

TRABAJO 2015 - PROGRAMACIÓN CONCURRENTE

SISTEMA PARA CONTROLAR UNA BOMBA QUE TRABAJA EN UNA MINA.

El objetivo de este sistema es bombear a la superficie agua extraída del sumidero de un pozo de una mina. El principal requisito de seguridad es que la bomba no debe funcionar cuando el nivel de gas metano en la mina es alto, debido al riesgo de explosión, en la figura se presenta el diagrama esquemático del sistema.

El agua es evacuada por un sistema de trenes:

- **2 vagones:** uno va y otro viene,
- **2 plataformas:** para cambiar el sentido.

Los vagones solo pueden cambiar de vía cuando uno está en un extremo y el otro en el contrario. Además el que está en la bomba debe estar lleno y el otro vacío.

REQUERIMIENTOS

Funcionales:

Podemos dividirlos en cuatro componentes, las que son: accionamiento de la bomba, monitorización del entorno, interacción con el operador y monitorización del sistema.

- **Accionamiento de la Bomba:**

Se monitorean los niveles de agua en el sumidero, y las acciones son las siguientes:

- Si el agua alcanza el nivel superior o lo indica el operador se enciende la bomba para drenar el pozo
- La bomba puede funcionar si el nivel de metano está por debajo del valor crítico
- Si el agua alcanza el nivel inferior o lo indica el operador (se apaga la bomba)

- **Monitorización del entorno:**

Se detecta el nivel de metano en el aire ya que hay un nivel por sobre el cual no es seguro extraer carbón o drenar agua. También se mide el nivel de monóxido de carbono y el flujo de aire y si esto tienen valores críticos los debemos señalar con una alarma.

- **Interacción con el operador:**

El sistema es controlado por el operado por medio de una consola instalada en la superficie, dicha consola informa al operador de todos los eventos críticos.

- **Monitorización del Sistema:**

Todos los eventos del sistema son guardados para luego poder visualizarlos.

No Funcionales

Podemos dividirlos en tres componentes, las que son: tiempo, confiabilidad y seguridad. En este caso de estudio nos centramos en el tiempo, para una consideración completa se puede encontrar en [31]

- **Periodo de Monitorización**

Asumimos que todos los sensores son leídos cada **100ms**. También asumimos que el tiempo de conversión para los sensores de CH₄ y CO es de **40ms**, por lo que el tiempo límite es de **60ms**.

El sensor de flujo de agua tiene como objetivo corroborar que el agua fluye mientras la bomba está encendida y que ha dejado de fluir cuando está apagada, para realizar esta última comprobación se debe esperar un segundo cuestión que el agua deje de fluir y el estado real de la bomba se determina con dos lecturas consecutivas, estas lecturas deben ser divisibles por **40ms** por lo que se realiza una a los **960ms** y la siguiente a los **1040ms** después de haber apagado la bomba.

Suponemos que los detectores de agua están dirigidos por eventos y el sistema debe responder en **200ms**. El modelo de control (función de transferencia) del sistema muestra que debe haber al menos **6 segundos** entre las interrupciones de las indicaciones y los niveles del agua.

- **Tiempo límite de parada**

Para evitar explosiones se debe apagar la bomba en un tiempo límite a partir de que el nivel de metano pasa el tiempo límite. Esto está relacionado con el periodo de muestreo, con la velocidad que se acumula el metano en la

mina y con los márgenes de seguridad de la reglamentación y normativa vigente. Haciendo una lectura directa del sensor, la relación es expresada por la inequación

$$R(T+D) < M$$

Donde:

R: Es la tasa de acumulacion del Metano.

T: Es el periodo de muestreo.

D: Es el tiempo limite de parada.

M: Es el margen de seguridad.

Si se usa desplazamiento de periodo se requiere un periodo de tiempo adicional, y la inequación resulta :

$$(2T+D) < M$$

Para este estudio suponemos que la presencia de bolsas de metano puede producir rápidos incrementos del nivel, por lo que asumimos un tiempo límite conservador (desde que el metano sobrepasa el nivel hasta que la bomba se detiene) de **200ms**. Esto se obtiene con una configuración de sensor menos de **80ms** con un tiempo límite de **30ms**. Este nivel nos asegura que se obtienen lecturas correctas del sensor (el desplazamiento entre lecturas es de al menos **50ms**).

- **Tiempo límite de información al operador**

El operador debe ser informado:

- **Cada 1 segundo:** Lecturas por sobre el límite de monóxido de carbono y metano
- **Cada 2 segundos:** Lectura por debajo del valor critico de flujo de aire

	Periódico/Espontaneo	Periodo	Tiempo limite
Sensor CH ₄	P	80	30
Sensor CO	P	100	60
Flujo de aire	P	100	100
Flujo de agua	P	1000	40
Nivel de agua	E	6000	200

