mínima de aire de prensado

En condiciones normales de operación la presión mínima del aire está establecida por el fabricante.

1. Si la presión es menor a la presión mínima, el operador deberá revisar el funcionamiento del sistema de alimentación de aire de prensado.
2. Verificar que no hayan compresores detenidos.
3. Verificar en consola presión de la válvula. En la Figura 160 se muestra una imagen de la válvula en la consola.
4. Si la presión continua siendo menor, en el panel de control reprogramar la presión de prensado.
5. Cuando ya se ha cambiado la presión en el panel, verificar operación del filtro en modo normal.

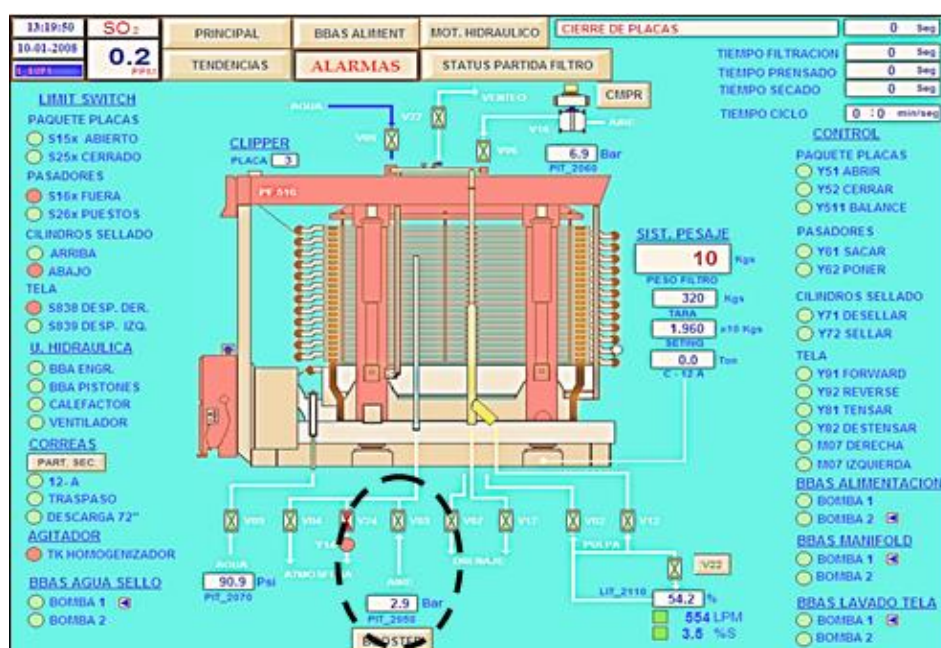


Figura 160 Válvula en consola de control del filtro.

6. Si la presión continua siendo menor, coordinar con personal de mantención revisión de la válvula y sistema de alimentación de aire.

33 Filtrado de concentrado.

El filtro de presión es un filtro de placas, también denominado filtro de alta eficiencia ya que al terminar la operación de filtrado se obtiene una torta con la humedad que se requiere. Este tipo de filtro es utilizado ampliamente para los concentrados de cobre, en donde se filtra hasta alcanzar una humedad comercial (entre 8,0 – 9,0 % de agua), este proceso consta de cuatro etapas principales las que son:

- Filtración.
- Prensado de torta.
- Secado de torta.
- Descarga de torta.

33.1 Control del tiempo de alimentación a filtro

En un ciclo de operación normal el filtro genera una descarga determinada por ciclo.

- Si la descarga generada es menor al tonelaje por ciclo, el operador en el panel de control deberá aumentar el tiempo de alimentación del filtro.
- El operador del filtro verificará en consola que la descarga generada sea mayor a descarga determinada. En el cuadrado de la Figura 161 el operador puede verificar el peso del queque en la descarga del último ciclo del filtro.

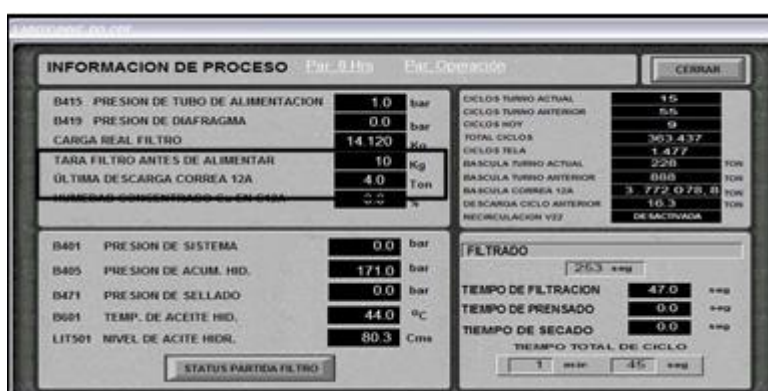


Figura 161 Cuadro de Información del proceso de filtrado.

- Si la descarga del filtro es aún menor, el operador deberá aumentar en el panel de control nuevamente los tiempos de alimentación al filtro y “setting” de carga.
- Si la descarga es mayor, el operador deberá mantener los tiempos fijados anteriormente.

33.2 Control de la presión en tubo de alimentación.

En condiciones de operación normales la presión en tubo de alimentación debe mantenerse en un valor determinado por el fabricante.

1. Si la presión es mayor, puede haber un desperfecto mecánico u obstrucción de los tubos de alimentación.
2. Operador debe dar aviso a personal de mantención para la revisión de los tubos del filtro.

33.3 Control del peso en etapa de alimentación al filtro

En condiciones de operación normales el peso en la etapa de alimentación al filtro debe estar entre los valores entregado por operaciones.

1. Si el peso es menor, operador debe revisar en el panel de control el valor programado en el “setting” de carga.
2. Si la descarga de concentrado por ciclo es menor, el operador deberá aumentar el “setting” de carga hasta un peso máximo, hasta alcanzar una descarga en el próximo ciclo.
3. Si el peso en la alimentaron del filtro es mayor, el operador deberá disminuir el “setting” de carga del filtro.
4. Revisar que el peso sea menor al valor.
5. Si el peso del filtro no disminuye operador deberá dar aviso al Jefe de Turno y personal de mantención para coordinar revisión del filtro.

33.4 Control de la diferencia de presión entre diafragma y tubo de alimentación.

En condiciones de operación normales la diferencia de presión entre el diafragma y el tubo de alimentación debe encontrarse entre un rango de presión.

1. En el cuadrado destacado en la Figura 162 se muestra donde el operador puede chequear la diferencia de presión entre el diafragma y el tubo de alimentación del filtro.
2. Si la presión es menor o mayor al rango de presión, el operador solo debe informar a personal de mantención para que revise los diafragmas y tubos de alimentación del filtro.

33.5 Tiempo de prensado.

El tiempo de prensado del proceso de filtrado se programa para asegurar una descarga de concentrado de cobre con una humedad entre 8,0 - 9,0 %.

1. Si la humedad del concentrado en correa es mayor a 9,0 %, el operador deberá aumentar el tiempo de prensado.
2. Verificar que en el ciclo descargado posterior a la modificación del tiempo de prensado en el panel de control la humedad del concentrado sea menor a 9,0 %.
3. Si la humedad es menor a 9,0 % operador deberá mantener el tiempo de prensado programado.
4. Si la humedad del concentrado en correa es menor a 8,0 %, el operador deberá disminuir el tiempo de prensado, ajustando este tiempo en el panel de control.
5. Verificar que en el ciclo descargado posterior a la modificación del tiempo de prensado la humedad del concentrado sea mayor a 8,0 % (hasta 9,0 % máximo).
6. Si la humedad es mayor a 8,0 % operador deberá mantener el tiempo de prensado programado.

33.6 Control de presión de diafragma en prensado.

En condiciones de operación normales la presión debe encontrarse en el rango entre 12 – 13 [Bar].

1. En el cuadrado destacado en la Figura 162 se muestra donde el operador puede revisar la presión de diafragma en prensado.
2. Si la presión es menor a 12 o mayor a 13 [Bar], puede indicar desperfecto en la válvula de ingreso de agua de prensado.
3. Ante esta situación el operador debe comunicar al Jefe de Turno.
4. El operador debe coordinar con personal de mantención revisión de la válvula.

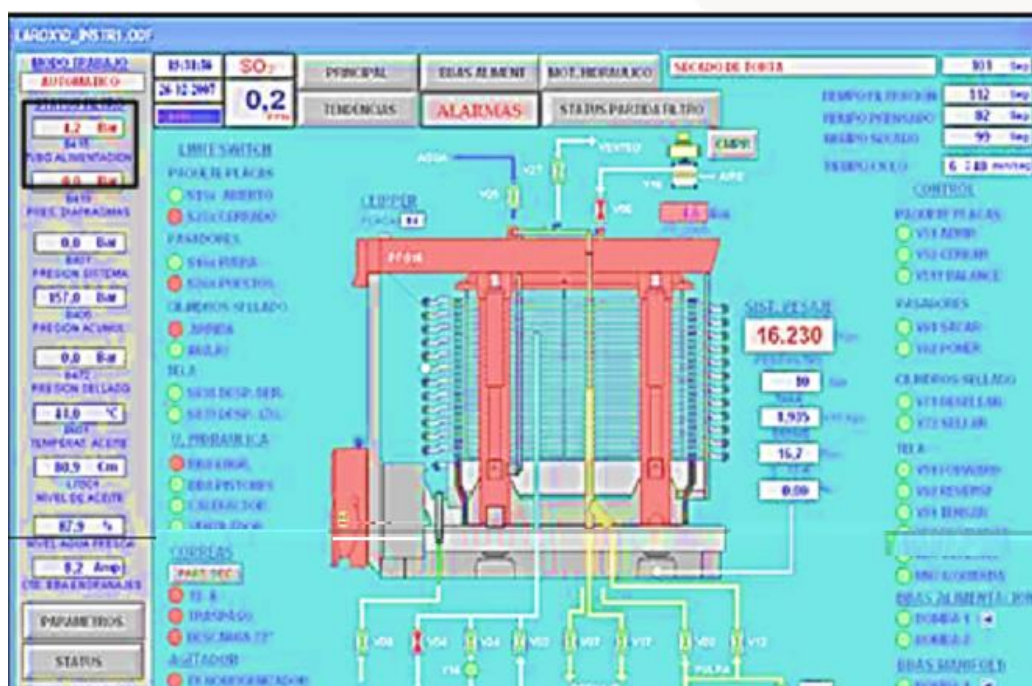


Figura 162 Cuadro información presión de diafragma en prensado (columna izquierda)

33.7 Presión de los tubos de alimentación en prensado

En condiciones de operación normales la presión de los tubos de alimentación en prensado debe ser menor al valor establecido por el fabricante. En la Figura 162 operador puede chequear la presión de los tubos.

1. Si la presión es mayor al valor, puede ser un indicio de problemas mecánicos con los diafragmas del filtro.
2. Operador debe comunicar problema a personal de mantención y Jefe de Turno para coordinar revisión de los diafragmas del filtro.

33.8 Tiempo de secado.

En condiciones de operación normales el tiempo de secado del queque debe estar entre el rango establecido por el fabricante.

1. El operador debe ajustar en panel de control el tiempo de secado del queque de acuerdo a la humedad de este medida en la correa de descarga filtro.
2. Si la humedad del concentrado de cobre medida en correa es mayor a 9,0 % operador deberá aumentar en el panel de control el tiempo de secado.

3. El tiempo de secado se aumentará hasta que la humedad del concentrado sea igual o menor a 9,0 % en el ciclo descargado, posterior a la modificación del valor.
4. Si la humedad del concentrado medida en la correa es menor a 8,0 % operador deberá disminuir el tiempo de secado.
5. El tiempo de secado se disminuirá hasta que la humedad del concentrado sea mayor a 8,6 % en el ciclo descargado posterior a la modificación del valor en la consola.

33.9 Presión de soplado

En condiciones de operación normales la presión de soplado debe estar entre rangos establecidos por fabricante.

1. Si la presión es no se encuentra dentro de ese rango, puede ser un indicio de problemas mecánicos con los compresores. El operador debe comunicar la situación a personal de mantención.
2. Si la presión es mayor, puede ser un indicio de colmatación de la tela del filtro. El operador debe comunicar la situación a personal de mantención.

33.10 Descarga del concentrado

En la Figura 163 se muestra el Layout (distribución de equipos, válvulas y cañerías), del área descarga de concentrado de cobre.

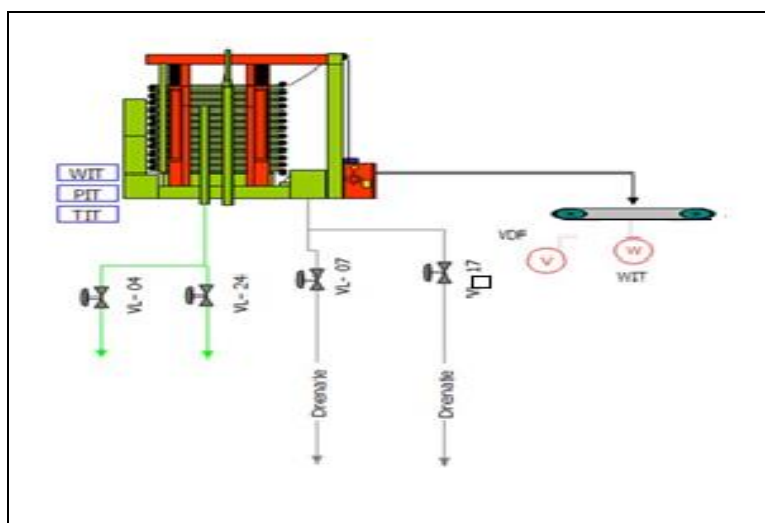


Figura 163 Layout área descarga de concentrado

33.10 Control del peso del queque descargado en el ciclo

En condiciones de operación normales el peso del queque descargado por ciclo debe ser mayor al valor entregado por operaciones.

Si el peso del queque descargado es menor al valor, el operador debe realizar los siguientes pasos.

1. Revisar que la tara del filtro después de la descarga del concentrado de cobre sea menor.
2. En el cuadro rojo destacado en la Figura 164 se muestra el cuadro donde operador puede chequear la tara del filtro.

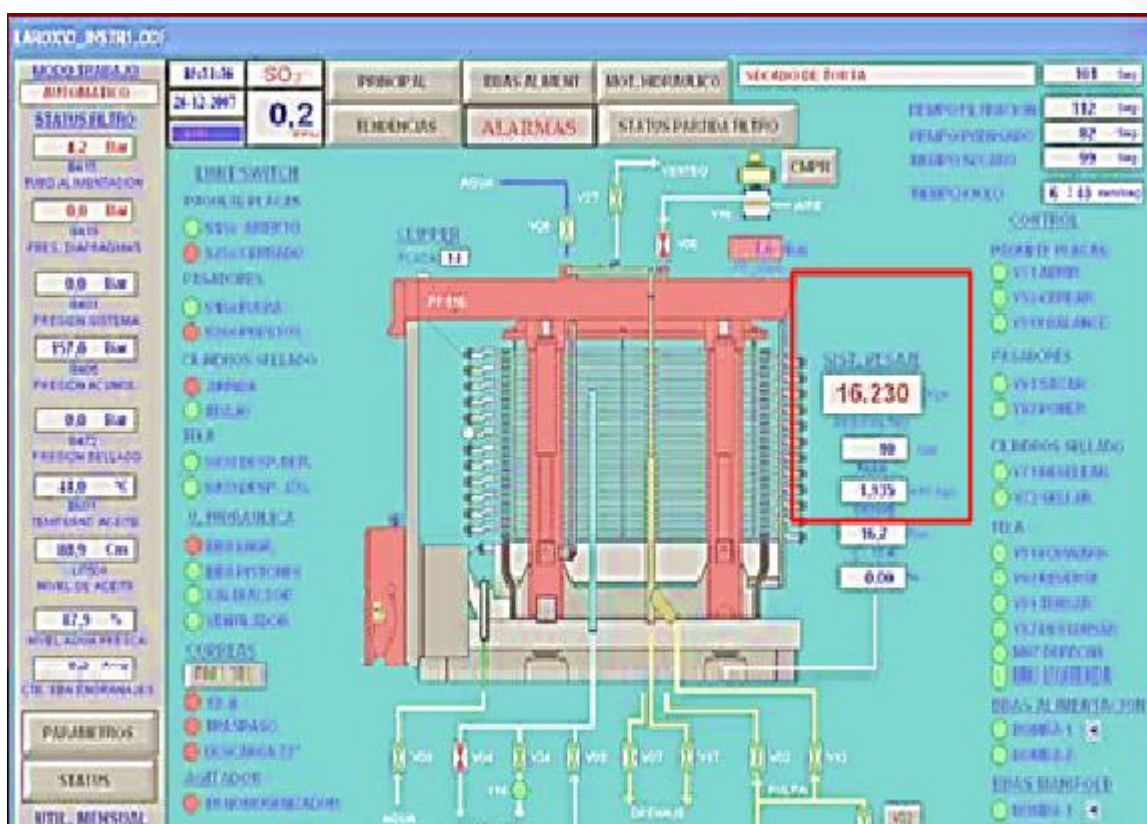


Figura 164 Cuadro información tara filtro

3. Si la tara del filtro es menor a 10 Kg. El operador deberá regular en el panel de control el “setting” de carga del filtro hasta alcanzar una descarga mayor a 16 [ton] en el ciclo siguiente a la modificación.
4. Si una vez cambiado el “setting” de carga del filtro la descarga es menor al valor establecido por operaciones, el operador deberá coordinar con personal de mantención la revisión del pesómetro del filtro.

33.11 Contenido de humedad en el queque descargado.

En condiciones de operación normales la humedad en el queque descargado debe estar entre 8,0 y 9,0 %.

1. Si la humedad del queque es menor a 8,0 o mayor a 9,0 %, el operador deberá modificar el tiempo de prensado y/o secado hasta alcanzar una humedad en el rango de operación normal.

33.12 Chutes de descarga del filtro.

En condiciones de operación normales la tara del filtro una vez descargado el queque debe ser menor a 10 [Kg].

Si la tara del filtro es mayor a 10 [Kg], el operador debe realizar lo siguiente:

1. Revisar el filtro y verificar que no haya acumulación de concentrado sobre la superficie de la tela del filtro.
3. Si el filtro presenta acumulación de concentrado coordinar su limpieza durante el turno.

Balance Metalúrgico en un filtro de concentrado.

A continuación, se plantea el siguiente ejercicio de balance en espesador y filtro de concentrados de una determinada planta de procesamiento.

Datos del ejercicio:

- Flujo de alimentación pulpa.
- Porcentaje de solidos de la pulpa de la pulpa de entrada.
- Porcentaje de solidos de la pulpa de salida.

Determinar:

- Flujo másico de agua clara.
- Flujo de pulpa de salida.
- Masa de queque filtrado.
- Masa de agua filtrada.

Introducción a la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual en grupos, deberán conocer y luego ajustar los parámetros de operación de un filtro de prensa, mediante la simulación de un proceso.

El participante deberá ajustar los parámetros de operación de un filtro de prensa, mediante la simulación de un proceso. El objetivo es familiarizar a los participantes con esta importante actividad de control que se realiza en todas las plantas de procesamiento de minerales.

Instructor y alumno frente a pantalla de control con software de simulación de proceso.

El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con la operación de los filtros y equipos anexos.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla.

Aplicar los sistemas de control de automatización multivariable (software de operación) del proceso de filtrado, según estándares y procedimientos.

Verificar desde sala de control funcionamiento mecánico de equipos e instalaciones del proceso de filtrado, para detectar desperfectos según estándares y procedimientos.

Identifica desde sala de control las condiciones operacionales del proceso de filtrado analizando y registrando el comportamiento de las variables, según estándares y procedimientos.

Realizar desde sala de control ajustes de parámetros y variables de operación a equipos del proceso de filtrado húmedo, para normalizar operación, de acuerdo a condiciones de operación y procedimientos.

Controlar dosificación de reactivo floculante en la operación del filtrado húmedo, de acuerdo a las necesidades del proceso y procedimiento.

Estrategia Metodológica para el Instructor.

El instructor, explica tecnología y componentes del simulador, pantallas donde aparece los distintos tipos de filtros de concentrado y equipos anexos.

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las utilizadas en las salas de control modernas, sin ninguna conexión real a un equipo o maquinaria.

El Visualizador de Sala de Control

Es el módulo de visualización de maquinaria, también simulado. Este módulo está generado con equipos 3D simulados y con imágenes capturadas de pantallas reales. Lo importantes es que los participantes puedan también observar los cambios que se producen en la operación de las celdas al realizar cambio de variables y parámetros en la pantalla del PC.

El instructor podrá realizar preguntas a los participantes a medida que explica el proceso de la flotación, según lo expuesto en clases.

Software de Simulación Multivariable	x
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x
Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 43

Desarrollo de la Actividad

El instructor deberá explicar el desarrollo de la actividad a realizar anotando en una pizarra, paso a paso, el procedimiento de la alimentación del proceso de filtración.



Figura 165 Elementos de protección obligatorios

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo en el formulario que el instructor les entregará para control de los riesgos presentes, tal como si estuvieran en una faena minera.

El instructor deberá realizar preguntas al participante a medida de que vaya realizando la actividad, para medir grado de conocimientos teóricos, a fin de confirmar los mismos.

El participante, ya frente al computador con la interfaz de simulación de los filtros de concentrados, deberá realizar lo siguiente:

Revisar las condiciones de partida de filtro, utilizando la pantalla de control. Ante cualquier duda, podrá consultar al instructor. Anotar en su cuaderno de actividades, los parámetros del filtro de prensa que se despliegan en la pantalla.



Figura 166 Ejemplo de despliegue de pantalla en simulador

1. Deberá fijar los set point del filtro de prensa según correspondan.
2. Una vez revisados los parámetros, deberá desplegar la pantalla de alarma y enclavamiento del equipo.
3. El participante revisará si es que existe alguna anomalía que no permita dar condición a estos.
4. Deberá anotar en su cuaderno de actividades, la secuencia de partida del filtro de prensa. Se guiara con la tabla de parámetros y enclavamientos.
5. Una vez que realice los pasos anteriores, con la interfaz principal y los equipos en condiciones de espera, dará partida al simulador.
6. Si en el proceso de operación, aparece una alarma, el participante deberá revisar la condición que está activando esta condición y ajustarla, para eso se guiara con la tabla de parámetros.
7. El participante deberá responder ante una detención simulada de equipos, estabilizando la operación.
8. Una vez que se haya cumplido el tiempo, el instructor indicara al participante que detenga el programa de simulación.
9. El participante realizará lo mismo con otro tipo de filtro que el instructor despliegue en la pantalla de PC del alumno.
10. El participante deberá preparar un informe y exponer en sala de clases resultados de la actividad y sus conclusiones.

Módulo VIII: Control Proceso de Secado de Concentrado de Molibdeno

34 Secador Rotario y Componentes.

34.1 Propósito del secado

El propósito del secador rotario es secar los concentrados húmedos y disminuir su humedad hasta 0.2%. En este nivel de humedad el material es bastante fluido y capaz de ser transportado neumáticamente.

34.2 Condiciones de un buen secado

Capacidad de secado: La capacidad de una unidad de secado dependerá del tamaño del secador y de la humedad contenida en el concentrado, que fluctúan entre 8 a 10%. Si el concentrado o flujo es más húmedo, la capacidad será naturalmente más pequeña. La planta de secado ha sido diseñada para ser operadas de forma continua.

El secador rotatorio es el más utilizado en la industria. Ha sido utilizado por muchos años ya que presenta muchas ventajas; por ejemplo, en capacidades altas y medianas la inversión en capital es moderada, pueden operar durante años sin problemas de mantenimiento y su eficiencia térmica es alta (50 a 85% dependiendo del secador).

El concentrado seco, con una humedad del 0,2%, se descarga en el transportador de rastras, además de evacuar los gases del secador y el aire de los vasos cuando se despresurizan, los cuales se van a un filtro de mangas para recuperar partículas de concentrado que se hayan ido por arrastre.

El secador rotatorio consiste en una coraza cilíndrica sostenida sobre engranes, de manera que pueda girar sobre su propio eje. Está montado con una pequeña inclinación respecto a la horizontal, que junto con una hélice en el cilindro impulsa a los sólidos alimentados para que fluyan hasta la salida del cilindro secador. El medio de secado es generalmente aire que se calienta previamente con combustible, vapor sobrecalentado o en bajas capacidades con resistencias eléctricas. Su operación es comúnmente de tipo directo, habiendo secadores de tipo indirecto.

Los secadores rotatorios cuentan con aletas en su interior que sirven para levantar el sólido y esparcirlo en la corriente gaseosa, mejorando la transferencia de calor.

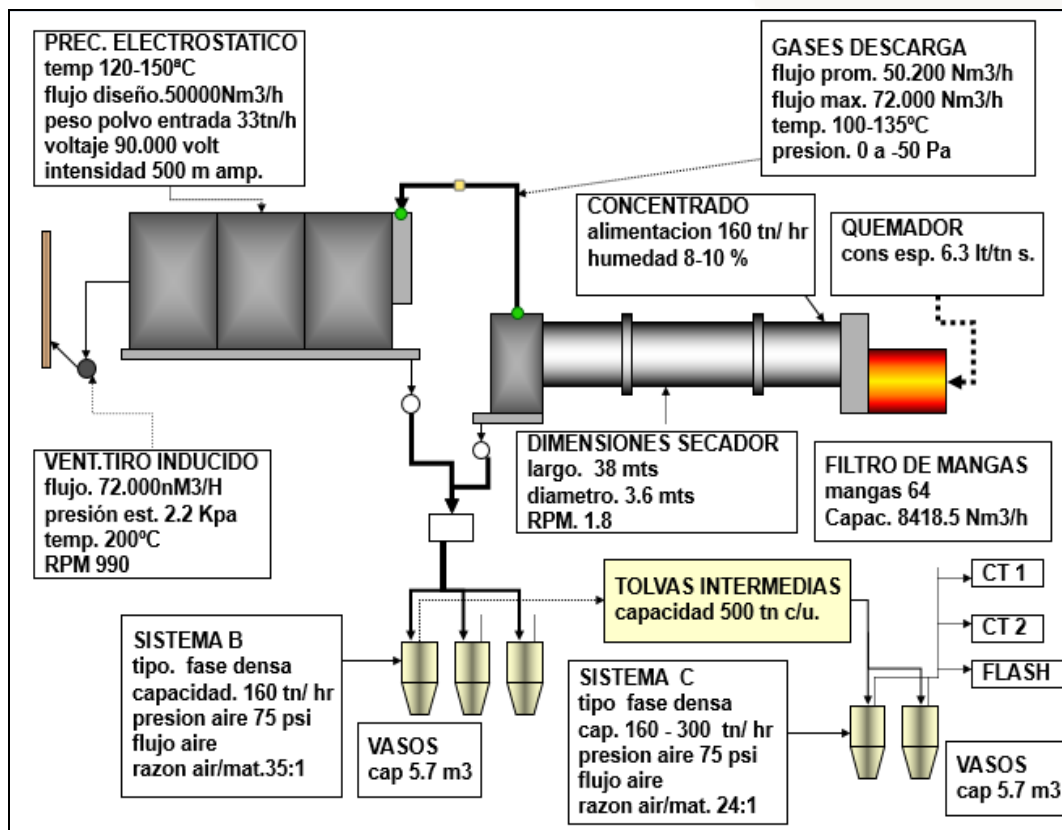


Figura 167 Variables de control de un secador (Codelco Chuquicamata)

El gas utilizado como medio de secado puede fluir en paralelo o a contracorriente con respecto al flujo de sólido a secar, éste último se utiliza en materiales sensibles al calor como en el caso de la alfalfa, yeso y piritas de hierro.



Figura 168 Componentes de un secador

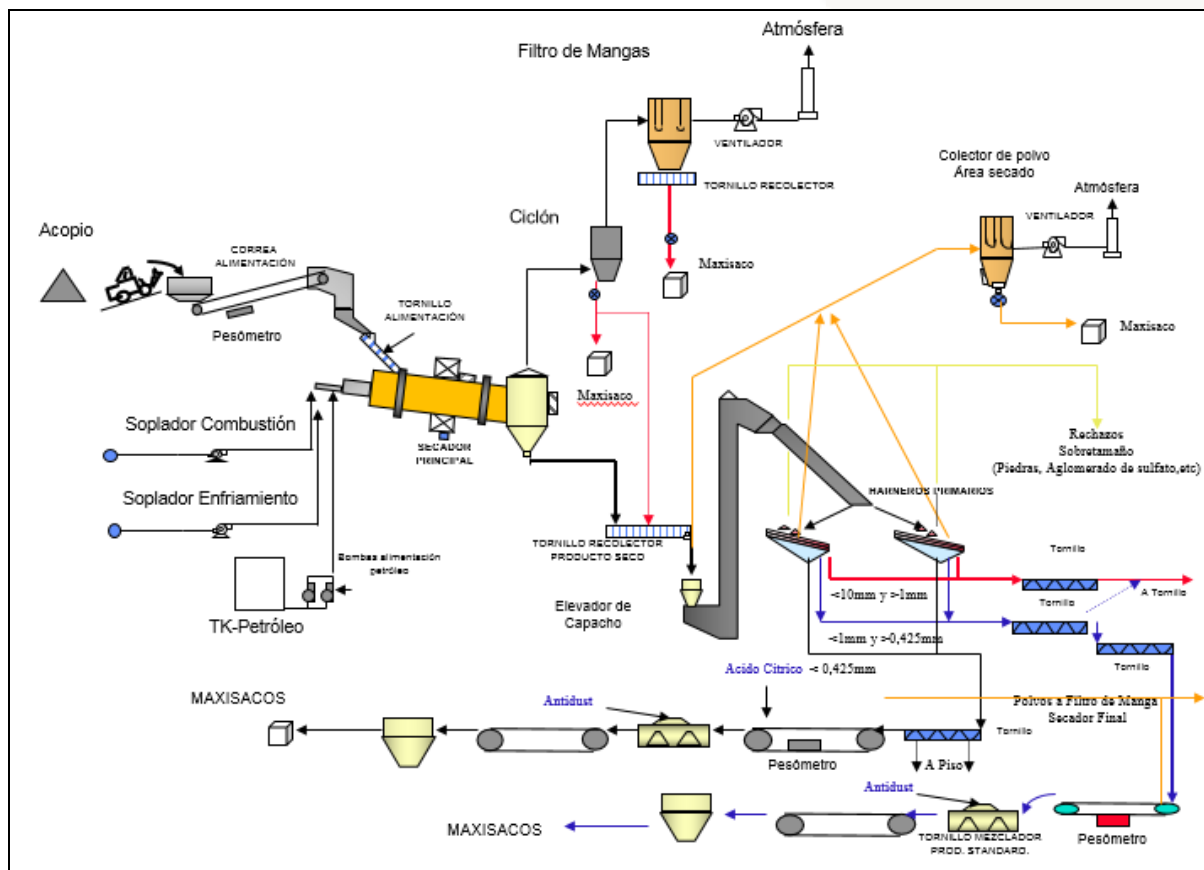


Figura 169 Diagrama de flujo de una planta de secado

El proceso de secado consta básicamente de tres periodos por los cuales pasa el sólido:

Un periodo de **acondicionamiento del sólido** hasta alcanzar la temperatura de bulbo húmedo de gas, y el siguiente periodo es llamado de **velocidad constante de secado** donde el sólido permanece a la temperatura de bulbo húmedo, en esta etapa la superficie del sólido se encuentra saturada, por lo tanto se requiere que el flujo de líquido desde el interior del sólido sea suficiente para saturar la superficie, con la cual la transferencia de masa es igual a la transferencia de calor y la superficie permanece a una temperatura constante, y le sigue al proceso de transferencia de masa un tercer periodo de **velocidad decreciente** cuando el sólido alcanza la velocidad crítica, o sea cuando la superficie del sólido no está completamente saturada y el secado continuará a una velocidad decreciente.

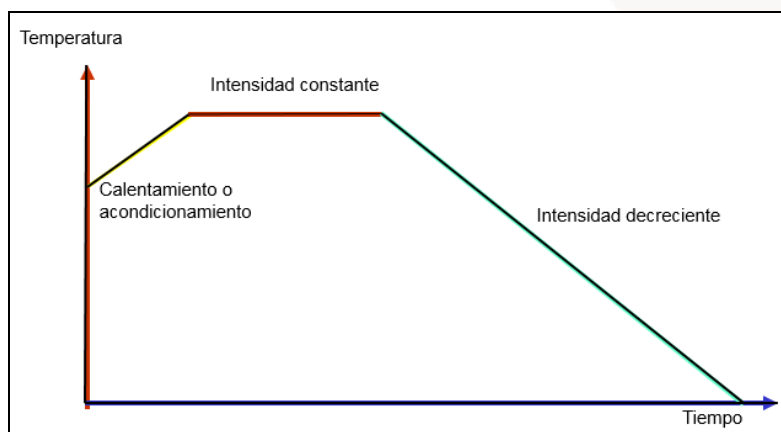


Figura 170 Intensidad de desecación

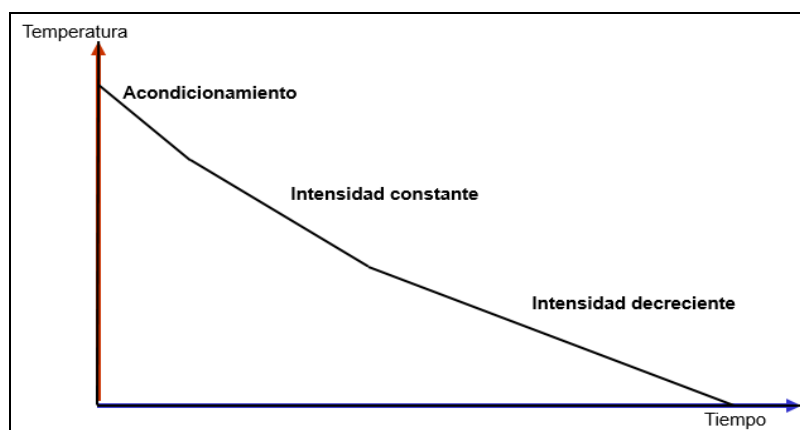


Figura 171 Pérdida de agua en el secado

Interpretación de temperatura bulbo húmedo: Si consideramos una gota de líquido inmersa en una corriente de vapor – gas no saturada, si el líquido está inicialmente a una temperatura mayor que la temperatura de rocío de la mezcla, la presión de vapor del líquido (determinada por su temperatura) será mayor en la superficie de la gota, que la presión parcial del vapor del gas y por lo tanto el líquido se evaporará y difundirá hacia el gas.

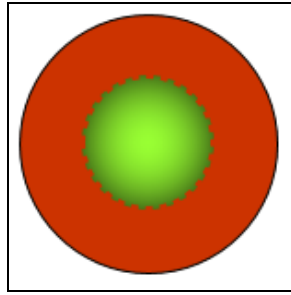


Figura 172 Bulbo húmedo

34.3 Filtro de mangas

El filtro de mangas es un colector de polvos usado principalmente en la zona de descarga de los sistemas de transporte neumático.

Por intermedio de un filtro de mangas es posible separa las partículas de polvo de un flujo de aire que las transporta.

Todo filtro de mangas está diseñado para procesar el 100% del flujo de aire del transporte neumático con el cual opera.

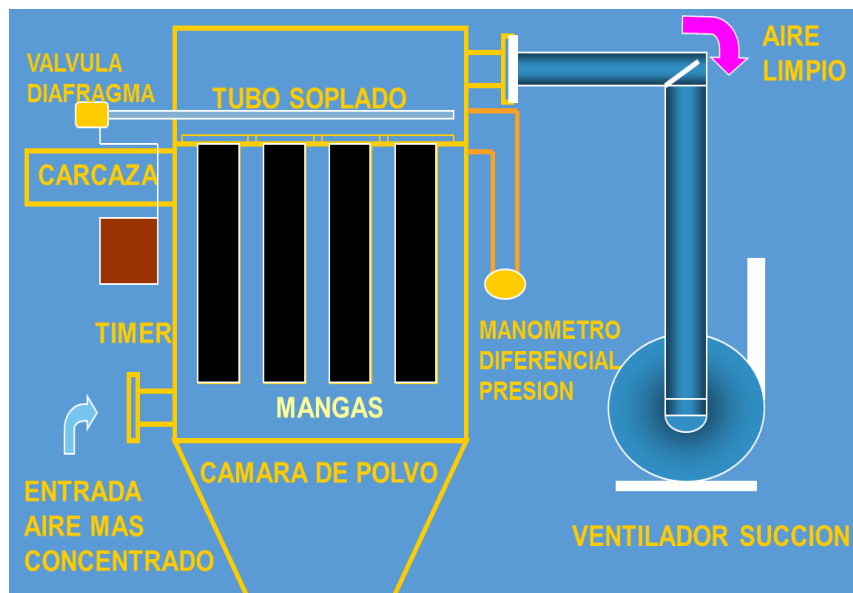


Figura 173 Componentes de un filtro de mangas

Acumulador de aire: Pulmón que entrega la presión y flujo suficiente de aire para soplar las mangas.

Temporizador: Tarjeta electrónica que envía impulsos eléctricos para energizar válvula solenoides.

Válvula solenoide: Parte del equipo encargado de activar las válvulas de diafragma.

Valbura de diafragma: Componente que permite el paso de aire desde el acumulador a la línea de soplado.

Línea de soplado: Tubo perforado por el cual se inyecta aire a presión para sacudir las mangas del polvo que se adhiere a su superficie.

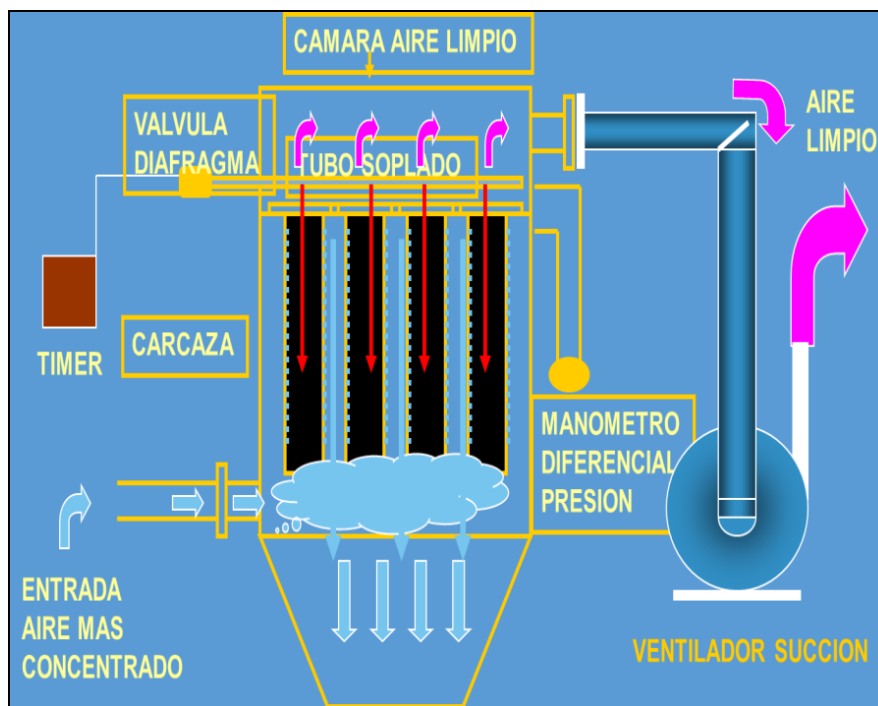


Figura 174 Diseño y operación de un filtro de mangas

Todo filtro de mangas posee un sistema de limpieza que permite sacudir las mangas para soltar el polvo adherido en la superficie de estas.

Para lograr lo anterior es que el sistema cuenta con una serie de tubos de inyección de aire conectados a un pulmón que las alimenta.

Cada línea de soplado posee una válvula de diafragma, que permite el paso del aire al ser energizada por una válvula solenoide, que recibe la energía de una tarjeta electrónica llamada temporizador o timer.

El temporizador controla la abertura y paso de aire a cada línea de soplado, regulando los intervalos de tiempo entre cada soplado y la duración o permanencia de cada soplado.

Rutina de inspección de las mangas.

Manómetro presión aire limpieza de mangas: Revisar que la presión este en el rango de diseño (80 psig).

Temperatura descansos del ventilador: Debe estar baja al tacto.

Diferencial de presión baja: Se recomiendan valores bajo 110 mmca.

Buen funcionamiento equipos asociados al filtro: Válvula rotatoria, tornillo, etc.

Temperatura de la carcasa del filtro: Debe estar baja al tacto.

Ciclo de soplado de mangas: Es el tiempo de intervalo.

Chimenea ventilador ventilando aire transporte limpio

34.4 Control en la inyección de combustible en un secador

El factor más importante que influye en los costos del secado del producto alimentado es el consumo del petróleo en el secador, por lo que el control del consumo de este combustible es muy importante.

Es por ello de vital importancia controlar sistemáticamente la operación de los quemadores, para dar la posibilidad de ir mejorando los indicadores en forma sostenida, disminuyendo el consumo específico del petróleo.

El operador debe mantener siempre los accesos a los puntos de observación (mirillas) con el fin de poder verificar en todo momento la llama del quemador, indicación de cómo se está realizando el proceso de combustión.



Figura 175 Sistema de alimentación de combustible

34.5 Sistema de control del quemador del secador

El sistema de control automático del quemador del secador, está basado en un Controlador de Seguridad de Llama (programador de encendido), el que realiza las siguientes secuencias:

1. Secuencia en forma automática la etapa de encendido y barrido del quemador, con una tarjeta de purga de 30 seg.
2. Monitorea la existencia de llama, basado en una fotocelda y amplificador de llama, que reaccionan frente a la intensidad de rayos Ultra Violeta, evitando así problemas de confusión entre de la incandescencia del refractario caliente y la llama. Además cuenta con un amplificador de retardo de respuesta de falla de llama de 3 seg.
3. Monitorea en forma continua el grupo de señales o interlocks de los cuales dependen el buen funcionamiento y la seguridad del quemador.
4. Asigna valores ON-OFF a las salidas según el estado de las señales de control e interlocks.
5. Brinda la información necesaria para mantener enterado al operador de los pasos y las fallas ocurridas en el quemador, mostrando los mensajes en una pantalla digital alfanumérica.
6. El control automático de flujos de los combustible líquidos depende de válvulas solenoides. El aire de atomización es controlado por válvula solenoide.
7. La modulación del dumper de aire de combustión y de la válvula moduladora de combustible son realizadas por motores moduladores Honeywell.

Los enclavamientos o límites de control de operación son:

Del quemador:

1. Presostato de aire de atomización.
2. Presostato de aire de combustión.
3. Presostato de alimentación de petróleo.
4. Switch de fuego mínimo.
5. Switch de encendido (fotocelda).

6. Señales de confirmación de la operación de los ventiladores.

7. Señales de confirmación de la operación de las bombas de petróleo, dependiendo del combustible seleccionado.

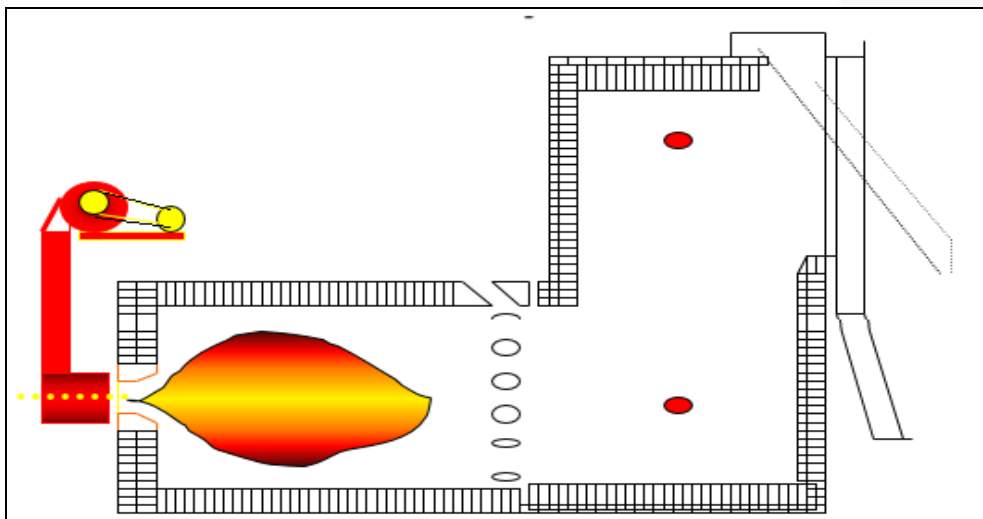


Figura 176 Cámara de combustión - quemador

Del secador:

1. Temperatura de salida de gases en la caja de descarga.
2. Señales de confirmación de la operación del extractor de gases y del cilindro secador.
3. Alta temperatura de gases en la entrada al secador.

Los objetivos del sistema de control de combustión de un secador son permitir que se realicen las siguientes funciones:

- Asegurar un correcto barrido de gases combustibles en la cámara de combustión antes de encender el equipo.
- Constatar la existencia de aire de combustión.
- Encender un piloto a gas para facilitar la obtención de la flama principal.
- Dar paso al combustible seleccionado para establecer la flama principal.
- Detectar y supervisar la flama durante el encendido y operación.
- Accionar en forma manual o automática un motor modulador que permite alimentar una cantidad de combustible variable según sean los requerimientos de secado.
- Regular para cada cantidad de combustible alimentado una cantidad de aire que permita su combustión completa.

- Entregar al atomizador el combustible en condiciones adecuadas para su óptima atomización.
- Entregar al atomizador la cantidad y presión de fluido auxiliar que se requiere para obtener una buena atomización.
- Permitir la limpieza de la boquilla de atomización al finalizar la utilización del quemador.
- Mantener al operador del secador informando de los pasos en los se encuentra el quemador y las fallas producidas tanto en el quemador como del secador antes y durante la operación., mediante la pantalla digital del programador y del Panel View.

34.6 Secuencias de encendido automático

Las secuencia de encendido automático, controlado por el programador son las siguientes:

1. Stand by (espera).
2. Pre-ignición.
3. Ignición (Pilot).
4. Operación.

1. Stand by (espera)

En esta etapa el quemador se halla detenido en espera de la orden de partida a través del interruptor de encendido.

2. Preignición

Este periodo comprende al periodo de pre-purga del quemador, en el que se realiza un barrido completo de los gases residuales dentro de la cámara de combustión.

Para el cumplimiento de esta etapa deben estar cerrados todos los controles de los límites de operación y enclavamientos de seguridad.

El quemador sólo podrá encender cuando el sistema de control detecte el cumplimiento de los siguientes límites de control y enclavamientos:

1. El selector de modo de encendido se encuentre en “AUTOMÁTICO”.
2. El botón de parada de emergencia no está activado.
3. El switch de encendido está en ON.

4. La temperatura del combustible es la requerida (sobre 75° C).
5. La temperatura de los gases de salida del secador no es mayor que la de alarma alta establecida.
6. Estén en marcha los ventiladores de dilución y combustión.
7. La presión del fluido de atomización es la requerida (superior a 64 PSI)
8. El damper de aire de combustión se encuentra en la posición de mínimo (cerrado).
9. No exista llama en el quemador antes del periodo correspondiente.

3. Ignición (Pilot)

Este periodo corresponde al tiempo de lanzamiento de la salida al piloto de encendido ("PILOT") y la detección de la llama piloto ("FLAME") para la habilitación del establecimiento de la llama principal.

La señal de encendido del quemador piloto se corta al cabo de 30 segundos de activarse el indicador visual "PILOT".

4. Operación / Servicio.

Esta etapa comprende al período desde el momento de habilitación de la llama principal y la existencia de la llama, hasta que algún límite de operación o interlock sobrepase su set point o que el operador pare el equipo mediante el switch de encendido/apagado.

34.6 Lazo de control proceso de secado

La importancia del aire, presión y temperatura, en el proceso de secado de un material, nos indica que necesitan controlarse de forma continua.

Para lograr la temperatura al interior del secador, debe medirse constantemente y compararse. De acuerdo a lo presentado en el diagrama, tenemos un lazo de control para la temperatura de los gases.

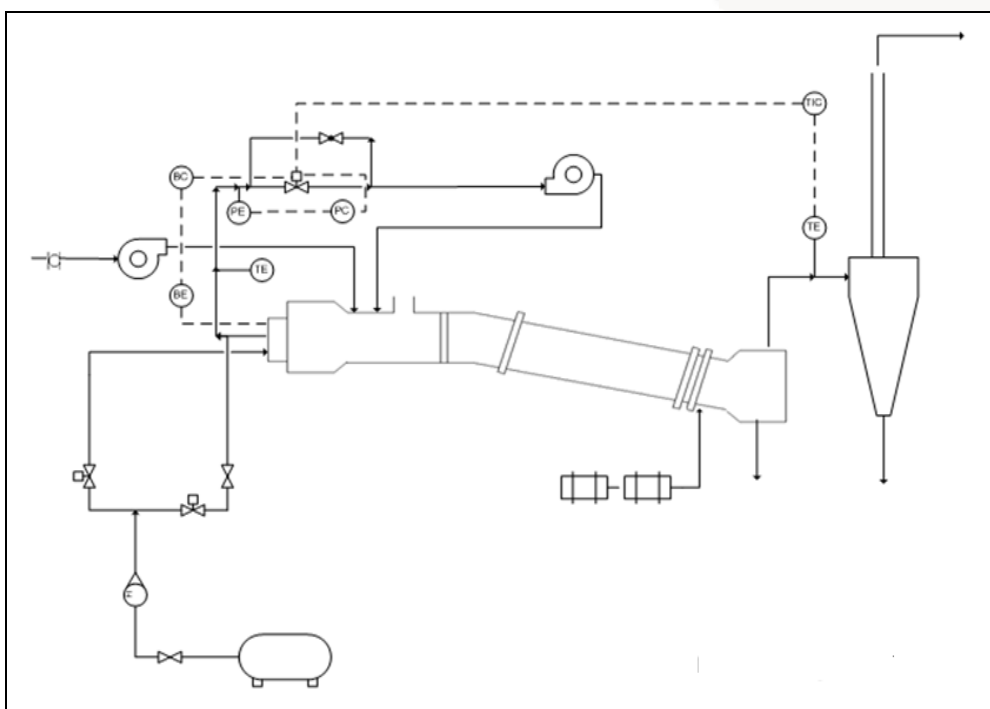


Figura 177 Lazos de control de un secador

Este lazo de control está en cascada con el control de presión de aire, como lo indica el diagrama.

La llama que debe generarse dentro del secador, también está controlada bajo la acción de un lazo de control, que también está en cascada con los dos anteriores.

Cualquier baja ostensible en la temperatura al interior del secador, el lazo de control actúa sobre los controladores, para revertir el cambio hasta lograr la temperatura adecuada.

Balance de masa en secado.

Los balances que se aplican a secado consideran los flujos o corrientes que se ponen en contacto. La masa de sólido con una cierta humedad se encuentra con aire caliente dentro del secador por un tiempo determinado. Lo que sale del reactor después de haberse cumplido el tiempo de residencia, es un sólido con menos humedad y aire con cierta humedad absorbida del sólido al interior del secador.

En el siguiente ejemplo, una flujo másico de sólido ingresa al secador y en contra corriente, aire a una cierta temperatura.

Flujo de concentrado que ingresa: 350 Kg/h.

Humedad del sólido al ingreso: 20,1 %.

Porcentaje en peso de sólido seco en el concentrado: 79,9%.

Humedad del sólido a la salida: 8,6 %.

El primer balance que debe realizarse es el balance de materia total.

Flujo de sólido húmedo + Flujo de aire seco = Flujo de sólido seco + flujo de aire con humedad.

El Segundo balance se refiere al sólido o concentrado que ingresa con cierta humedad.

Flujo de concentrado con una fracción en peso de sólidos en la entrada = Flujo de concentrado con una fracción en peso de salida.

Deben contemplarse las siguientes consideraciones:

- Trabajamos en estado estacionario.
- Se utilizaran las unidades del sistema internacional para los datos proporcionados.
- Las fracciones utilizadas son en fracciones peso dependiendo el caso.

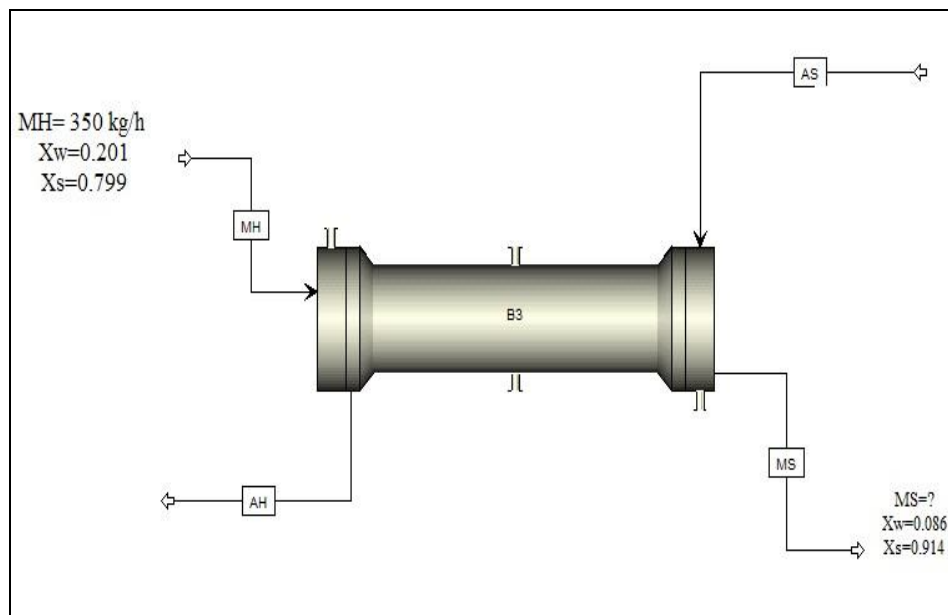


Figura 178 Flujo de concentrado en un secador

En el esquema anterior, el flujo de concentrado se presenta con $M_E = 350 \text{ Kg/h}$.

La fracción en peso de agua se representa con $x_{he} = 0,201$.

La fracción en peso de los sólidos en el concentrado en la entrada $x_s = 0,799$.

La fracción en peso de sólidos en el concentrado de salida es $= 1 - 0,086 = 0,914$. Se representa con X .

Al reemplazar los datos en el segundo balance:

$$M_E * x_s = M_S * X$$

Despejando, $M_S = \frac{M_E}{X} * x_s$

Reemplazando los valores, la masa de sólido a la salida del secador $M_S = 383.8 \text{ Kg/s}$.

Un tercer balance que considera el agua que entra y sale con el concentrado.

$$M_E * x_{he} = M_A$$

El agua que sale con el concentrado es $he = 0,086$. Reemplazando, se obtiene la cantidad de agua que entra con el concentrado.

$$350 * 0,201 = 70,35 \text{ Kg/s} = M_A$$

El agua que sale con el concentrado del secador es $0,086 * 383,8 = 33,0086 \text{ Kg/s}$.

Si restamos los dos valores anteriores, podemos determinar el agua evaporada en el concentrado.

$$70,35 - 33,0086 = 37,34 \text{ Kg/ s de agua.}$$

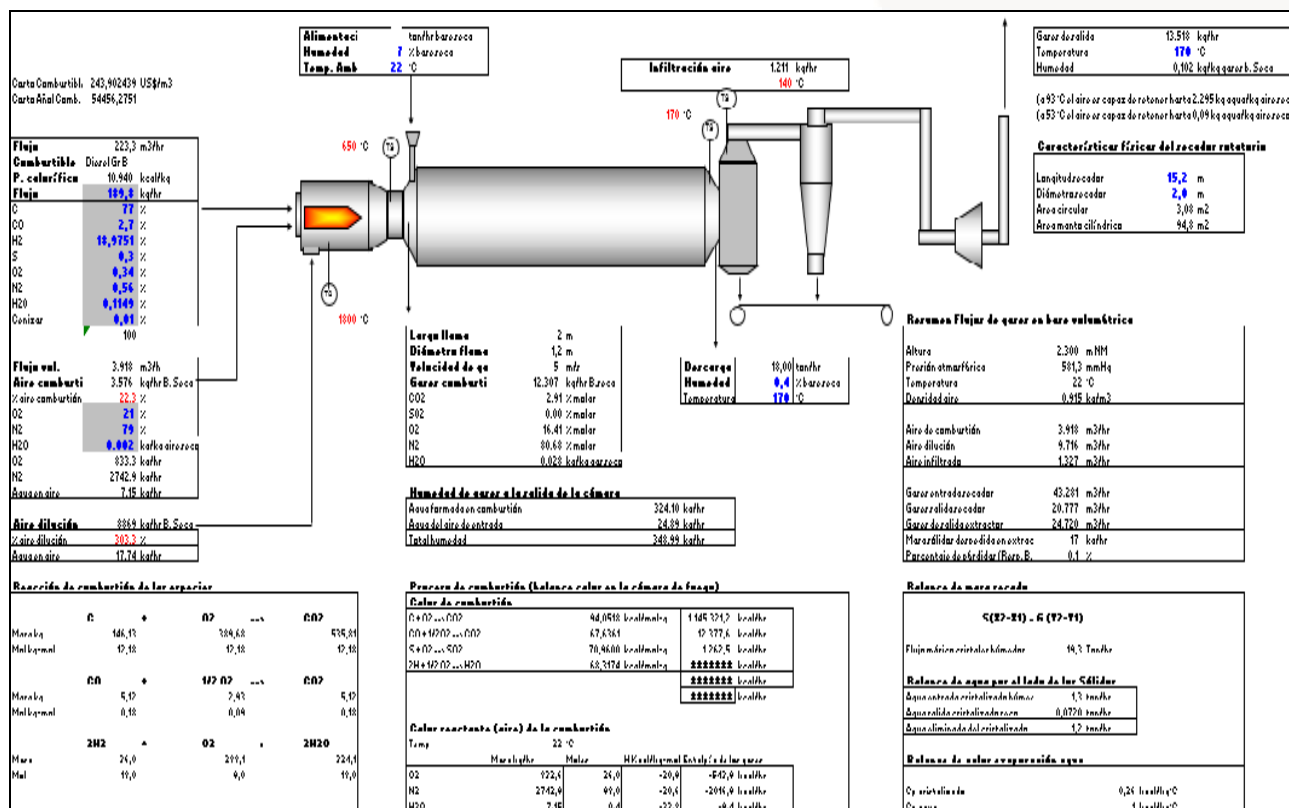


Figura 179 Control aplicado a un secador en sala de control

Actividad N° 13

Operación del secador

Introducción a la actividad.

El participante deberá iniciar y controlar la operación de un secador de minerales mediante la simulación de un proceso. El objetivo es familiarizar a los participantes con esta importante actividad de control que se realiza en todas las plantas de procesamiento de minerales.

Aprendizaje Esperado que Desarrolla.

Controlar las condiciones de operación de los equipos de una planta de secado.

Estrategia Metodológica para el Instructor.

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

Software de Simulación Multivariable	x
Recurso Audiovisual	
Formulación de Preguntas	x

Taller de Trabajo	x
Propuestas de Situaciones Problemáticas	x

Tabla 44

Se considerara como recurso principal, lo siguiente:

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las salas de control modernas sin ninguna conexión real a maquinaria.

El Simulador de Sala de Control

Es un equipo similar o idéntico a las salas de control modernas sin ninguna conexión real a maquinaria.

El Visualizador de Sala de Control

Es el módulo de visualización de maquinaria, también simulado. Este módulo podrá ser generado con equipos 3D simulados. Lo importantes es que los participantes puedan también observar los eventos desde un estímulo visual diferente del diagrama de flujos de Simulador.

Materiales y Recursos.

- 1 computador con software de simulación por participante, conectados en línea con el PC del instructor
- 1 cuaderno y lápiz por participante.
-

Desarrollo de la actividad.

El instructor deberá preparar la actividad, chequeando lo siguiente:

- Revisar el funcionamiento de los computadores.
- Revisar el funcionamiento del software de simulación.
- Revisar la conectividad entre el computador del participante y el de él.

Una vez realizado lo anterior, explicara a los participantes la actividad a desarrollar, fijando el tiempo aproximado para desarrollarla. Entregará una guía en donde se detalla los pasos a seguir para ingresar correctamente a la interfaz de simulación. También prepara una tabla con un listado de los equipos de la planta con los parámetros de operación óptimos y enclavamientos.



Figura 180 Elementos de protección obligatorios



Figura 181 Instructor y participante en una pantalla del simulador de una planta de secado

El participante, ya frente al computador con la interfaz de simulación de una planta de secado, deberá realizar lo siguiente:

1. Revisar las condiciones de partida de los equipos principales y auxiliares. Ante cualquier, podrá consultar al instructor.
2. Anotar en su cuaderno de actividades, los parámetros que se despliegan de la pantalla.
3. Comparar los datos con los entregados por el instructor en una tabla de parámetros de operación.
4. Deberá fijar los set point que correspondan.

5. Una vez revisados los parámetros, deberá desplegar la pantalla de alarma y enclavamiento de los equipos. Revisará si es que existe alguna anomalía que no permita dar condición a estos.
6. Deberá anotar en su cuaderno de actividades, la secuencia de partida de los equipos. Se guiara con la tabla de parámetros y enclavamientos.
7. Una vez que realice los pasos anteriores, con la interfaz principal y los equipos en condiciones de espera, dará partida al simulador.
8. Nuevamente revisara los parámetros de los equipos.
9. Si en el proceso de operación, aparece una alarma, el participante deberá revisar la condición que está activando esta condición y corregirla, para eso se guiara con la tabla de parámetros.
10. Una vez que se haya cumplido el tiempo, el instructor indicara al participante que detenga el simulador.

Cierre

Una vez que todos los participantes hayan realizado la actividad, el instructor pedirá a todos que compartan su experiencia frente al simulador. La idea es recabar información y sacar conclusiones finales del aprendizaje esperado de la actividad. Esto sirve también para mejorar la planificación inicial de la actividad y corregir los aspectos que estuvieron fuera de lo esperado.



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

